# „HÜTTE“

## INŽENJERSKI PRIRUČNIK

IZDALO
AKADEMSKO UDRUŽENJE HÜTTE, E V, U BERLINU

**27. prerađeno izdanje**

**I KNJIGA**

**II deo**

SA 455 SLIKA U TEKSTU

IZDAVAČKO PREDUZEĆE »GRAĐEVINSKA KNJIGA«
BEOGRAD 1956

# „HÜTTE“

DES INGENIEURS TASCHENBUCH

HERAUSGEGEBEN
VOM
AKADEMISCHEN VEREIN HÜTTE, E V IN BERLIN

---

*27. neubearbeitete Auflage*
*Unveränderter Neudruck, Stand 1942*

---

## I. Band

Redigiert
von
DR.-Ing. GEORG SINNER †

MIT 1028 TEXTABBILDUNGEN

BERLIN 1949
VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN

# Saradnici na izradi I knjige

Karl **Baumgart,** direktor, suvlasnik firme Fr. Hanncke, Berlin-Tegel (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. R. **Berger,** Berlin (Tehnička fizika)

Dr. F. **Bernauer,** profesor Mineraloškog instituta Tehničke velike škole u Berlinu (Poznavanje materijala)

Dipl.-Ing. Dr. phil. A. **Betz,** red profesor Univerziteta u Göttingen-u, rukovodilac Aerodinamičkog instituta (Mehanika)

F. **Brenthel,** red profesor Rudarske akademije u Freiburgu (Poznavanje materijala)

Dipl.-Ing. H. **Bröking,** delovođa Nemačkog instuta za bakar, Berlin (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. A. **Burkhardt,** Berlin (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. M. E. **Ensslin,** profesor Državne inženjerske škole u Esslingenu (Neckar) (Poznavanje materijala)

Dr. F. **Evers,** u fabrici Rhenania-Ossag Mineralölwerke AG., Hamburg (Poznavanje materijala)

Dr. phil. F. A. **Fischer,** Kiel (Tehnička fizika)

Dr. L. **Föppl,** red. profesor Tehničke velike škole u Münchenu (Mehanika)

Dipl.-Ing. E. **Goebel,** delovođa Nemačkog odbora za standardizaciju, Berlin (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. A. **Gramberg,** profesor Univerziteta u Frankfurtu/Main (Tehnika merenja)

Dr.-Ing. H. **Gröber,** red. profesor Tehničke velike škole u Berlinu (Toplota)

W. **Hahnemann,** generalni direktor firme C. Lorenz AG., Berlin-Tempelhof (Tehnička fizika)

Dr. phil. F. **Hartmann,** rukovodilac odeljenja »Forschungsgesellschaft d. Vereinigten Stahlwerke AG.«, Dortmund (Poznavanje materijala)

Dr. phil. H. **Hecht,** Kiel (Tehnička fizika)

Dr. phil, habil. R. **Heinze,** profesor Tehničke velike škole u Berlinu, rukovodilac Instituta za ispitivanje mrkog uglja i mineralnih ulja (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. Dr. jur. B. **Hillinger,** patentni advokat u Berlinu (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. H. **Hohenner**, red. profesor Tehničke velike škole u Darmstadtu (Geodezija)

Dr. phil. Dr. rer. pol. H. **Hoppmann** †, Chemnitz (Poznavanje materijala)

Dipl.Ing. Dr. phil. W. **Hort** †, profesor Tehničke velike škole u Berlinu (Tehnička fizika)

Dr.-Ing. E. H. **Klein**, u fabrici Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin-Siemensstadt (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. K. **Klotter**, Berlin-Johannisthal, profesor Tehničke velike škole u Karlsruhe i saradnik »Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt« (DVL) u Berlin-Adlershofu (Tehnička fizika)

Dr. phil. H. **Klut** †, profesor, rukovodilac odeljenja »Preuss. Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene« u Dahlemu (Poznavanje materijala)

Dr. phil. W. **Koch**, AEG-Forschungsinstitut, Bln.-Reinickendorf (Tehnička fizika)

Dr.-Ing. F. **Kollmann**, profesor Mehaničko-tehnološkog odeljenja »Preuss. Holzforschungsinstitut«, Eberswalde (Poznavanje materijala)

Dr. sc. nat. J. **Kollwitz**, Fachgruppe Mineralfarben, Berlin (Poznavanje materijala)

Dr. phil. J. **Kömnick**, Institut za Tehničku fiziku Tehničke velike škole u Berlinu (Mehanika)

Dipl.-Ing. R. von **Linde**, München-Obermenzing (Poznavanje materijala)

Dr. Paul **Lorenz**, profesor Berlin (Matematika)

F. **Ludloff** †, inženjer, Berlin (Poznavanje materijala. Dodatak)

Dr. H. **Mallison**, profesor, Berlin (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. H. **Mann**, u fabrici Ringsdorff-Werke KG., Godesberg (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. **Marcard**, red. profesor Tehničke velike škole u Hanoveru (Poznavanje materijala)

G. **Marx**, red. profesor Tehničke velike škole u Münchenu (Mehanika)

Dr. phil. G. **Masing**, red. profesor, Göttingen (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. F. **Maune**, Berlin (Poznavanje materijala)

Kurt **Mayer** †, viši inženjer u penziji, Berlin (Registar)

Dr.-Ing. E. **Michel**, red. profesor Tehničke velike škole u Hanoveru (Tehnička fizika)

K. **Miething**, Göttingen (Poznavanje materijala)

Dr. chem. E. **Naumann**, Preuss. Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin-Dahlem (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. Kurt **Neumann,** red. profesor, Institut za Tehničku nauku o toploti i motore sa unutrašnjim sagorevanjem Tehničke velike škole u Hannoveru (Toplota)

Dr. phil. O. **Poppenberg,** red. profesor, direktor Instituta za hemiju eksploziva Tehničke velike škole u Berlinu (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. O. **Proske,** direktor Deutsche Gold- u. Silberscheideanstalt, ranije Rössler, Berlin-Reinickendorf (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. K. **Quasebart,** profesor, pretsednik načelstva Auergesellschaft AG., Berlin (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. tech. E. **Rausch,** profesor Tehničke velike škole u Berlinu, savetodavni građevinski inženjer, statičar (Tehnička fizika)

Dr. phil. R. **Rothe, red.** profesor Tehničke velike škole u Berlinu (Matematika)

Dr. E. **Sauer,** red profesor, Laboratorijum za Anorgansku hemiju Tehničke velike škole u Stuttgartu (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. A. **Schimmel,** u fabrici Hirsch Kupfer-und Messingwerke AG., Zavod za ispitivanje materijala u Finowu (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. Ernst **Schmidt,** red. profesor u »Reichsdienst«-u, rukovodilac Instituta za motore Zavoda za vazduhoplovstvo u Braunschweigu (Toplota)

Dipl.-Ing. G. W. **Schmidt,** patenti advokat, Berlin (Dodatak)

A. **Schob,** profesor, Berlin-Friedenau (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. E. H. **Schulz,** profesor, direktor Instituta za istraživanja Vereinigte Stahlwerke AG., Dortmund (Poznavanje materijala)

Dr. phil. habil. Hans **Schulz,** profesor, naučni saradnik Hensoldtwerke u Wetzlaru (Tehnička fizika)

Dr.-Ing. E. **Siebel,** profesor, pretsednik Državnog zavoda za ispitivanje materijala u Berlin-Dahlemu (Mehanika i Otpornost materijala)

Dr.-Ing. G. **Sinner** †, Berlin (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. H. **Sommer,** profesor i direktor Državnog zavoda za ispitivanje materijala u Berlin-Dahlemu (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. H. **Stark,** privatni docent Tehničke velike škole u Berlinu (Otpornost materijala)

Dr. Joh. **Stein** †, naučni savetnik Državne pomorske škole u Altoni (Elbe) (Matematika)

Dipl.-Ing. W. **Steurer,** Stuttgart

Dr. phil. W. **Tepohl,** Viši državni savetnik Fizičko-tehničkog zavoda u Berlinu (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. A. **Väth,** Berlin (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. M. **Waehlert,** delovođa Nickel-Informationsbüro G m b H., Frankfurt/Main (Poznavanje materijala)

Dr.-Ing. Constantin **Weber,** red. profesor Tehničke velike škole u Dresdenu (Otpornost materijala)

Dr.-Ing. M. **Weber,** red. profesor Tehničke škole u Berlinu (Mehanika)

Dr. phil. W. **Wiederholt,** viši državni savetnik Hemisko-tehničkog državnog zavoda u Berlinu (Poznavanje materijala)

Dipl. Ing. W. **Zebrowski,** u firmi Venditor Kunststoff-Verkaufsgesellschaft m b H., Troisdorf, Bez. Köln (Poznavanje materijala)

# Saradnici na prevodu

Stručna redakcija:

Ing. MILAN VREČKO

Prevodioci:

Ing. MILAN DRAŽIĆ, red prof. Tehn. fakulteta Univerziteta u Beogradu (Geodezija)

Ing. KOSTA ĐORĐEVIĆ, (Registar)

Dr. Ing. MILAN ĐURIC, docent Tehn. fakulteta Univerziteta u Beogradu (Otpornost materijala)

Ind. tehničar DRAGOŠ JOVIČIĆ, (Tehnika merenja)

Ing. BOŽIDAR D. MARJANOVIĆ, industriski inženjer (Poznavanje materijala, pogl.: X (od str. 1144), XI, XII, XIII i XIV)

Ing. FRANC OBLAK, savetnik Saveznog ureda za patente (Dodatak, pogl. V: Zakonski propisi za zaštitu industriske svojine)

Ing. ATANASIJE POPOVIĆ, docent Ekonomskog fakulteta Univerziteta u Beogradu (Poznavanje materijala, pogl.: VIII, IX, X, (do str. 1144), XV, XVI, XVII, XVIII i XIX).

Ing. PAVLE VASIĆ, red. prof. Tehn. fakulteta Univerziteta u Beogradu (Poznavanje materijala, pogl.: I, II, III, IV, V, VI, VII i XX).

Ing. MILAN VREČKO, saradnik Mašinskog instituta Srpske akademije nauka (Dodatak, pogl. I, II, III i IV)

Sredila i tehnički opremila:
LJUBICA JURELA, gl. urednik

Saradnici tehničke opreme:
DRAGOMIR LAZIN i
LJUBICA ILIĆ

Odgovorni korektor:
DRAGOMIR LAZIN

Štampanje završeno marta 1956 godine
Štamparski zavod »OGNJEN PRICA« — Karlovac

# Predgovor 27-mom nemačkom izdanju

Pri izboru gradiva i njegove raspodele trudili smo se, da — verni Hütte-tradiciji — vodimo računa o savremenim potrebama i da sažeto pružimo ono što je praktičaru i inženjeru koji se bavi naukom stalno potrebno. U principu, naš priručnik, jedinite vrste u svetu, hoće da obuhvati tehničko znanje, mada se, prirodno, pojedina područja mogu samo kratko obraditi. Iskustvo stečeno u toku više decenija ukazuje da je vodećem inženjeru, pored svog produbljavanja i specijalizovanja u pojedinim stručnim područjima, ipak neophodno potrebno sažimanje načelno važnog iz svih područja. Ovo važi utoliko pre za vremenski period u kome tehnički napredak jedne nacije zavisi od toga da li njeni inženjeri poznaju iskustva i napretke i iz srodnih im disciplina i da li ih u svom području mogu plodno da koriste.

Iz historiskog razvoja priručnika pominjemo da je 20 aprila 1856 godine odlukom mladih članova Društva »Hütte« rešeno da se izda priručnik koji bi bio osnova za njihove studije na »Kraljevskom institutu za zanatstvo«, potonjoj Tehničkoj Velikoj školi u Berlinu, i kojim bi se koristili inženjeri u praksi. Sledeća izdanja priručnika postala su s razvojem nemačke tehnike sve obimnija, a tokom vremena pridružili su im se i specijalni priručnici i inostrana izdanja. (vidi str. XXI). Naučna i privredna pitanja u vezi s izdavanjem priručnika rešava Naučni odbor Akademskog društva Hütte.

U 27-mom izdanju ostao je opšti raspored uglavnom isti kao u neposrednim prethodnim izdanjima: prva knjiga obuhvata teoriske osnove, druga, Mašinstvo, treća Građevinarstvo sa Železnicama, četvrta, Industrisku tehniku i ostala područja Saobraćaja. Veliki razvoj na svima područjima Tehnike koji je učinjen od dana izlaska prethodnog izdanja učinio je da se je moralo opširno preinačiti i preraditi skoro sva poglavlja, dodati niz novih odeljaka, tako da skoro nijedna strana ili tablica nije ostala nepromenjena.

Pri redakciskoj obradi težili smo da poznati visoki naučni nivo »Hütte«-a, koji nam je doneo glas, održimo. Pri svem tom trudili smo se da gradivo damo što preglednije i što razumljivije i da raznim pomoćnim sredstvima olakšamo korišćenje »Hütte«-a, koje je usled proširenog gradiva i potrebnom koncentracijom materije trpelo. Ka postojećem sadržaju koji se nalazi u naslovnom tabaku i pred pojedinim odeljcima, obimnom registru na kraju svake knjige (koji će po štampanju celog dela, kao i ranije, biti otštampani u vidu specijalne sveske kao celokupan registar), uputstvima na unutarnjim stranama korica knjiga, dodato je kratko uputstvo za one koji će se služiti ovim priručnikom, s ciljem da olakša nalaženje traženih podataka a osim toga sadrži i po neka praktična uputstva. Kako je izbor gradiva u jednom priručniku uvek ograničen datim obimom, to se svesno težilo dopuni izlaganja stručnim bibliografskim podacima iz celog sveta.

Celokupan sadržaj dat je u pregledima u svakoj knjizi (str. XVIII). Što se tiče prve knjige skrećemo pažnju na sledeće izmene i dopune.

### Raspored gradiva I knjige

U odeljku »Matematika« znatno su proširene, pre svega, tablice. Data je tablica za pretvaranje gradusa u stepene i obratno, i brojne vrednosti trigonometriskih funkcija su izračunate za novu podelu ugla.

Osim toga je data tablica sa brojnim vrednostima faktorijela i kao novo tablica prostih brojeva i tablica Pitagorejskih brojeva. Pored toga znatno je proširen broj numeričkih primera na kojima je pokazana primena obimnih, ovde datih tablica, da bi se pokazala mnogostruka mogućnost njihove upotrebe. I drugi delovi poglavlja »Matematika« pretrpeli su izmene, tako na pr., poglavlje »Interesni račun i račun rente«, kao i poglavlje »Nomografija«. Nova su i izlaganja na kraju ovog odeljka »Rešeni i nerešeni matematički problemi«, koji se u tehničkim krugovima neprestano nabacuju.

Odeljak »Tehnička fizika«, koji se u ovom izdanju nalazi neposredno iza odeljka »Matematika«, jako je proširen. On počinje s kratkim pregledom osnovnih jedinica i sistema mera, zatim dolaze poglavlja »Oscilacije«, »Izračunavanje sopstvenih frekvencija mehaničkih uređaja«, »Akustika«, »Zaštita protiv potresa i prenošenja zvuka«, »Optika« i »Elektronika«. Prerađena su, između ostalog, poglavlja: »Frekvencije torzionih oscilacija«, »Električna ekscitacija mehaničkih oscilatora i merenje intenziteta zvuka«. »Elektronika« je po prvi put obrađena u »Hütte«-u. Veoma su proširena izlaganja o zaštiti protiv potresa i zaštiti protiv prenošenja zvuka, uključujući i zaštitu od buke, s obzirom na njenu uvećanu mogućnost primene. Posle ovog slede dalje parcijalna područja Tehničke fizike: Mehanike, Toplota i Otpornost materijala, koja su zbog njihove specijalne važnosti za inženjere obrađena kao samostalni glavni odeljci.

Uvod odeljka »Mehanika« ostao je nepromenjen. U »Mehanici krutog tela« prerađena su pre svega izlaganja o trenju. Za »Kinematikom mehanizma« sledi opet »Mehanička sličnost. Teorija modela«. Novo je poglavlje »Mehanika plastičnih tela«; u njemu su detaljno uzeti u obzir ravnotežna stanja na početku plastične deformacije, sile i tečenje materijala kod tehničkih postupaka obrade. Posle ovog poglavlja slede poglavlja »Mehanika tečnosti« i »Mehanika gasova«, koja su obrađena prema najnovijem stanju razvoja ovih disciplina.

Usled smrti dosadašnjeg obrađivača, dvorskog savetnika Mollier-a, bilo je potrebno da se odeljak »Toplota« preradi. Pri tome su mnogo proširena naročito izlaganja o temperaturskim skalama i tablice o toplotnim svojstvima čvrstih, tečnih i gasovitih tela. U poglavlju »Prostiranje toplote« dopunjen je tekst između ostalog numeričkim primerima i glavom »Materijali za toplotnu izolaciju«. Poglavlje »Sagorevanje« je skroz prerađeno i prošireno mnogobrojnim dijagramima.

Pri preradi obeljka »Otpornost materijala« postavljeni su obrađivači pred težak zadatak, utoliko, što je pitanje važenja »hipoteza o slomu« još uvek sporno i što i o drugim pitanjima otpornosti, kao na pr., o potpornom dejstvu pri nejednolikoj raspodeli napona i o računanju sa stepenom sigurnosti ili s dozvoljenim naponima postoje još različita mišljenja. Zato je u uvodnom poglavlju učinjen pokušaj da se kratko izlože fizičke i teoriske osnove Otpornosti materijala, da bi čitalac sam stvorio sud o hipotezama o slomu. Potpuno je prerađeno poglavlje »Izvijanje« i »Složeno napreznje«. Poglavlje »Opruge« je takođe prerađeno. Izlaganje u poglavljima: »Ploče i sudovi«, »Naprezanje usled centrifugalnih sila«, »Pritisak dva tela« i »Koncentracija napona usled zareza i rupa« su pregledana i dopunjena. Novost i proširenje čini zvršno poglavlje. Ispred poglavlja »Karakteristike čvrstoće« nalazi se poglavlje »Ispitivanje čvrstoće« u kome je dat i pregled o različitim načinima ispitivanja čvrstoće. Po prvi put je obrađeno poglavlje »Merenje napona«. Karakteristike čvrstoće date su u opširnim tablicama za sve važne materijale. U poglavlju »Dozvoljeni naponi« dati su podaci i s obzirom na naizmenično naprezanje i s obzirom na koeficijente oblika za zareze.

U odeljku »Poznavanje materijala« trebalo je rešiti zadatak o novim »zamenjujućim materijalima« i pitanja koja su s tim u vezi; ovo je učinjeno utoliko ukoliko je to dozvoljavao izvanredni razvoj koji je u toku. Uvodna poglavlja sadrže opet izlaganja o gradnji materije i proširene tablice sa podacima o tehnički važnim jedinjenjima, o specifičnim težinama, o standardizaciji, o koroziji i površinskoj zaštiti. Poglavlja »Metali« obimno su dopunjena, između ostalog tablicama, Jako

je prošireno poglavlje »Postupci livenja«, u kojem je pomenuto i livenje u pesku i prerada metalnog praha. Poglavlja: »Gvožđe i čelik« i »Obojeni metali« sadrže u najsažetijem obliku za konstruktora važne podatke. I poglavlja: »Prirodni kamen i zemlje«, »Veštački kamen i proizvodi od gline«, »Staklo«, »Drvo« su prerađena. Da je poglavlja: »Voda«, »Goriva«, »Boje. Lakovi. Lepila. Asfalt. Katran. Krovna hartija«, zatim: »Tekstilne materije«, »Koža. Guma«, »Eksplozivi« i »Tehnički važne hemiske materije« trebalo obimno preraditi ne treba naročito naglasiti. Završno poglavlje »Standardizovani trgovački proizvodi i razno« je, među ostalim, dopunjeno i tablicama za profile od lakih metala. O novim listovima standarda vođeno je pri preradi svuda računa.

Gradivo narednog odeljka »T e h n i k a m e r e n j a« nešto je drugojačije rasporedeno. Podaci o koeficijentima protoka za standard-dijafragme i standard-siskove su bitno prošireni. Novo je poglavlje »Vibracije. Dejstva poremećajnih sila na građevinske delove«.

Pregledani su i dopunjeni odelci »G e o d e z i j a« i »D o d a t a k«. »Dodatak« je dopunjen važnim tablicama za prevođenje. Pominjemo astronomske konstante i podatke o Zemlji kao i proširenje podataka »Zakonski propisi o zaštiti industriske svojine«

Novu preradu su izvršili svi obrađivači najbrižljivije, ali se garancija za pojedinosti ne može preuzeti. Izmene s kojima smo se upoznali za vreme slaganja knjige unete su naknadno u pregled koji se nalazi u naslovnom tabaku, str. XXVI[1]).

Podatke o saradnicima na izradi prve knjige sadrži spisak na str. III—VI. S obzirom na proširenje gradiva broj saradnika se prema onom za 26-to izdanje jako povećalo. Nažalost, smrt je u našoj radnoj zajednici načinila velike praznine. Imamo da žalimo gubitak jednog našeg najstarijeg saradnika, tajnog dvorskog savetnika Dr. phil., Dr. Ing. h. c. M o l l i e r-a, profesora Tehničke velike škole u Dresdenu. Savetnik Mollier — čije je ime, kao tvorca po njemu nazvanih dijagrama, u celom svetu visoko cenjeno — bio je naročito blizak »Hütte«-u. Ovde je obavljen samo njegov osnovni rad »Teorija toplote«. I njegov bliži saradnik profesor M e r k e l, umro je relativno mlad. Dalje žalimo gubitak profesora Dipl.-Ing., phil. H o r t-a, koji je obradio jedan deo odeljka »Tehnička fizika«; profesora Dr.-phil. K l u t-a, koji je niz godina saradivao na poglavlju »Voda«; višeg državnog savetnika profesora Dr. M a s s-a, koji je obradio poglavlje »Korozija«. Dipl. Ing. S ä u b e r l i c h-a, zamenika pretsednika našeg Naučnog odbora, koji je saradivao na odeljku »Poznavanje materijala«. Dr. S i e b e-a istaknutog stručnjaka za bakar, i naučnog savetnika Dr. S t e i n-a, koje je saradivao na odeljku »Matematika« i koji nam je još pre smrti predao nove tablice za pretvaranje gradusa u stepene i obratno, i tablicu trigonometriskih funkcija kad je ugao izražen u gradusima. Svi ovi cenjeni i verni saradnici ostaće radnoj zajednici »Hütte-a« u trajnoj i časnoj uspomeni.

Saradnicima i na ovom mestu najsrdačnije zahvaljujemo. Oni su svojom nesebičnom delatnošću omogućili da se izda novo izdanje, iako su velikim zahtevima, koje su im u njihovom glavnom pozivu postavljali veliki savremeni zadaci, bili i suviše zauzeti. Isto tako dugujemo naročitu zahvalnost Narodnim korporacijama, Udruženjima i Preduzećima koji su nas savetima pomagali ili učinili predloge za poboljšanje. Istovremeno ponavljamo molbu na naše stručne kolege, koja je na ovom mestu već ranije pomenuta, da nas sugestijama i predlozima za poboljšanje potpomognu u našem daljem opštekorisnom radu, koji vršimo samo iz potreba nemačke tehnike, a time za ceo naš narod.

---

[1]) U prevodu je to ispravljeno u samom tekstu; prim. red.

**Izdavačkom preduzeću Wilhelm Ernst & Sohn, koje više od osam decenija** štampa i izdaje »Hütte«-ova dela, zahvaljujemo i na ovom mestu na unapređenju našeg rada.

Berlin NW 87, Bachstr. 9. o Božiću 1940 g.

Ovo preštampano izdanje I knjige 27 izdanja razlikuje se od prvog samo po tome što su u međuvremenu ispravljene primećene štamparske greške i nesaglasnosti. Što se ostalog tiče, upućujemo na pregled na str. XXVI[1]), u kojem se nalaze dopune sa kojima smo se upoznali posle slaganja teksta, a naročito na tablicu na str. XXVII[1]), koja sadrži važne izmene standarda.

Berlin, NW 87, Bachstr. 9, leta 1942 g.

AKADEMSKO UDRUŽENJE HÜTTE, EV
ODBOR ZA NAUČNE PUBLIKACIJE

Georg Landesberg, pretsednik

Opunomoćeni delovođa
Dipl.-Ing. Konrad Rohde

[1]) Vidi napomenu na str. X

# Sadržaj

## drugog dela prve knjige

(Prezimena lica koja su obradila pojedine odeljke nalaze se u tekstu odnosnog odeljka. Spisak svih saradnika nalazi se na str. III).
Na početku svakog odeljka nalazi se naročiti pregled sadržaja.
Uputstvo za one koji se služe ovom knjigom nalazi se na str. XX.
Skraćenice i objašnjenja v. str. XXI i dalje.

### 5. ODELJAK

### Otpornost materijala


| | | Strana |
|---|---|---|
| Pregled | | 773 |
| Napomena | | 775 |
| I. | Naponi i deformacije | 776 |
| | A. Osnovni pojmovi. Napon i deformacija. Stanje napona | 776 |
| | B. Istovredna stanja napona. Hipoteze o slomu. Sigurnost Dozvoljeno naprezanje. | 781 |
| | C. Vrednost i granice važnosti matematičke Teorije elastičnosti | 789 |
| II. | Pravi štapovi | 791 |
| | A. Zatezanje i pritisak | 791 |
| | B. Savijanje | 792 |
| | C. Smicanje | 831 |
| | D. Torzija (uvijanje) | 835 |
| | E. Složeno naprezanje | 842 |
| | F. Izvijanje | 862 |
| III. | Krivi štapovi | 874 |
| | A. Kriv štap u ravni. Opterećenje u ravni krive. Savijanje | 874 |
| | B. Torzija (uvijanje) | 877 |
| IV. | Opruge | 877 |
| | A. Osnovni pojmovi | 878 |
| | B. Fleksione opruge | 879 |
| | C. Torzione opruge | 884 |
| V. | Ploče i sudovi | 887 |
| VI. | Naprezanje usled centrifugalnih sila | 894 |
| VII. | Pritisak dva tela | 898 |
| VIII. | Koncentracija napona usled zareza i rupa | 901 |

Strana

IX. Ispitivanje čvrstoće. Koeficijenti čvrstoće 903

A. Ispitivanje čvrstoće . . . . . 903
a) Statičko ispitivanje čvrstoče . . . . . 906
b) Dinamička ispitivanja čvrstoće udarom . . . . 910
c) Dinamička ispitivanja periodično promenljivim opterećenjem . . . . . 911
d) Ispitivanje jačine materijala na povišenim temperaturama . . . . . 912
e) Ispitivanje konstrukcija . . . . . 913

B. Merenje napona (Metoda merenja dilatacija. Merenje krivine. Ispitivanje linija diletacija. Rentgenografija. Fotoelasticimetriske metode. Metode analogije) . . 913

C. Koeficijenti elastičnosti i čvrstoće . . . . . 920
a) Čelik i liveno gvožđe . . . . . 920
b) Bakar i legure bakra . . . . . 927
c) Laki metali . . . . . 929
d) Drugi metali . . . . . 931
e) Nemetali . . . . . 932
f) Drvo . . . . . 933
g) Mineralni građevinski materijali . . . . . 933

D. Dozvoljeni naponi . . . . . 937
a) Dozvoljeni naponi u mašinogradnji . . . . 940
b) Dozvoljeni naponi u zgradarstvu i mostogradnji . 941

6. ODELJAK

## Poznavanje materijala

Pregled . . . . . 948

I. Opšte . . . . . 950

A. Građa materije . . . . . 950
B. Tablice zapreminskih težina. Tablica potrebnog prostora za skladištenje itd. . . . . 959
C. Standardizacija . . . . . 977

II. Pregled metala . . . . . 987

A. Tablice . . . . . 987
B. Postupci livenja . . . . . 995
a) Livenje u pesku . . . . . 995
b) Livenje u kokilama . . . . . 1000
c) Livenje brizganjem . . . . . 1003
d) Livenje centrifugiranjem . . . . . 1006
e) Metalni prah . . . . . 1007

III. Gvožđe i čelik . . . . . 1008

a) Podela i definicije . . . . . 1008
b) Proizvodnja tehničkog gvožđa . . . . . 1009
c) Hemiski sastav, struktura i svojstva tehničkog gvožđa 1011
d) Obrada deformacijom . . . . . 1012
e) Termička obrada . . . . . 1015
f) Vrste tehničkog čelika . . . . . 1016
g) Podaci o nekim proizvodima . . . . . 1021

IV. Obojeni metali . . . . . 1024

A. Laki metali i legure . . . . . 1024
a) Aluminijum . . . . . 1024
b) Magnezijum . . . . . 1034
c) Berilijum . . . . . 1037

Sadržaj


B. Bakar . . . 1039
C. Legure bakra . . . 1044
D. Cink i legure cinka . . . 1056
E. Olovo, kalaj, antimon, bizmut i njihove legure . . . 1060
F. Nikal, kobalt i njihove legure . . . 1067
G. Plemeniti metali (srebro, zlato, platina, paladijum, rodijum i iridijum) . . . 1072
H. Drugi metali i legure (hrom, molibden, volfram, živa, tantal i cer) . . . 1079

V. Prirodni kamen i zemlje . . . 1080
A. Eruptivne stene . . . 1081
B. Sedimentne stene . . . 1084
C. Metamorfne stene . . . 1087

VI. Veštački kamen i proizvodi od gline . . . 1088
A. Nepečene opeke i drugi materijal . . . 1088
a) Opeka . . . 1088
b) Ggađevinske ploče . . . 1090
c) Drugi proizvodi . . . 1091
B. Proizvodi od gline . . . 1092
a) Proizvodi od zemlje . . . 1092
b) Sinterovani proizvodi . . . 1098
c) Steadit . . . 1099

VII. Malter. Beton itd. . . . 1100
A. Osnovni materijali . . . 1100
a) Veziva . . . 1100
b) Agregati . . . 1107
B. Malter . . . 1107
C. Beton i armirani beton . . . 1111

VIII. Staklo . . . 1117

IX. Drvo . . . 1129

X. Veštačke materije . . . 1140
A. Podela. Svojstva (tablice) . . . 1140
B. Svojstva, trgovački oblici i primena veštačkih materija . . . 1144
a) Veštačke materije iz termoplastičnih masa . . . 1144
b) Veštačke materije iz termostabilnih masa . . . 1149

XI. Voda . . . 1156
a) Hemiska i fizička svojstva vode . . . 1156
b) Voda za piće i ostalu upotrebu . . . 1158
c) Ispitivanje vode . . . 1161

XII. Goriva . . . 1162
A. Čvrsta goriva . . . 1162
B. Tečna goriva . . . 1165
C. Gasovita goriva . . . 1171

XIII. Maziva . . . 1174

XIV. Boje. Lakovi. Lepila. Asfalt. Katran. Krovna hartija . . . 1180
A. Premazi i boje . . . 1180
B. Lepila . . . 1184
C. Katran. Bitumen. Asfalt. Krovna hartija . . . 1188

Pregl . . .
I. . . .
II. . . .
III. I . . .
IV. Sn . . .
nur . . .
A. M . . .
B. Sni . . .
C. Snin . . .
D Veza . . .
nižeg . . .
E. Sniman . . .
F. Izrada . . .
V. Izračuna . . .
VI. Određivan . . .
VII. Istovremen . . .
sine (Tahim . . .
VIII. Obeležavanje . . .
IX. Račun izravna . . .
kvadrata . . .

Pregled . . .
I. Novac u raznim z . . .
II. Mere i tegovi razn . . .
Astronomske konstante i . . . 1408
Časovne zone . . . 1430
Mineraloške skale tvrdoće . . . 1431
III. Tablice za upoređivan . . .
jedinica mera i tegov . . .
A. Mere za dužinu . . . etvaranje . . . 1431
B. Mere za površinu . . . 1432
. . . 1439
. . . 1449

XV. Tekstilne materije
A. Sirovine
B. Prediva. Konci. Užarski proi
C. Tkanine sa glatkim vezi
XVI. Koža. Guma. Plu
A. Sirove i got
a) Kože
b) K



C. Mere za zapreminu . . . . . 1453
D. Mere za težinu . . . . . 1460
E. Mere za težinu po jedinici dužine . . . . . 1466
F. Mere za težinu po jedinici površine (spec. pritisci) . 1468
G. Mere za težinu po jedinici zapremine (spec. težine) . 1474
H. Brzine. Frekvencije . . . . . 1476
I. Energije (vrednosti za rad i snagu) . . . . . 1481
J. Zapremine gasova . . . . . 1487
IV. Abecede. Alfabete. Azbuke . . . . . 1491
A. Abecede nekih evropskih jezika . . . . . 1491
B. Morse-ovi znaci . . . . . 1495
V. Zakonski propisi za zaštitu industriske svojine . . . . . 1495
Registar drugog dela prve knjige . . . . . 1507

# Sadržaj II, III i IV knjige

## II knjiga, 27 izdanje

### Prvi deo

1. Odeljak: Delovi mašina
2. Odeljak: Motori
I. Živi motor
II. Osnovi energetske privrede
III. Vetrenjače
IV. Proizvodnja pare
V. Parne mašine
VI. Parne turbine
VII. Kondenzacija
VIII. Klipni motori s unutrašnjim sagorevanjem
IX. Gasne turbine
X. Termoelektrične centrale
XI. Vodeni motori
Registar I. dela druge knjige

### Drugi deo

3. Odeljak: Pumpe i kompresori
I. Pumpe
II. Duvaljke i kompresori
4. Odeljak: Mašine alatke
I. Mašine za livenje
II. Čekići i prese
III. Mašine za obradu metala rezanjem
IV. Mašine za obradu drveta
V. Mehanizovani alati
VI. Mašine za zavarivanje
5. Odeljak: Tehnika transporta i skladištenja
6. Odeljak: Svetlosna tehnika
7. Odeljak: Elektrotehnika
Registar II. dela druge knjige

## III knjiga, 27 prerađeno izdanje

### Prvi deo

1. Odeljak: Statika građevinskih konstrukcija
2. Odeljak: Osnovi konstrukcija
Konstrukcije zidane opekom i kamenom — Čelične konstrukcije — Armirano-betonske konstrukcije — Drvene konstrukcije
3. Odeljak: Mostovi
Čelični mostovi — Masivni mostovi — Drveni mostovi
4. Odeljak: Zgradarstvo
Gvožđe u zgradarstvu — Armirani beton u zgradarstvu — Drvo u zgradarstvu
5. Odeljak: Projektovanje fabrika
Uređenje radionica
Registar I. dela treće knjige

**Drugi deo**

6. Odeljak: Grejanje i provetravanje
7. Odeljak: Putevi
8. Odeljak: Planiranje naselja
9. Odeljak: Građevinske mašine i građevinski pogon
10. Odeljak: Fundiranje
11. Odeljak: Hidrotehnika
12. Odeljak: Vodojaže i hidroelektrane
13. Odeljak: Vodovod i kanalizacija
Registar II. dela treće knjige

## IV knjiga, 26 izdanje

**Prvi deo**

1. Odeljak: Saobraćajna tehnika
Građenje morskih brodova — Građenje brodova unutrašnje plovidbe — Građenje brodskih mašina — Građenje automobila — Građenje vazduhoplova
2. Odeljak: Rudarstvo i dubinsko bušenje
3. Odeljak: Poljoprivreda
Tehnika obdelavanje zemlje — Tehnika poljoprivrednih mašina — Građevinska tehnika — Tehnika šumske privrede
4. Odeljak: Pomoćne mašine i uređaji preradbene industrije
Mašine za pripremanje mineralnih sirovina za preradu, tehnika usitnjavanja, tehnika obesprašivanja, priprema i prerada nafte — Iskorišćavanje toplote (Hlađenje) — Pakovanje
5. Odeljak: Industrija prehrane i srodne industrije
Pivarstvo. Podrumarske mašine — Pecare, sušenje krompira i proizvodnja skroba — Tehnika dobivanja šećera — Prerada žita — Prerada masti i ulja — Tehnika prerade mesa — Tehnika prerade ribe — Mlekarstvo i tehnika mlekare — Iskorišćavanje voća i povrća. Konzervisanje hladnoćom i sušenjem — Prerada duvana.
Registar I. dela četvrte knjige

**Drugi deo**

6. Odeljak: Prerada sirove i činjene kože
7. Odeljak: Tehnika vlaknaste materije i hartije
Proizvodnja drvovine, celuloze i hartije — Tekstilna tehnika — Predionice rublja — Krojačke mašine
8. Odeljak: Keramika i staklo
Obična keramika — Fina keramika — Staklo
9. Odeljak: Gasna tehnika
10. Odeljak: Industriske peći
11. Odeljak: Tehnika grafičkih i kancelariskih mašina
12. Odeljak: Fina mehanika
13. Odeljak: Fotografska tehnika, kinematografska tehnika i radiotehnika
14. Odeljak: Tehnika gašenja požara
Registar II dela četvrte knjige

# Uputstvo za one koji se služe ovom knjigom

**Pregledi.** U priručnicima Hütte dato je gradivo u zbijenom obliku jer bi inače pojedine knjige postale veoma debele usled veoma velikog naučnog područja. Da bi se ono što se traži moglo pronaći što brže dati su ovi pregledi:

1. registar na kraju svake knjige,
2. sumarni registar za sve četiri knjige na kraju IV knjige, [1])
3. sistematski pregled sadržaja u naslovnom tabaku, sređen po poglavljima,
4. pred svakim odeljkom pregled važnih karakterističnih izraza za praktičare,
5. kratak spisak tabliça i pregled poglavlja na unutrašnjim stranama korica,
6. spisak matematičkih, fizičkih, tehničkih znakova za skraćenice i jedinice, isto tako i spisak skraćenica i jedinica za časopise i dr. u naslovnom tabaku, str. XXI i dalje.

Registar na kraju svake knjige sadrži više hiljada karakterističnih izraza sa pozivom na strane svih važnih podataka. Po završenom štampanju svakog izdanja[1]) izdaće se u maloj zasebnoj knjižici i prošireni sumarni registar za sve četiri knjige, koji će sadržati osim toga i sadržaje svih odeljaka kao i ispravke, dopune i pregled najvažnijih tablica svih knjiga

Ako se traže cela područja, onda se ona nalaze u sistematskom sadržaju u naslovnom tabaku svake knjige. Često će korisno poslužiti i pregled karakterističnih izraza na početku svakog odeljka, jer sadrži baš one podatke, koje praktičari najčešće koriste kao, npr., tablice, obrasce, definicije pojmova itd. Na unutrašnjim stranama korica dati su još i ovi pregledi: »Često upotrebljavane tablice« i »Važnija poglavlja«.

Pri korišćenju ove knjige treba bezuslovno voditi računa o pregledu skraćenica (str. XXI i dalje), koji sadrži i matematičke znake itd.

**Obrasci.** Značenje oznaka koje se javljaju u obrascima dato je tablično na početku odnosnog odeljka ili poglavlja, ukoliko u tekstu nije dato neposredno tumačenje obrasca. Kosa razlomačka crta (objašnjenje na str. XXIII i XXIV) neophodno je potrebna iz razloga uštede u prostoru.

**Tablice.** Mnogobrojne tablice, pogotovo i one u »Dodatku« ove knjige mogu se, bez obzira na primarnu namenu, koja odgovara njihovom naslovu, koristiti i za druge svrhe. Na pr., multiplumi (višekratnici) od $\sqrt{343} = 18{,}5203$ dati sa velikom približnošću u tabl. 4 a (Dodatak. A. Mere za dužinu), koja sadrži 1 do 100-struke vrednosti od 1,852 01. Može se smatrati da pomenuta tablica sadrži i multiplume od $53^3 = 185\,193$. Multiplumi broja $\sqrt{11\,33} = 10{,}3322$ dati su tablici 63 a (v. »Dodatak«) u vrsti za 103,323.

**Saradnja na poboljšanju ovog dela** koje služi tehnici uopšte. Umoljavaju se svi oni koji se koriste ovim delom da sugestije dostave na adresu: Schriftleitung der wissenschaftlichen Werke der »Hütte«, Berlin W 15, Düsseldorfer Str. 33a.

---

[1]) Ne odnosi se na prevod; prim. red.

# Skraćenice i objašnjenja

## 1. Naučna dela Hütte-a

a) Izdanja na stranim jezicima:

Hütte, Manuel de l'Ingeniuer, Libraire Polytechnique Ch. Bèranger, Paris = francuski glavni Hütte,
Hütte, Manuel de l'Ingeniuer Métallurgiste, Libraire Polytechnique Ch. Bèranger, Paris = francuski Hütte za metalurge
»Hütte«, Manuale Enciclopedico della Ingegneria Moderna, Ulrico Hoepli, Milano = italijanski glavni Hütte,
»Hütte Chimica«, Manuale dell'Ingenieure Chimico e del Chimico Industriale, Ulrico Hoepli, Milano = italijanski Hütte za hemičare,
Hütte, Manual del Ingeniero, Gustavo Gili, Barcelona = španski glavni Hütte,
Hütte, Manual del Ingeniero Guimico, Gustavo Gili, Barcelona = španski Hütte za hemičare.

b) Specijalni-Hütte:

Hütte, priručnik za poznavanje materijala, 3 izdanje, Berlin 1941 = Stoffhütte, 3 izdanje.
Hütte, priručnik za pogonske inženjere, 3 izdanje, Berlin 1929 = Betriebshütte, 3 izdanje.
Hütte, priručnik za hemičare u praksi, 2 izdanje, Berlin 1927 = Chemiehütte, 2 izdanje.
Hütte, priručnik za osoblje u topionicama gvožđa, 4 izdanje, Berlin 1930 = Eisenhütte, 4 izdanje.
Hütte, brodogradnja 7 izdanje, Berlin 1929 = Brix-Bootsbau, 7 izdanje.

### 2. Skraćivanje reči

AEG = Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft (Opšte električno društvo)
AEF = Ausschuss für Einheiten und Formelgrössen (Odbor za jedinice i obrasce)
AWF = Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung (Odbor za ekonomičnu proizvodnju)
BBC = Brown, Boveri & Cie.
DEMAG = Deutsche Maschinenfabrik, A. G., Duisburg (Nemačka fabrika mašina A. D. Duisburg)
DGG = Deutsche Glastechnische Gesellschaft (Nemačko tehničko društvo za staklo)
DKG = Deutsche Keramische Gesellschaft (Nemačko društvo za keramiku)
DRP = Deutsches Reichspatent (Nemački državni patent)
DVL = Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (Nemački ogledni zavod za vazduhoplovstvo)
DVM = Deutscher Verband für d. Materialprüfung d. Technik (Nemački savez za ispitivanje materijala u tehnici)
GHH = Gutehoffnungshütte
ISA = International Federation of the National Standardizing Associations (Međunarodna federacija nacionalnih komiteta za standardizaciju)

IEC = International Electrotechnical Comission (Međunarodna komisija za elektrotehniku)
MAN = Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A. G. (Fabrika mašina Augsburg-Nürnberg A. D.)
$Nm^3$ = normalni kubni metar
PTR = Physikalisch-technische Reichsanstalt (Državni fizičko-tehnički zavod)
RAL = Reichsausschuss für Lieferbedingungen (Državni odbor za uslove isporuka)
RKW = Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (Državno stareljstvo za ekonomiku)
S & H = Siemes & Halske
SM = Siemens-Martin (čelik)
SSW = Siemens-Schukertwerke (Fabrika Siemens-Schukert)
TH = Technische Hochschule (Tehnička Velika Škola)
VDE = Verband deutscher Elektrotechniker (Savez nemačkih elektrotehničara)
VDEh = Verein deutscher Eisenhüttenleute (Udruženje nemačkih topioničara)
VDEV = Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen (Udruženje nemačkih uprava železnica)
VDI = Verein deutscher Ingeniure (Udruženje nemačkih inženjera)
VDCh = Verein deutscher Chemiker (Udruženje nemačkih hemičara)
Z = Časopis
Ztg. = Novine
$ = Dolar
£ = Funta sterlinga

### 3. Tehničke i fizičke jedinice i znaci

(v. i str. 246 i 350. Prefiksi ispred jedinica v. str. 240. Standardizovanje oznake vrste gvožđa i čelika v. 6 od.: Poznavanje materijala, XX, tablica 1)

Å = Angström = $10 - 10^{-10}$ m
A, Amp. = amper
at = kg/cm², tehnička atmosfera str. 622)
Atm = 760 tor, fizička atmosfera (str. 622)
Bg = Balling
Bx = Brix
Be = Baumé
BTU = British Thermal Unit
° dH = DG = stepen nemačke tvrdoće
° E = Engler stepen
EV = elektronvolt
$H_B$ (kadikad $H$) = tvrdoća po Brinell-u (v. 5. od.: Otpornost materijala, IX, 6)
$H_O, H_u$ = gornja, donja toplotna moć
I T kcal = međunarodna kilokalorija (v. »Dodatak«, tabl. 87)
Hz = hertz
kg, g = kilogram-, gram-težina
kg+ = kilogram-, gram-masa (+ se piše samo onda kada treba razlikovati odnosne jedinice)
$\mu$ = mikron = $10^{-6}$ m
m$\mu$ = milimikron = $10^{-6}$ m
$\Omega$ = om
Hg = živin stub
St = stok
W = vat
$H_2O$ = vodeni stub
′ = stopa
″ = col.

Označavanje poprečnog preseka. U saglasnosti sa AEF označava se na pr., parvougaoni poprečni presek čije su dužine strane 10 cm i 12 cm ovako: $10 \times 12$ cm². Dosad upotrebljavana oznaka 10/12 cm nalazi se još na nekim crtežima. Slično treba označavati i kvadere.

Označavanje tvrdoće po Brinell-u $H$ [kg/mm²], na pr., $H$ 5/250/30, gde je 5 [mm] prečnik kuglice, 250 [kg] opterećenje, 30 [s] trajanje opterećenja, uporedi DIN 1605.

### 4. Znaci koji se upotrebljavaju u statičkim proračunima (Vidi DIN 1350)

$\sigma$ — normalni napon,
$\tau$ — smičući napon (tangentni napon),
$\sigma_{doz}$ — dozvoljeni normalni napon,
$\tau_{doz}$ — dozvoljeni smičući napon,
$\sigma_B$ — odn., $\tau_B$ statička jačina,
$\sigma_P$ — odn., $\sigma_E$ napon na granici proporcionalnosti odnosno elastičnosti,

$\sigma_B$ i $\sigma_P$ — napon na granici velikih izduženja
$E$ — modul elastičnosti
$\alpha = 1/E$ — koeficijent izduženja

Indeksi za vrste naprezanja

$z$ za zatezanje
$d$ za pritisak
$b$ za savijanje
$t$ za torziju (uvijanje)
$s$ za smicanje
$a$ za čisto smicanje

Primeri:

$\sigma_z$, $\sigma_{doz}$, $\sigma_{zdoz}$, $\sigma_{ddoz}$, $\sigma_{bdoz}$, $\sigma_{zB}$, $\sigma_{dP}$,

$\tau_t$, $\tau_{doz}$, $\tau_{tdoz}$, $\tau_{sdoz}$, $\tau_{adoz}$, $\tau_{tB}$, $\tau_{aB}$.

## 5. Matematički znaci (vidi DIN 1302)

$+$ = plus, više, i,
$-$ = minus, manje
$\cdot \times$ = puta, pomnoženo sa,
$:/-$ = podeljeno sa, kroz,[1])
$=$ znači jednako
$\neq$ = nejednako,
$\equiv$ = identički jednako,
$<$ = manje od,
$>$ = veće od,
$\ggg$ = veliko prema,
$\lll$ = malo prema,
$\infty$ = beskrajno,
$||$ = apsolutna vrednost, od
$| \ |$ = determinata,
$!$ = faktorijela (v. str. 73),
$\binom{n}{p}$ = $n$ nad $p$ (v. str. 73),
$\Delta$ = konačna promena, razlika,
$d$ = totalni diferencijal,
$\partial$ = parcijalni diferencijal,
$\Sigma$ = zbir od,
cos, tg, (Sof), Tg, itd. = trigonometriske i hiperboličke funkcije i njima inverzne funkcije prema DIN 1302 (str. 91 i dalje),
$i = \sqrt{-1}$,
$\int$ = integral,
$\parallel$ = paralelno,
$\#$ = jednako i pararelno,
$\uparrow\uparrow$ = istog smera i paralelno,
$\uparrow\downarrow$ = suprotnog smera i paralelno,
$\perp$ = upravo na,
$\cong$ = kongruentno (podudarno)
$\sim$ = slično, rpoporcionalno,
$\approx$ = oko, zaokruženo približno,
$\sphericalangle$ = ugao,
$\overline{AB}$ = duž (otsečak) $AB$,
$\overset{\frown}{AB}$ = luk $AB$,
$\triangle$ = trougao,
lim = limes,
$^a\log$ = logaritam nekog broja za osnovu $a$ (vidi str. 72),
lg = običan (Briggs-ov, dekadni logaritam za osnovu 10,
ln = prirodni (Nepier-ov logaritam) za osnovu $e$,
exp $x = e$ na $x$, eksponencijalna funkcija od $x$,
$M_b$ = modul sistema logaritama za osnovu $b$,
$\ldots$ = do [2])
$\nabla$ = nabla, vektorski diferencijator,
rot = rotor,
div = divergencija,
grad = gradijant.

**Decimalni razlomci, skraćenica,** na pr. $0{,}0_4 19$ znači 0,000 019.

**Upotreba kose razlomačke crte.** U saglasnosti sa AEF primenjeno je kao konvencija da kosa razlomačka crta važi do prvog znaka množenja, sabiranja, oduzimanja.

Prema tome je

$$(ab/cd = ab/(cd) = (ab)/(cd) = \frac{ab}{cd}\ ; \qquad ab/c \cdot d = (ab/c)\,d = \frac{ab}{c}\,d$$

---

[1]) U SAD se za ovo često upotrebljava znak $\div$.
[2]) U SAD ... znači dakle (therefore).

osim toga je

$$(a + b)/(c + d) = \frac{a + b}{c + d}; \qquad a + b/c + d = a + \frac{b}{c} + d.$$

Kod proizvoda od većeg broja faktora iza kose razlomačke crte upotrebljavaju se zagrade, preglednosti radi.

### 6. Časopis i druge publikacije

A T M = Archiv für technisches Messen,
Arch. Wärme = Archiv für Wärmewirtschaft,
A T Z = Automobiltechnische Zeitschrift,
Bauing. = Bauingenieur,
Bautechn. = Bautechnik,
B. u. E. = Beton und Eisen,
Chem. Fabrik = Die chemische Fabrik,
Chem. Ztg. = Chemiker Zeitung,
D. Bauztg. = Deutsche Bauzeitung,
Engng. = Engineering,
E N T = Elektrische Nahrichtentechnik,
Ergebn. d. Exakt. Naturw. = Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften,
E T Z = Elektrotechnische Zeitschrift,
Forschung = Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens (VDI); sadrži i »Forschungsarbeiten«,
Génie Civ. = Le Génie Civil, Paris,
Glaser Ann. = Glasers Annalen,
GWF = Das Gas- und Wasserfach,
Maschbau = Maschinenbau
Mitt, Forschungsarb. VdI = Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens,
Mitt KW - Inst. Eisenforsch. = Mitteilungen des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Eisenforschung, Düsseldorf,
Schweiz. Bauztg. = Schweizerische Bauzeitung,
St. u E. = Stahl und Eisen,
T. Gmdbl. = Technisches Gemeindeblatt,
TidL. = Technik in der Landwirtschaft,
Werkst-T = Werkstattstechnik,
WRH = Wertf, Reederei, Hafen,
ZAM = Zeitschrift für angewandte Mathematik u. Mechanik,
Z. ang. Chemie = Zeitschrift für angewandte Chemie,
Z. f. Bauw. = Zeitschrift für Bauwesen,
ZFM = Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt,
Z. f. Metallk. = Zeitschrift für Metallkunde,
ZdÖIAV = Zeitschrift d. Österreichischen-Ingenieur- u. Architekten-Vereins.
ZVDI = Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure,
Ztrbl. Bauv. = Zentralblatt der Bauverwaltung,
Z. f. Phys. = Zeitschrift für Physik.

Citiranje časopisa. Kod citiranja časopisa znači prvi broj tom ili godište, drugi (u zagradama) godinu izdanja, treći broj strane.

**DIN, RAL, VDE.** U vezi sa listovima standarda i propisa nemačkog odbora za standarde (DIN), državnog odbora za uslove isporuka pri državnom stareljstvu za ekonomiku (RAL) i saveza nemačkih elektrotehničara (VDE), koji su pomenuti u tekstu, treba napomenuti ovo:

Prodaju listova standarda vrši isključivo Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin W 15, Uhlandstr. 175. Uvek je obavezno samo najnovije izdanje nekog DIN-lista. Zato pri korišćenju listova standarda treba obratiti naročitu pažnju na to da se upotrebljavaju samo najnovija izdanja DIN-listova.

RAL-propisi za oznake i propisi za kvalitet (definicije pojmova, uslovi za isporuku) mogu se nabaviti kod Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin W 15, Uhlandstr. 175. Ove propise treba koristiti shodno onom što je rečeno za listove standarda.

### 7. Izmene standarda

Standardizacija nije kruti sistem, ona se prilagođava ekonomskim zahtevima na osnovi praktičnog iskustva i naučnog istraživanja. Zato je veći deo u Hütte-u navedenih standarda od dana njihova štampanja pretrpeo izmene. Međutim, za upotrebu je merodavno uvek najnovije izdanje odnosnog lista standarda.

5. ODELJAK

# Otpornost materijala

I do III obradio prof. Dr.-Ing. Ensslin, Esslingen, IV Dr.-Ing H. Stark, Berlin, V do VIII prof. C. Weber, Dresden, IX prof. Dr.-Ing. E. Siebel, Berlin-Dahlem, i Dipl.-Ing. Steurer, Stuttgart

Strana

## I. Naponi i deformacije

Osnovni pojmovi. Napon i deformacija.
Stanje napona. Konstante elastičnosti materijala . . . 776
Rad pri promeni zapremine i promeni oblika . . . . . 779
Ravno stanje napona. Krug napona . . . . . 780
Žilavost . . . . . 782
Stvarni napon i načunska jačina . . . . . 783
Hipoteze o slomu (tablica) . . 784
Stepeni sigurnosti (tablica) . . 785
Dozvoljeno naprezanje . . . . 787
Plastično izravnanje napona . 787
Vrednost i granice važnosti matematičke teorije elastičnosti . . . . . 789

## II. Pravi štapovi

Zatezanje i pritisak . . . . . 791
Savijanje . . . . . 792

## Momenti inercije i otporni momenti (tablice)

Nosač različito oslonjen i opterećen (tablica) . . . . . 811
Nosač jednake otpornosti prema savijanju (tablica) . . . 826
Smicanje i savijanje . . . . 831
Torzija (uvijanje) . . . . . 835
Dozvoljeni torzioni momenti (tablica) . . . . . 837
Složeno naprezanje . . . . . 842
Izvijanje. Tok izvijanja . . . 862
Različiti slučajevi oslanjanja . 864
Promenljivi poprečni presek štapa . . . . . 866
Napon izvijanja. Vitkost. Izvijanje u plastičnom području 868
$\sigma_k$-vrednosti (tablica) . . . . 869
$\omega$-postupak . . . . . 870

Strana

## III. Krivi štapovi

Kriv štap u ravni. Opterećenje u ravni krive . . . . . 873
Koeficijent oblika $a_{ki}$ za unutrašnju stranu krivine (tablica) . . . . . 876
Torzija (uvijanje) . . . . . 877

## IV. Opruge

Orijentacione vrednosti za $\sigma'_{dozv}$ i $\tau'_{dozv}$ (tablica) . . 877
Fleksione opruge . . . . . 829
Torzione opruge . . . . . 884

## V. Ploče i sudovi

Ploče otporne prema savijanju 887
Pravougaone slobodno oslonjene i uklještene ploče (tablica) . . . . . 889-890
Tanke rotacione ljuske . . . 890
Šupalj kružni cilindar . . . . 891
Šupalj ovalni cilindar . . . . 893
Šuplja lopta . . . . . 893

## VI. Naprezanje usled centrifugalnih sila

Prsten, štap . . . . . 894
Disk konstantne debljine i disk sa vencem i slabom glavčinom . . . . . 894-895
Disk jednake otpornosti . . . 896
Disk jednake otpornosti sa rupom i jakom glavčinom . . 897

## VII. Pritisak dva tela

Pretpostavke Hertz-ovih jednačina . . . . . 898
Pritisak lopte na ploču . . . 898
Pritisak tela sa graničnom površinom proizvoljne krivine na ploču . . . . . 899
Pritisak dva tela sa proizvoljnim graničnim površinama . 899

Strana

Pritisak valjka na ploču . . . 900
Dva valjka sa paralelnim osama 900
osama . . . . . 900

**VIII. Koncentracija napona usled zareza i rupa**

Povećanje napona usled nagle promene normalnih napona . 901
Povećanje napona usled nagle promene smičućih napona . 902

**IX. Ispitivanje čvrstoće. Koeficijenti čvrstoće**

Ispitivanje čvrstoće (tablica) . 904
Statičko ispitivanje čvrstoće . 906
Ispitivanje pritiskom i savijanjem . . . . . 908
Ispitivanje torzijom . . . . . 908
Ispitivanje tvrdoće . . . . . 909
Dinamička ispitivanja čvrstoće 910
Ispitivanje naizmenično promenljivim opterećenjem . . 911
Ispitivanje čvrstoće tela na povišenim temperaturama . 912
Metoda merenja dilatacije . . 913

Strana

Merenje krivine. Postupak putem linija izduženja. Röntgenografija . . . . . 915 - 916
Fotoelasticimetriske metode . 918
Metode analogije . . . . . 918
Koeficijenti čvrstoće i elastičnosti za čelik i liveno gvožđe (tablice) . . . . . 921
Koeficijenti čvrstoće i elastičnosti za bakar i legure bakra (tablica) . . . . . 927
Mesing, bronza i crveni liv (tablice) . . . . . 927 - 928
Laki metali (tablice) . . . . 929
Čvrstoća drugih tehničkih metala (tablice) . . . . . 931
Nemetali (tablica) . . . . . 932
Mineralni građevinski materijal . . . . . 933
Dozvoljeni naponi. Vrste naprezanja . . . . . 937
Koeficijenti oblika za zareze (tablica) . . . . . 939
Dozvoljeni naponi u mašinogradnji . . . . . 940
Dozvoljeni naponi u zgradarstvu i mostogradnji . . . . 941

## Napomena [1])

Oznake:

$\sigma$ — normalni napon [kg/cm², kg/mm²], zatezanje +, pritisak —,

$\tau$ — tangencijalni napon, smičući [kg/cm², kg/mm²],

$\sigma_{dozv}$, $\tau_{dozv}$ — dozvoljeni napon [kg/cm², kg/mm²]*),

$\sigma_B$, $\tau_B$ — jačina pri statičkom opterećenju [kg/cm², kg/mm²]**),

$\sigma_U$ — jačina pri dinamičkom jednosmislenom opterećenju [kg/cm², kg/mm²],

$\sigma_W$ — jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju [kg/cm², kg/mm²],

$z$, $d$, $b$, $t$, $s$, $a$ — indeksi za zatezanje, pritisak, savijanje, torziju, smicanje, čisto smicanje, na pr. $\sigma_{z\,dozv}$, $\sigma_{zB}$, $\sigma_{bW}$,

$\tau_a = Q/F$ — srednji napon pri čistom smicanju,

$\max \tau_s > \tau_a$ — najveći smičući napon,

$\sigma_P$, $\sigma_E$, $\sigma_F = \sigma_S$, $\tau_P$ — napon na granici proporcionalnosti, elastičnosti, tečenja, odn. razvlačenja, $P$-, $E$-, $S$- granica,

$\sigma_v$ — uporedni napon [kg/cm², kg/mm²],

$E$ — modul elastičnosti [kg/cm²],

$G$ — modul klizanja [kg/cm²],

$\alpha = 1/E$ — koeficijent dilatacije [cm²/kg],

$\beta = 1/G$ — koeficijent klizanja [cm²/kg],

$\mu = 1/m$ — Poisson-ov koeficijent,

$l_0$ ($l$) — prvobitna (stvarna) dužina merenja,

$\Delta l = l - l_0 = \lambda$ — izduženje pri zatezanju,

$\pm \varepsilon = \pm \Delta l/l_0$ — specifično izduženje (dilatacija) +, specifično skraćenje (dilatacija) —,

$\varepsilon_{el}$ ($\varepsilon_{bl}$) — elastična (trajna) dilatacija,

$\sigma_3 > \sigma_2 > \sigma_1$ — glavni naponi,

$\Pi = (\sigma_3 + \sigma_2 + \sigma_1)/3$ — srednji glavni napon,

$\tau_{23}$, $\tau_{31}$, $\tau_{12}$ — glavni tangencijalni naponi,

$\varepsilon_3 > \varepsilon_2 > \varepsilon_1$ — glavne dilatacije,

$\gamma_{23}$, $\gamma_{31}$, $\gamma_{12}$ — glavna klizanja,

$e = \Delta V/V$ — zapreminska dilatacija,

$S$ — stepen sigurnosti.

*) U mašinogradnji se upotrebljava i $k$.

**) U mašinogradnji se upotrebljava i $K$.

**Zadatak Teorije elastičnosti** je da izračuna veličinu i raspodelu napona i deformacija i ukupnu promenu oblika tela pri datom opterećenju i načinu oslanjanja, dalje da izračuna opterećenje na granici sta-

[1]) **Literatura:** Love: Lehrbuch der Elastizität, nemački prevod od Timpe-a, Leipzig-Berlin 1907, Teubner. — Timoshenko-Lessels: Festigkeitslehre, nemački prevod od Malkin-a, Berlin 1928, Springer. — Biezeno-Grammel: Techn. Dynamik, Berlin 1939, Springer. — A. Föppl: Vorles. techn. Mech. knj. III i V Leipzig 1927, Teubner: — A. i L. Föppl, Drang und Zwang: knj. I i II, München-Berlin 1921/23, Oldenbourg. — Pöschl: Elementare Festigkeitslehre, Berlin 1936, Springer. — Rötscher: Maschinenelemente, Berlin 1927/29, Springer. — ten Bosch: Masch.-Elem., Berlin 1929/31, Springer. — C. Bach i R. Baumann: Elastizität und Festigkeit, 9 izd., Berlin 1924, Springer — Salmon, E. H.: Materials and Structures, London - New York 1931. Longmans, Green & Co.

bilnosti[1]) i kada je potrebno elastičan rad. Moguće je dakle odrediti stepen sigurnosti prema granici stabilnosti. Može se izbeći nedozvoljena elastična deformacija.

**Zadatak Otpornosti materijala** je da izračuna veličinu naprezanja materijala (nosivost) date konstrukcije i stepen sigurnosti (str. 786) prema slomu ili trajnim deformacijama, odn. da izabere oblik i dimenzije konstrukcije tako da napon ne pređe izvesnu veličinu koja se smatra dozvoljenom, a koja zavisi od materijala i njegovog stanja, prethodne obrade, temperature, od toga da li opterećenje miruje ili je promenljivo, od osobina spoljne površine, od otpora prema koroziji, kao i od zahteva da konstrukcija bude što lakša i slično.

# I. Naponi i deformacije

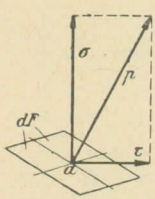
## A. Osnovni pojmovi. Napon i deformacija. Stanje napona

### a) Veza između napona i deformacija. Konstante elastičnosti materijala

**1. Čvrstoća.** Čvrsto telo ima stalan oblik osiguran kohezijom i suprotstavlja deformaciji koju izazivaju spoljne sile i slomu: otpor prema deformaciji i čvrstoću; slomu usled kidanja suprotstavlja svoju čvrstoću protiv kidanja, a slomu usled klizanja svoju čvrstoću protiv klizanja (upor. gl. IX).

**2. Elastičnost.** Usled svoje elastičnosti telo teži da po rasterećenju zauzme prvobitan oblik. Ako telo potpuno zauzme svoj prvobitan oblik naziva se savršeno elastično i bez gubitka je pri opterećenju i rasterećenju. Elastičnost zavisi od temperature a neznatno od vremena. Ako se pojavi trajna deformacija, deformacioni ostatak, telo se naziva plastično. Ukupna se deformacija tada sastoji od trajnog i elastičnog dela. Trajna deformacija podleže uticaju vremena. O plastičnosti v. odelj. 3. Mehanika IV, str. 510 i dalje.

**3. Napon. Stanje napona.** Unutrašnje sile, reakcije materijala prema spoljnim silama, ne mogu se meriti. Kroz proizvoljnu tačku $a$ napregnutog tela (sl. 1) položimo ravan presek i posmatrajmo u ovom beskonačno mali element površine $dF$ koji sadrži tačku $a$. Preko $dF$ može se preneti jedino unutrašnja sila $dP$, koja je jednako podeljena po $dF$. Unutrašnja sila $dP/dF = p$ [kg/cm$^2$] na jedinicu površine naziva se napon. On stoji, uopšte, koso prema $dF$. Normalna komponenta naziva se normalni napon $\sigma$ (zatezanje +, pritisak —), tangencijalna komponenta tangencijalan napon ili smičući napon $\tau$. $p$ je totalan napon.



Sl. 1

[1]) v. Izvijanje, str. 789 i 862. Stabilnost u elastičnoj oblasti v. Biezeno-Grammel: loc. cit., str. 500. Pojave labilne ravnoteže u materijalu: Enzykl. math. Wiss., IV. Mechanik, Teilband 4, str. 714 (Kármán), Leipzig 1907/14, Teubner.

Napon odgovara uvek jednoj određenoj površini. Ako ravni koju posmatramo damo sve moguće položaje to u svakoj nastaje drugo *p* odnosno $\sigma$ i $\tau$, po obrtanju za 180° javlja se isti napon suprotnog smera. Skup ovih napona čini stanje napona u tački *a* tela.

Ako su poznati naponi $\sigma$ i $\tau$ za tri međusobno upravne, inače proizvoljne, ravni, to uopšte važi ovo (Cauchy):

$\alpha$) U svakoj tački tela postoje tri međusobno upravne ravni u kojima se pojavljuju samo normalni naponi. To su glavne ravni stanja napona u tački *a*, sa glavnim normalnim naponima $\sigma_3 > \sigma_2 > \sigma_1$. Među njima je najveći $\sigma_3$ i (algebarski) najmanji $\sigma_1$. $\sigma_2$ je drugi glavni napon.

$\sigma_3$, $\sigma_2$, $\sigma_1$ dobivaju se kao koreni jednačine trećeg stepena [1]), kada su u tački *a* dati naponi $\sigma$ i $\tau$ za tri međusobno upravne ravni. Ako su određeni i položaji ovih ravni onda se mogu izračunati i pravci glavnih napona.

$\beta$) Najveći tangencijalni napon od svih ostalih je $\max \tau = \tau_{31} = (\sigma_3 - \sigma_1)/2$. On deli prav ugao između prve i treće glavne ravni. Ravan kojoj odgovara $\max \tau$ sadrži $\sigma_2$. Slično se nalaze i $\tau_{12}$ i $\tau_{23}$. Tri spomenute vrednosti $\tau$ nazivaju se glavni smičući naponi. Smičući naponi se javljaju uvek kao parovi i u međusobno upravnim ravnima su jednaki.

$\gamma$) Stanje napona u tački *a* je jednoznačno određeno veličinama i pravcima triju glavnih normalnih napona.

Ako dejstvuju sva tri glavna normalna napona, onda je stanje napona prostorno, na pr., sa obe strane dodira kugle i kugličnih ležaja. Ako je jedan glavni napon jednak nuli, stanje napona je ravno na pr., takvo se stanje napona javlja približno u jednom ravnom ili zasvedenom zidu koji je izložen ravnomernom pritisku. Ako su dva glavna normalna napona jednaka nuli stanje napona je linearno, na pr., u jednom pravom prizmatičnom zategnutom ili pritisnutom štapu.

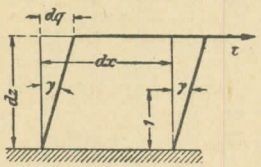
**4. Stanje deformacije.** Neka budu unutrašnje deformacije male. One su jednoznačno opisane pojmovima dilatacija i klizanje. Ako se duž *dl*, postavljena kroz proizvoljnu tačku *a* izduži usled opterećenja za $\Delta dl$, izduženje prvobitne jedinice dužine $\Delta dl/dl = \varepsilon$ naziva se dilatacija u posmatranom pravcu. Paralelopiped *dx, dy, dz* usled smičućih napona biće »deformisan smicanjem«. Smatra se da su ivice zbog male dužine i posle deformacije prave.

Veličina deformacija usled smicanja, t. zv. klizanje meri se promenom $\gamma$ prvobitno pravog ugla između ivica $\operatorname{tg}\gamma \approx \gamma = dq/dz$ (lučna mera, sl. 2), drugim rečima relativnim poprečnim pomeranjem dveju tačaka koje su na rastojanju 1 cm. $\varepsilon$ i $\gamma$ su neimenovani brojevi ili procenti. Dalje o dilataciji i klizanju kao diferencijalima pomeranja $\xi\eta\zeta$ tačke tela $x\,y\,z$ vidi [2]).

---

[1]) Bach: Elastizität und Festigkeit, 7 izd., Berlin 1917, Springer, str. 679.

[2]) Ensslin: Elastizität für Ingenieure, I. Samlg. Göschen 519, Berlin 1921, de Gruyter, str. 36 i dalje.



Sl. 2

Mala lopta opisana oko tačke $a$ deformiše se usled opterećenja u troosni elipsoid. U pravcu triju glavnih osa elipsoida pojavljuju se samo dilatacije, g l a v n e d i l a t a c i j e $\varepsilon_3 > \varepsilon_2 > \varepsilon_1$; među njima je najveća $\varepsilon_3$ i (algebarski) najmanja $\varepsilon_1$. Njihovi pravci se nazivaju g l a v n i p r a v c i s t a n j a d e f o r m a c i j a; u drugim pravcima se pojavljuju dilatacije i klizanja.

Specifična promena zapremine lopte (z a p r e m i n s k a, k u b n a dilatacija) iznosi $e = \Delta V/V = \varepsilon_3 + \varepsilon_2 + \varepsilon_1$. Normale na ravni glavnih smičućih napona trpe t. zv. g l a v n a k l i z a n j a $\gamma_{31} = (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)$; $\gamma_{12} = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$; $\gamma_{23} = (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)$, gde je $\pm\varepsilon$ specifično izduženje ili skraćenje. Određivanje $\varepsilon_3\ \varepsilon_2\ \varepsilon_1$ i glavnih pravaca je analogno onome kod $\sigma_3\ \sigma_2\ \sigma_1$. Iz glavnih dilatacija dobivaju se glavna klizanja.

**5. Stanje napona i deformacije** međusobno su vezani ponašanjem materijala koje je konstatovano merenjem na kružnom cilindričnom štapu izloženom zatezanju, pritisku i uvijanju. Najjednostavniji je onaj slučaj, osnovni u matematičkoj Teoriji elastičnosti, kad je materijal homogen a u svima pravcima istih elastičnih osobina (izotropan), i to prema zatezanju i pritisku. Podužnim specifičnim izduženjem $\varepsilon = \Delta l/l_0$ uslovljeno je poprečno specifično skraćenje (—) $\varepsilon_q = (-)\,\Delta d/d_0$, a podužnim skraćenjem poprečno izduženje. Pri zatezanju i pritisku je apsolutni odnos $\varepsilon_l/\varepsilon_q = m$ ili $\varepsilon_q/\varepsilon_l = \mu = 1/m$ isti. $\mu$ je P o i s s o n-ov koeficijent (koeficijent poprečne dilatacije), a $m$ odnos podužne i poprečne dilatacije. Napon zatezanja $\sigma$ pri linearnom stanju napona vezan je sa odgovarajućom podužnom dilatacijom $\varepsilon$, t. zv. H o o k e-ovim z a k o n o m p r o p o r c i o n a l n o s t i:

$$\varepsilon = \alpha\sigma \quad \text{ili} \quad \sigma = E\varepsilon.$$

Isti zakon važi za pritisak. Brojna vrednost k o e f i c i j e n t a d i l a t a c i j e $\alpha$ [cm²/kg] jednaka je dilataciji koja odgovara naponu 1. M o d u l e l a s t i č n o s t i $E = 1/\alpha$ [kg/cm²] je (zamišljeni) napon kome odgovara dilatacija 1. Za klizanje važi slično:

$$\gamma = \beta\tau \quad \text{ili} \quad \tau = G\gamma\ ^{1}),$$

gde je $\beta$ [cm²/kg] k o e f i c i j e n t k l i z a n j a, $G$ [kg/cm²] m o d u l k l i z a n j a. Za ravno i prostorno stanje napona važi, usled superpozicije istovrsnih i kolinearnih napona i dilatacija, t. zv. u o p š t e n i H o o k e-ov z a k o n:

$$E\varepsilon_{xx} = \sigma_{xx} - \mu\sigma_{yy} - \mu\sigma_{zz}.$$

---

[1]) Može se formalno izvesti, na pr., v. B a c h, loc. cit., 7 izd., str. 692.

Odnosne jednačine za $y$- i $z$-pravac dobivaju se cikličkom permutacijom indeksa. Sabiranjem ovih jednačina dokazuje se proporcionalnost zapremiske dilatacije $e = \Delta V/V$ i srednjeg glavnog napona $\Pi = (\sigma_3 + \sigma_2 + \sigma_1)/3$:

$$e = 3(1 - 2\mu)\,\alpha\,\Pi = 3(m - 2)/m \cdot \alpha\,\Pi = k\,\Pi,$$

ili $\Pi = K\,e$, gde $k = e/\Pi$ pretstavlja zapreminsku dilataciju ili promenu gustine pri $\Pi = 1$ [kg/cm²] i naziva se: koeficijent zapreminske dilatacije (mera stišljivosti); $K = e/k$ [kg/cm²] je modul zapreminske elastičnosti. Srednji pritisak — $\Pi$ smanjuje i nikad ne povećava zapreminu. Dakle, mora biti $\mu < 0{,}5$. Sprečavanje poprečnih dilatacija izaziva napone.

Veza između $E$ i $G$:

$$E = 2\,G\,(m + 1)/m = 2\,G\,(1 + \mu).$$

Sve fizičke konstante, $E$, $\mu$, $G$, $K$ Teorije elastičnosti homogenog, izotropnog tela dobivaju se dakle iz ogleda zatezanjem (odn. pritiskom), naime iz $E$ i $\mu$.

**Vrednost Poisson-ova koeficijenta** $\mu = 1/m$ [1] [2]). Poisson je izračunao za izotropan materijal $\mu = 0{,}25$; $m = 4$. Za čelik jednačina: $\mu = (E/2\,G) - 1$ ili neposredno merenje promene debljine ili zapremine daje približno $\mu = 0{,}3$; $m = 10/3$, isto se dobiva za lake metale ali sa većim otstupanjima. Sa $\mu = 0{,}3$ je $E = 2{,}6\,G$.

U potpuno plastičnom stanju, bez zapreminske elastičnosti, je približno $m = 2$.

Deformacija male lopte oko tačke $a$ u troosni elipsoid se sastoji od: $\alpha$) promene zapremine, koja je uslovljena srednjim glavnim normalnim naponom $\Pi = (\sigma_3 + \sigma_2 + \sigma_1)/3 = (\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz})/3$, $\beta$) klizanja, t. zv. promene oblika, koja je uslovljena glavnim smičućim naponima u tri međusobno upravne ravni.

Ako su poznati glavni naponi $\sigma_3, \sigma_2, \sigma_1$ u tački $a$ tela, a time i $\tau_{2\,3} = (\sigma_2 - \sigma_3)/2, \ldots, \ldots$, to se totalni elastični rad na 1 cm³ raspada na rad pri promeni zapremine i rad pri promeni oblika:

$$A_t = A_v + A_g = k\,\Pi^2/2 + \beta\,(\tau_{2\,3}^2 + \tau_{3\,1}^2 + \tau_{1\,2}^2)/3$$

ili

$$A_t = k(\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz})^2/2 + [(\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2 + (\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2]/12\,G + [\tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2 + \tau_{xy}^2]/2\,G.$$

---

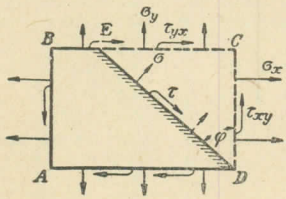
[1]) Na pr., Sachs i Fiek: Der Zugversuch, Leipzig 1926. Akad. Verlagsges.

[2]) Handbuch der Experimentalphysik, sv. V. str. 221 i 249, Leipzig 1930, Akad. Verlagsges.

gde su $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}, \tau_{yz}, \tau_{zx}, \tau_{xy}$ komponentni naponi za tri međusobno upravne inače proizvoljne presečene ravni koje prolaze kroz tačku $a$.

**Trajektorije glavnih napona.** Ako se u napregnutom telu ide stalno u pravcu jednog glavnog napona biće opisana t. zv. trajektorija glavnog napona; polazeći od zgodno izabranog niza tačaka dobiva se jedna familija prostornih krivih linija.

Za ostala dva glavna napona važi isto. Ove se tri familije krivih linija seku međusobno upravno. Dve trajektorije koje se seku, na pr., trajektorije napona, $\sigma_3$ i $\sigma_1$, preseca trajektorija glavnog smičućeg napona $\tau_{31}$ pod uglom od 45°.



Sl. 3

**b) Ravno stanje napona. Slaganje normalnih napona i smičućih napona. Mohr-ov krug napona.**

Isecimo iz opterećenog tela elementaran paralelopiped, čija je prednja strana *ABCD* (sl. 3). Ova kao i zadnja površina nisu napregnute. Materijal koji se graniči sa paralelopipedom prenosi na odnosne površine sl. 3 jednoliko podeljene normalne napone $\sigma_x$ i $\sigma_y$ (zatezanje) i smičuće napone $\tau_{xy}$ i $\tau_{yx}$ u pokazanim pravcima. Kroz $D$ je povučena presečna ravan $DE \perp ABCD$, koja sa $DC$ gradi ugao $\varphi$. Usled ravnoteže sila na delu *ABED* dejstvuju na presečnoj površini *ED* ($\tau_{xy} = \tau_{yx}$);

normalni napon $\sigma = (\sigma_x + \sigma_y)/2 + [(\sigma_x - \sigma_y)/2] \cos 2\varphi + \tau_{xy} \sin 2\varphi$,

smičući napon $\tau = [(\sigma_x - \sigma_y)/2] \sin 2\varphi - \tau_{xy} \cos 2\varphi$.

Iz $\operatorname{tg} 2\varphi = 2\tau_{xy}/(\sigma_x - \sigma_y)$ dobivaju se dve međusobne upravne ravni u kojima je smičući napon $\tau = 0$, a normalni napon ima svoju najveću vrednost $\max \sigma = \sigma_3$ i svoju najmanju vrednost $\min \sigma = \sigma_1$ ($\sigma_2 = 0$).

$$\max \sigma, \text{ odn. } \min \sigma = {}^1/_2 \cdot \left[\sigma_x + \sigma_y \pm \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}\right],$$

pozitivan znak korena za $\max \sigma$, negativan za $\min \sigma$.

Pod $+45^0$ prema ravnima u kojima se pojavljuju $\max \sigma$ i $\min \sigma$ leže ravni najvećeg smičućeg napona

$$\max \tau = (\max \sigma - \min \sigma)/2 = {}^1/_2 \cdot \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}.$$

Najveća dilatacija $\max \varepsilon$ u slučaju homogenog i izo-

tropnog materijala pada u pravac $\max \sigma$; sa $\mu = 1/m = 0{,}3$ je:

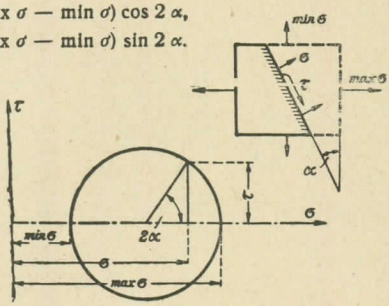
$$E \max \varepsilon = \max \sigma - \mu \min \sigma$$
$$= {}^1/_2 \cdot (1 - \mu)(\sigma_x + \sigma_y) + {}^1/_2 \cdot (1 + \mu) \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}$$
$$0{,}35 \quad (\sigma_x + \sigma_y) + \quad 0{,}65 \quad \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}.$$

Za $\min \varepsilon$ treba promeniti znak korena, odn. pred korenom uzeti znak —. Ako je $\min \sigma$ negativno, mogućno je da on bude apsolutno najveći napon tako da je $|\min \sigma| > \max \sigma$; tada je i $|\min \varepsilon| > \max \varepsilon$.

Ako su $\max \sigma$ i $\min \sigma$ dati to je (sl. 4) $\sigma_x = \max \sigma$; $\sigma_y = \min \sigma$; $\tau_{xy} = 0$; i ako ugao između presečne ravni $DE$ i glavne ravni napona $\sigma_x = \max \sigma$ obeležimo sa $\alpha$, sl. 3 i 4, biće:

$$\sigma = {}^1/_2 \cdot (\max \sigma + \min \sigma) + {}^1/_2 \cdot (\max \sigma - \min \sigma) \cos 2\alpha,$$
$$\tau = {}^1/_2 \cdot (\max \sigma - \min \sigma) \sin 2\alpha.$$

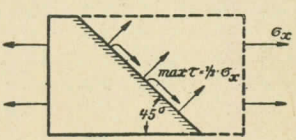
**Mohr-ov krug napona**[1]. Promena napona $\sigma$ i $\tau$ pri promeni presečne ravni a pri datim $\max \sigma$ i $\min \sigma$ pretstavljena je Mohr-ovim krugom napona. U pravouglom koordinatnom sistemu $(\sigma, \tau)$ pretstavljaju prethodne dve jednačine krug poluprečnika ${}^1/_2 \cdot (\max \sigma - \min \sigma)$ sa središtem na $\sigma$-osi a na rastojanju ${}^1/_2 \cdot (\max \sigma + \min \sigma)$ od koordinatnog početka. Poteg povučen iz središta kruga ka tački $(\sigma, \tau)$ na njegovom obimu zatvara sa pravcem $\max \sigma$ ugao $2\alpha$. Način konstrukcije kruga i način određivanja $\sigma$ i $\tau$ za dato $\alpha$ proizlazi iz sl. 4.



Sl. 4

**Specijalni slučajevi:** Čisto zatezanje (pritisak). Na sl. 3 je $x$ pravac sile. U ravni $\varphi = 0^0$ je $\sigma_x = \max \sigma = P/F$; $\sigma_y = \min \sigma = 0$; $\tau_{xy} = 0$. $\max \tau = {}^1/_2 \cdot \max \sigma$ je u ravni $\psi = \pm 45^0$ (sl. 5).

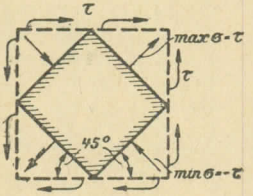
**Čisto smicanje** ostvareno na kružnom cilindričnom štapu koji je izložen torziji. $AB$ na sl. 3 je $\parallel$ sa izvodnicom omotača štapa. $\sigma_x = \sigma_y = 0$; $\tau_{xy} = \tau_{yx} = \tau$ (smičući napon usled torzije). $\max \sigma = -\min \sigma = \tau$. Čisto smicanje (sl. 6) dovodi do istog napregnutog stanja kao zatezanje u podužnom pravcu $\max \sigma = \tau$ i pritisak iste veličine $\min \sigma$ u poprečnom pravcu. U štapu izloženom torziji je $\max \sigma = \tau$ i $\min \sigma = -\tau$ u ravnima pod $\pm 45^0$ prema osi štapa.



Sl. 5

[1]) Iscrpno u ZVDI 44 (1900), str. 1524.

**7. Žilavost. Krtost.** Žilav se naziva materijal koji pri slomu pokaže velike trajne deformacije; inače je krt. Kako se trajne deformacije sastoje poglavito od unutrašnjeg klizanja (str. 510) to žilavost = podobnost za unutrašnje klizanje zavisi od materijala, temperature, vremena, brzine klizanja i od stanja napona (mogućnosti klizanja ili sprečavanja klizanja). Zatezanje sa sviju strana proizvodi potpunu krtost, krti slom usled kidanja; stanje napona koje je blisko jednolikom pritisku sa sviju strana dovodi naprotiv do najveće žilavosti; naponi zatezanja koji su opasni ne postoje, deformacije idu do granice sloma usled klizanja. Čak se kamen pod ovim okolnostima može deformisati kao žilav[1]).



Sl. 6

O žilavosti se ne može govoriti uopšte, već jedino o žilavosti prema zatezanju, pritisku, uvijanju itd., merenoj dilatacijom pri slomu, kontrakcijom, klizanjem pri slomu i veličinom ugiba. Kao mera za upoređenje služi i rad koji se izvrši do sloma (radna žilavost), na pr., rad pri kidanju po $cm^3$ zapremine štapa i sl., žilavost prema udaru (štapa sa zarezom) [$kg/cm^2$] [2]).

Žilavost materijala osigurava konstrukciji izvesnu dopunsku sigurnost protiv pojave katastrofalnog sloma, naročito kada se pojavljuju udari.

**Žilavost oblika.** Da bi se kod specijalnih zavrtnjeva izbegao krti slom u zavojnici pravi se stablo slabije sa postepenim prelazom na jezgro zavrtnja (istegljivi zavrtnjevi).

**Krtost oblika. Zarezi. Žilavost materijala i izravnavanje napona.** Zarezi dovode do neravnomerne podele napona sa koncentracijom u dnu zareza, na pr., sl. 28 str. 902. Dopunski vrhovi napona usled kristalne strukture v. str. 789 i str. 938 i 939.

Žilav materijal sa granicom razvlačenja. Teret razvlačenja. Ako vrh napona dostigne granicu razvlačenja, materijal pri konstantnom naponu mestimično popušta, napon razvlačenja se širi u unutrašnjost preseka sa zarezom; vrh naprezanja se smanjuje a proširuje; podela napona i iskorišćenje materijala postaje ravnomernije, dejstvo zareza biva oslabljeno. Dogod trajne deformacije nisu tolike da su štetne dozvoljeno je, u izvesnim slučajevima, prekoračenje granice razvlačenja, kao u dnu zareza, odn. kada se najveći napon javlja na jednom mestu. Pri dinamičkom opterećenju žilavost manje ublažuje dejstvo zareza; ublažavanje zavisi od osetljivosti materijala na zareze. Materijali žilavi prema razvlačenju i koji se malo očvršćavaju pokazuju se pod dinamičkim opterećenjem manje osetljivi prema zarezima nego krti. Liveno gvožđe je neosetljivo prema zarezima jer je dejstvo unutrašnjih zareza na grafitnim listićima

[1]) v. Kármán: Mitt. Forschungsarb. VDI 1912, sv. 118.

[2]) Na konstrukcije se može preneti samo pri nasilnom slomu udarom. Služi za ocenu prethodne obrade, utjecaja temperature, dejstva zareza pri udaru, unutrašnjih nedostataka materijala.

toliko, koliko i dejstvo nekog spoljnjeg zareza. Mestimični nedostaci ispoljavaju se pri statičkom opterećenju manje nego pri dinamičkom.

**8. Stvaran napon i računska jačina. Efektivan napon i deformacija.** Značenje jačine pri zatezanju, savijanju i torziji. *P*-, *E*- i *S*-granice (v. napomenu na str. 775). Dogod telo od kvaziizotropnog materijala menja samo veoma malo svoje dimenzije i važi Hooke-ov zakon mogu se naponi određeni proračunom smatrati »stvarnim«. Jačina pri kidanju žilavog materijala $\sigma_{zB} = \max P/F$, jačina pri savijanju $\sigma_{bB} = M_{bB}/W$, jačina pri torziji $\tau_{tB} = M_{tB}/W_t$ nisu stvarni naponi, jer je ili prvobitan presek $F_0$ pri teretu max $P$ znatno promenjen ili Hooke-ov zakon pri slomu više ne važi. Nazivaju se računske, uobičajene, konvencionalne jačine. Međutim dinamičke jačine $\sigma_W, \sigma_U, \tau_W, \tau_U$, mogu se smatrati kao stvarne vrednosti napona. Iako računske jačine nemaju fizikalno značenje ipak one imaju za konstruktora praktičnu vrednost jer se pomoću njih može izračunati najveći teret koji konstrukcija može podneti i što između njih i praktično važnih dinamičkih jačina postoje vrlo dobri približni odnosi, na pr., kod valjanog čelika $\sigma_{bW}$ = oko $0{,}5\,\sigma_{zB} = (0{,}18 \text{ do } 0{,}17)\,H_{10/3000/30}$; $\tau_{tW} = 0{,}58\,\sigma_{bW} = (0{,}103 \text{ do } 0{,}099)\,H_{10/3000/30}$. Efektivni normalni naponi usled zatezanja, pritiska ili smičući naponi usled torzije, koji se odnose na dimenzije tela u odgovarajućem stanju deformacije, izračunati na osnovu nekog nelinearnog zakona elastičnosti[1]) — slično važi za dilatacije i klizanja[2]) — od značaja su za tehnologe koji imaju posla sa velikim i trajnim deformacijama, a isto tako i za istraživače u oblasti poznavanja materijala koji na osnovu efektivnih napona i deformacija dolaze do jednostavnih zakonitosti, ali za konstruktora su od značaja samo u izuzetnim slučajevima, ukoliko treba odrediti kao efektivne vrednosti donju granicu razvlačenja pri torziji i savijanju[3]).

Jačina pri kidanju, napon razvlačenja, granica dilatacije (definicije v. str. 906 i 908) odnose se na prvobitan presek. U stručno tehničkom jeziku opšte su upotrebljeni izrazi *P*- i *E*-granica. Kako njihovo određivanje zavisi u velikoj meri od tačnosti uređaja za merenje i sitnih slučajnosti to se stvarno kao zamena granice razvlačenja, i tada kada ova ne postoji, određuje 0,2-granica dilatacije i upotrebljava kao osnova za određivanje dozvoljenih napona pri stalnom opterećenju.

---

[1]) v. Kármán: Enzykl. math. Wiss., IV. Mechanik, 4. sv., str. 709, Leipzig 1907/14, Teubner

[2]) Ludwik: Elemente d. technol. Mech., str. 17 i 18. Berlin 1909. Springer.

[3]) Festschrift der TH Stuttgart 1829/1929, str. 83.

0,2-granici dilatacije pri naprezanju usled smičućeg napona istovredna je 0,4-granica klizanja, tj. smičući napon $\tau_{0,4}$, koji izaziva trajno klizanje od 0,4 %. Granica razvlačenja, dilatacije i klizanja su samo onda jednoznačno određene kada je uzet u obzir uticaj vremena, na pr., kada je stabilno stanje materijala uspostavljeno uzastopnim opterećenjem i rasterećenjem, (C. Bach) ili čekanjem (Enssli n)[1]). Donja granica razvlačenja nije definisana u DIN-listovima.

*P*-, *E*- i *S*-granice padaju kod kvaziizotropnog materijala zajedno. Unutrašnje ili spoljne greške na probi zatezanjem ili pritiskom snižavaju *P*- i *E*- granice, pri ekscentričnom opterećenju gubi se *S*-granica. Odnos $\sigma_S/\sigma_B$ zavisi od prethodne obrade.

## B. Istovredna stanja napona. Hipoteze o slomu. Sigurnost. Dozvoljeno naprezanje

**1. Hipoteze o slomu.** Stanje napona u jednoj tački tela je jednoznačno određeno sa tri glavna napona $\sigma_3$, $\sigma_2$, $\sigma_1$, a time i stanje deformacije ispod *P*-granice. Materijal je jednako napregnut svim onim vrednostima $\sigma_3$, $\sigma_2$ $\sigma_3$ ili drugim rečima, istovredna su sva ona stanja napona, koja materijal dovode na granicu nosivosti; koju treba uzeti iz dijagrama za dinamičku jačinu str. 923. Zavisnosti koje postoje između glavnih napona na granici nosivosti nazivaju se teorije sloma (bolje hipoteze ili pretpostavke o slomu). Najvažnije danas poznate hipoteze date su u tablici 1.

Tablica 1. Hipoteze o slomu

| | | Karakteristična veličina $C$ | Uporedni napon $\sigma_v$ | Na $\sigma_v$-granici |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Najveći glavni napon . . . . . | $\max \sigma$ | $\sigma_{v1} = \max \sigma$ | $\sigma_{v1} = G_1$ |
| 2 | Najveća glavna dilatacija (po C. Bach-u) . . . | $\max \varepsilon$ | $\sigma_{v2} = E \max \varepsilon$ | $\sigma_{v2} = G_2$ |
| 3 | Najveći ukupni elastični rad po cm³ . . . . . | $A_t$ | $\sigma_{v3} = \sqrt{2EA_t}$ | $\sigma_{v3} = G_3$ |
| 4 | Najveći elastični rad pri promeni oblika po cm³ . . . | $A_g$ | $\sigma_{v4} = \sqrt{6GA_g}$ *) | $\sigma_{v4} = G_4$ |
| 5 | Najveći smičući napon (Mohr) . . . . . | $\max \tau$ | $\sigma_{v5} = 2 \max \tau$ **) | $\sigma_{v5} = G_5$ |

*) $\sigma_{v4}^2 = 1/2 \cdot [(\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2]$ — **) $\sigma_{v5} = \sigma_3 - \sigma_1$.

Granica nosivosti je dostignuta kod veličina **G** u tablici 1 dostigne graničnu vrednost karakterističnu za materijal i njegovo stanje. Mera za upoređenje naprezanja materijala data je vrednostima u koloni »uporedni napon $\sigma_v$« čija je dimenzija, dimenzija napona, kg/cm² · $\sigma_v$ se naziva: uporedni napon i izražava veličinu naprezanja pri bilo kom stanju napona jednim brojem. $\sigma_{v1}$ i $\sigma_{v5}$ su stvarni naponi, ostali su samo računske veličine bez očiglednog značenja. Upotrebom pojma $\sigma_v$ hipoteze o slomu glase: granica nosivosti je dostignuta kada je $\sigma_v = \mathbf{G}$ (granica uporednog napona). Pri čistom zatezanju (pritisku, savijanju) dobiva se u slučajevima 1 do 5 $\sigma_v = \sigma_z$; $\sigma_v$ treba, dakle,

[1]) ZVDI 72 (1928), str. 1626. — Schwaigerer. Diss, TH Stuttgart 1939; Archiv Eisenhüttenwesen 13 (1939), str. 37, 41 i 51.

smatrati kao neki n o r m a l n i uporedni napon: na granici nosivosti (granici razvlačenja, granici sloma pri dinamičkom opterećenju) je $\sigma_v = \sigma_F$ odnosno $\sigma_W$. Za sva stanja napona osim čistog zatezanja, pritiska, savijanja daje svaka od hipoteza o slomu različitu vrednost za uporedni napon $\sigma_v$, dakle drugu ocenu za vrednost uporednog napona. Koja je od hipoteza o slomu ispravna odlučuje samo ogled[1]): određivanje granice razvlačenja, odn. jačine pri dinamičkom opterećenju a pri različitim naponskim stanjima, za razne materijale i obradu, koroziju i slično. Izvestan kriterijum daje odnos granice razvlačenja pri zatezanju i torziji $\sigma_{zFu}/\tau_{tFu}$ i odnos jačine pri dinamičkom naizmeničnom naprezanju usled savijanja i torzije $\sigma_{bW}/\tau_{tW}$, koji je određen hipotezama o slomu. Prema redosledu u tablici i taj odnos iznosi 1; 1,3; 1,6; 1,73; 2,0. Ovi se odnosi mogu odrediti jednostavnim ogledima[2]).

**Tablica 2. Odnos $\sigma/\tau$ na granici razvlačenja i na granici sloma usled dinamičkog naizmeničnog opterećenja**

| Materijal | $\sigma_{zFu}/\tau_{tFu}$ | | $\sigma_{bW}/\tau_{tW}$ |
|---|---|---|---|
| Valjani i kovani čelik | 1,73 = 1 : 0,58 | | 1,78 = 1 : 0,58 |
| Sivi liv . . . . . | zatezanje*) 1,2 = 1 : 0,83 | pritisak*) 2,1 = 1 : 0,48 | 1,1 = 1 : 0,9 |

*) (0,2-granica razvlačenja, odn. gnječenja) : (0,4-granica smicanja).

Ogledi koji danas stoje na raspoloženju[2]) potvrđuju za valjani i kovani čelik (uopšte za materijale koji su dovoljno kvaziizotropni) najviše hipotezu o slomu po najvećem radu pri promeni oblika i onda kada su materijali oplemenjeni. Kod varenog i valjanog čelika sa zrnastom strukturom dobiva se $\sigma_{zFu}/\tau_{tFu} \approx 2$ i više, na pr., po G u e s t-u[1]). Na patentiranim čeličnim žicama za opruge našli su E. S i e b e l i P o m p[3]) 1.45 do 1,67; recipročna vrednost tog odnosa je 0.7 do 0.6. Sivo liveno gvožđe[4]) ponaša se u zoni zatezanja približno po hipotezi o najvećem naponu zatezanja (do hipoteze o najvećoj dilataciji) u zoni pritiska je čvršće i žilavije te sledi više hipotezu žilavog materijala. Prema tome, ne postoji hipoteza o slomu koja bi imala opštu važnost.

**2. Stepeni sigurnosti i dozvoljeni uporedni napon.** Ako je **G** kg/cm$^2$ granica uporednog napona pri naprezanju normalnim

---

[1]) G u e s t: Tests on combined stress. London Philos. Magaz. (1900), str. 69. — R o š i E i c h i n g e r: Versuche über Bruchgefahr. Eidgen. Mat. - Prüf. - Anst., Zürich 1926; isto Diskussionsbericht 28 (1928); 34 (1929). — L u d w i k: Bruchgefahr und Materialprüfung, EMPA, Zürich (1928), Bericht 13, Diskussionsbericht 35. — L o d e: Mitt. Forsch. Arb. VDI (1928), sv. 303. — E n s s l i n: ZVDI 71 (1927), str. 1486; 72 (1928), str. 1625; Festschrift TH Stuttgart (1929), str. 83. — S a n d e l: Über Festigkeitsbedingungen, Diss, Stuttgart 1919. — Schweiz, Bauztg, 95 (1930), str. 335. — U p o r e đ e n j e h i p o t e z a: F. S c h l e i c h e r: Der Spannungszustand an der Fliessgrenze, ZAM 6 (1926), str. 199 i dalje; Bauing. (1928), sv. 15. — B u r z y n s k i; Schweiz. Bauztg. 94 (1929), 23. November.

[2]) E n s s l i n: loc. cit.

[3]) Mitt. KW-Inst Eisenforschg. Düsseldorf, sv. XII, Lief. 7, Abhdlg. 149 (1930).

[4]) v. napomenu [1]) str. 789.

naponima (granica razvlačenja, granica sloma pri dinamičkom opterećenju), onda je

$$G/\sigma_v = S \quad \text{stepen sigurnosti}$$

prema granici uporednog napona $G$ i

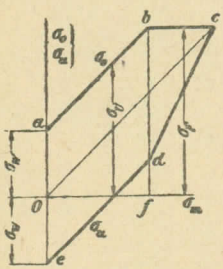
$$\sigma_{v\,\text{dozv}} = G/S \quad \text{dozvoljeni uporedni napon.}$$

Ovo je normalni napon, dakle u tablici dozvoljenih napona, str. 940. $= \sigma_{z\,\text{dozv}}$, $\sigma_{d\,\text{dozv}}$ ili $\sigma_{b\,\text{dozv}}$. Dakle, mora biti

$$\sigma_{v\,\text{dozv}} \leqq \sigma_{z\,\text{dozv}} \ (\text{odn. } \sigma_{d\,\text{dozv}}, \text{ odn. } \sigma_{b\,\text{dozv}}).$$

Kojem slučaju opterećenja odgovara $\sigma_v$, kada $\sigma$ i $\tau$ pri složenom naprezanju potiču od različitih slučajeva opterećenja (statičko, dinamičko jednosmisleno, dinamičko naizmenično = slučaj opterećenja I, II, III po C, Bach-u) uporedi str. 940.

**Struktura dijagrama i tablica dozvoljenih napona.** a) Po postupku po kome su izračunate vrednosti u tablici 2, str. 940, »Dozvoljeni naponi u mašinogradnji«, mogu se izračunati dozvoljena naprezanja i za materijale koji nisu navedeni u toj tablici a za dati stepen sigurnosti kada su poznate vrednosti $\sigma_F$, $\sigma_{bW}$, $\tau_F$, $\tau_{tW}$. b) Sa podacima: jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju na savijanje $\sigma_{bW}$ i granicom razvlačenja, odn. 0,2-granicom dilatacije $\sigma_F(\sigma_{0,2})$, može se približno nacrtati dijagram za jačinu pri dinamičkom opterećenju, sl. 7,: $Oa = \sigma_{bW}$; $bf = \sigma_F$. U prvoj aproksimaciji je $ab \parallel Oc$. Ovim dijagramom je određena opasnost od sloma usled dinamičkog opterećenja pri kome se naponi menjaju između $\sigma_o$ i $\sigma_u$, t. j. pri kome je amplituda napona $\sigma_a = (\sigma_o - \sigma_u)/2$. Sa sl. 7 mogu se dobiti jačine pri dinamičkom opterećenju za sve slučajeve opterećenja I do III. Dozvoljena naprezanja, odn. dozvoljene amplitude napona dobivaju se delenjem sa $S$, v. $\sigma_{bW}$ i $\sigma_F$ za najvažnije materijale pod IX C, str. 920 i dalje, kao i mnogobrojne dijagrame za jačinu pri dinamičkom opterećenju na istom mestu. Kod nehomogenih materijala, kao liveno gvožđe, su petlje za zategnutu i pritisnutu oblast različite. Dimenzije preseka nekog elementa opterećenog dinamičkim opterećenjem dobivaju se na osnovu dozvoljenih amplituda napona. Ova amplituda je konstantna za izvesne materijale kao što je čelik za opruge, čija (zamenjujuća) granica razvlačenja leži visoko iznad jačine pri dinamičkom jednosmislenom i naizmeničnom opterećenju i kod kojih su granične linije $\sigma_o$ i $\sigma_u$ gotovo paralelne liniji pod 45°, pri slučajevima opterećenja I do III. Uopšte amplituda napona zavisi od $\sigma_m$.



Sl. 7

**Stepen sigurnosti.** Brojna vrednost stepena sigurnosti $S$ određuje se poglavito prema opasnosti koja bi nastala ako bi se dostigla granica uporednih napona, kao i prema nesigurnosti u određivanju stvarnih napona.

Tako je pri proračunu s obzirom na deformaciju (gde ne postoji opasnost od neposrednog sloma ili izvijanja) dovoljan mali stepen sigurnosti, jer mala prekoračenja granice razvlačenja, naročito kada su ova lokalizovana, pretstavljaju samo neznatnu opasnost. Tamo gde se može računati sa »plastičnim izravnanjem« str. 787, sme se $\sigma_{\text{dozv}}$ povisiti a $S$ smanjiti. Pri proračunu prema slomu potreban je veći stepen

sigurnosti. Proračun s obzirom na izvijanje zahteva veće stepene sigurnosti, jer posledice izvijanja građevinskih ili mašinskih elemenata mogu biti veoma dalekosežne, pored toga kritična sila može biti znatno snižena uticajima koje je računski teško obuhvatiti. Međutim, ako se zahteva da težina ili masa bude mala, ili ako je odlučujuća cena koštanja i utrošak materijala, onda $S$ treba da bude malo, a granicu uporednog napona i napone pri radu konstrukcije treba tačno odrediti, i obratiti pažnju na brižljivo konstruisanje i izvođenje. Ako su gubci usled kvara konstrukcije veći od troškova usled jačeg dimenzionisanja (na pr., kod poluga pumpe za održavanje nivoa podzemne vode) tada $S$ treba izabrati vrlo veliko ($\approx$ 30). Usvojiti stepen sigurnosti koji se pokazao dovoljan u nekim slučajevima za neki sličan slučaj je opravdano samo ako se upotrebi ista granica uporednog napona i ako se naponi pri radu konstrukcije odrede na isti način. Vlasti i udruženja su na osnovu svojih specijalnih iskustava i studija propisali vrednosti $S$ i $\sigma_{dozv}$, delimično i postupke za proračun. Inače konstruktor mora postupiti na osnovu svog iskustva i stručnog znanja. Krutih propisa o jedinstvenim vrednostima za stepen sigurnosti nema što treba uzeti u obzir u tablici 3.

**Tablica 3. Stepeni sigurnosti**

| Opterećenje | Način gubitka nosivosti | Merodavne karakteristike materijala | Stepen sigurnosti $S$ |
|---|---|---|---|
| Statičko | Kod žilavih materijala: deformisanje | $\sigma_{0,2}$, $\sigma_D$, (u toploti) | 1,1 do 1,8 |
| | Kod krtih materijala: slom | $\sigma_{zB}$, $\sigma_{dB}$, $\sigma_{bB}$, $\tau_{tB}$ | 1,8 do 3,0 |
| | Izvijanje | $\sigma_K$ | 2,5 do 5,0 |
| Dinamičko | Slom | $\sigma_W$, $\sigma_U$, $\tau_W$ | 1,8 do 3,0 |
| | Izvijanje | $\sigma_K$ | 3,0 do 8,0 |

Osim sigurnosti pri konstruisanju mora da se ispune još i drugi zahtevi, na pr., treba da budu izbegnuta zagrevanja pri radu, zaglavljivanja, jaka abanja pokretnih delova usled suviše velikih elastičnih deformacija, nepravilan rad pri obrtanju usled oscilacije ili trzanja i slično.

**3. Dozvoljena naprezanja pri jednolikoj i nejednolikoj raspodeli napona. Plastično izravnanje napona i proračun čvrstoće.** Jednolikom se naziva raspodela napona u zategnutom ili pritisnutom štapu od kvaziizotropnog materijala; nejednolikom pri savijanju, pri zarezima itd. Dopunska nejednakost nastaje pri kristalastoj strukturi.

a) **Krt materijal.** U elementarnoj teoriji svodi se savijanje na zatezanje i pritisak; to je opravdano dok važi Hooke-ov zakon. Međutim, jačina pri savijanju livenog gvožđa $\sigma_{bB} = M_{bB} \mid W$ dobiva se da je veća nego jačina pri kidanju $\sigma_{zB}$. Ako se uzme u obzir nelinearan zakon elastičnosti livenog gvožđa prema ogledu zatezanja i pritiskom, to se dobiva t. zv. efektivna jačina pri savijanju $\sigma_{bB\,ef}$ (zatezanje)[1]). Ako je $\sigma_{bB\,ef} = \sigma_{zB}$ onda je nosivost materijala pri savijanju jednaka nosivosti pri zatezanju. Ako je pak $\sigma_{bB\,ef} > \sigma_{zB}$, onda treba pretpostaviti da je nosivost materijala pri savijanju veća od nosivosti pri zatezanju. To je, na pr., slučaj kod šarenog peščara[2]) i objašnjava se pretpostavkom o

[1]) Bach: Elastizität und Festigkeit. 7 izd., str. 28 i dalje i 296. Berlin 1917, Springer. — Herbert, ZVDI 54 (1910), str. 1387.

[2]) Krug: Festigkeitsverhalten spröder Körper bei gleichförmiger und ungleichförmiger Beanspruchung. Diss. TH Stuttgart 1938, str. 33

plastičnom izravnavanju napona, po kojoj pri nejednakoj raspodeli napona elastično napregnuto područje utiče na ono u kojem je prekoračena granica elastičnosti[1]). Krti slom usled kidanja nekog krtog materijala, na pr., peščara, nije prema tome uslovljen stanjem napona u jednoj tački tela, već stanjem napona u izvesnom području. Plastično izravnavanje isključuje proračun prema hipotezama o slomu, kojima se stanje napona u jednoj tački smatra kao merodavno. Pri plastičnom izravnavanju je $\sigma_{b\,dozv} > \sigma_{z\,dozv}$. Upor. str. 797.

**b) Žilav materijal sa granicom razvlačenja.** Kod punih i šupljih kružnih čeličnih štapova izloženih torziji[2]) dobiva se ista brojna vrednost za donju granicu razvlačenja. Ona, dakle, ne zavisi od jednolike i nejednolike raspodele napona. Isto je tako donja granica razvlačenja pri savijanju jednaka donjoj granici razvlačenja pri zatezanju[3]). Ne postoji razlog za pretpostavku o plastičnom izravnavanju u smislu da će se donja granica razvlačenja povećati pri neravnomernoj raspodeli napona. Dakle, donja granica razvlačenja, određena pri ispitivanju zatezanjem, može poslužiti za određivanje dozvoljenih napona kada konstruktivni element treba da bude proračunat sa određenom sigurnosti prema trajnim deformacijama. Međutim, gornja će se granica razvlačenja pri nejednolikoj raspodeli napona utoliko više povećati ukoliko će vrhovi napona više prekoračiti srednji napon[4]). Ali gornja granica razvlačenja je nezgodna kao osnova za proračun, jer se materijal tada nalazi u labilnom stanju, koje zavisi od slučajnosti a nije poznato nikakvo opšte pravilo o očekivanom povećanju granice razvlačenja pri datoj nejednolikosti u raspodeli napona.

**c) Dinamičko opterećenje.** Jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju zatezanjem i pritiskom, $\sigma_{zB}$ čelika iznosi, prema Lehr-u[5]), 60 do 80% jačine pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju savijanjem $\sigma_{bB}$ u saglasnosti sa pretpostavkom o plastičnom izravnavanju pri slomu usled dinamičkog opterećenja savijanjem[6]). Prema tome su nacrtani dijagrami za jačinu pri dinamičkom opterećenju, str. 923 i 924. Kod štapova sa zarezima je koeficijent oblika $\alpha_k$ (str. 938) veći od koeficijenta dejstva zareza $\beta_k$ pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju, ti., jednolikost u raspodeli napona je stvarno manja nego što se dobiva kada važi Hooke-ov zakon. Pri dinamičkom opterećenju nastaje, mada ograničeno, izravnavanje napona zavisno od osetljivosti materijala prema zarezima. To, međutim, ne znači da dinamički naizmenično opterećen štap sa zarezom trpi veće napone na granici sloma nego gladak štap, jer je najveće dinamičko naprezanje koje dovodi do sloma gladak štap i štap sa zarezom usvojeno isto, kako to pokazuje odnos $\sigma_{bW} = \beta_k \sigma_{bWk}$. U ovom odnosu nije uzeto u obzir plastično izravnavanje, tj. veća nosivost uslovljena nejednolikošću u raspodeli napona.

---

[1]) Literatura u disertaciji Krug-a, str. 2.

[2]) Ensslin: Zur Ermittlung der Verdrehstreckgrenze metallischer Werkstoffe, Jubiläumsfestschrift TH Stuttgart 1929, str. 83; ZVDI 72 (1928), str. 1625 i dalje. — Siebel i Vieregge: Abhängigkeit des Fliessbeginns von Spannung und Werkstoff, Mitt. KW.-Inst. Eisenforschg., Düsseldorf, sv. 26, Lief. 21, Abh. 270, sl. 3 i 5.

[3]) Siebel i Vieregge: loc. cit., Tablica 2.

[4]) Siebel i Vieregge: loc. cit., str. 238.

[5]) Arbeitsbl. 1 der Dauerfestigkeitsschaubilder d. Fachhausschusses f. Maschinenelemente im VDI.

[6]) Prema najnovijim ispitivanjima (Körber i Hampel, Zug-Druck-, Biege- und Verdreh-Wechselbeanspruchungen an Stahlstäben mit Kerben und Querbohrungen, izvod iz ZVDI 83 (1939), str. 1226, sl. 3) je za čelik čija je jačina 40 do 130 kg/mm² $\sigma_{zW} = \sigma_{bW}$. Kako je prema b) Žilav materijal sa granicom razvlačenja — v. gore, i $\sigma_{zFu} = \sigma_{bFn}$, to se u dijagramima za jačinu pri dinamičkom opterećenju, str. 923 i 924 za čelik velike petlje za savijanje svode na manje petlje za zatezanje. Biće $\sigma_{b\,dozv} = \sigma_{z\,dozv}$. Izuzeci v. str. 788.

## C. Vrednost i granice važnosti matematičke Teorije elastičnosti

**1. Usvojena i stvarna struktura materijala. Posledice za čvrstoću.** Uspešnu primenu Matematike na rešavanje zadataka Teorije elastičnosti omogućuju i olakšavaju jednostavne osnovne pretpostavke: homogenost i izotropnost materijala stabilno stanje materijala bez sopstvenih napona, linearan zakon elastičnosti, male unutrašnje deformacije i mala ukupna spoljašnja promena oblika, neprekidna promena napona i deformacija u unutrašnjosti tela. Otstupanja od osnovnih pretpostavki Teorije elastičnosti: sopstveni naponi[1]) i nelinearan zakon elastičnosti[2]) zahtevaju specijalna istraživanja.

Usled kristalaste strukture (područja kristalnog karaktera u obliku grudvi, štapova, ploča, ljuski) i teksture (livena, kovana, rekristalizovana, čelična i vlaknasta tekstura) često nisu pretpostavke Teorije elastičnosti dovoljno tačno zadovoljene. Samo se materijali sa sitnozrnastom strukturom ponašaju kao kvaziizotropni.

Kristalasta struktura je od bitnog uticaja na elastično ponašanje tela. Zbog nje se pojavljuju razlike između statičke i dinamičke čvrstoće. Otežano međusobno klizanje zrnaca dovodi do visoke granice elastičnosti i između ostalog do stvaranja gornje i donje granice razvlačenja. Na labilno stanje na gornjoj granici razvlačenja i na labilno stanje pri plastičnim deformacijama utiču: vreme, neodređena zavisnost između napona i deformacija, deformacije pri konstantnom opterećenju ili opterećenju koje opada, vremenske deformacije, opadanje napona pri konstantnim deformacijama, relaksacija. Nejednolika struktura izaziva odgovarajuću nejednolikost u raspodeli napona. Kod krtih materijala to izaziva prerani slom, kod žilavih materijala pod teretom razvlačenja izravnavanje napona[3]) tečenjem.

Pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju moguće je samo ograničeno izravnavanje napona. U ostalom dinamičko opterećenje istovremeno ojačava i labavi[4]) materijal. Pri tome labavljenje, koje se jače ispoljava, razara materijal i dovodi do dinamičkog sloma. Gruba zrna[5]) smanjuju jačinu pri naprezanju zatezanjem, granicu razvlačenja i žilavost prema udaru, dok na dinamičku jačinu pri naprezanju savijanjem slabo utiču. Prigušivanje oscilacija žarenih metala znatno se

---

[1]) Heyn: Mitt. Mat. - Prüf. - Amt Berlin - Dahlem 35 (1917), str. 1 do 25. — Handbuch der Experimentalphysik, sv. V (Sachs), str. 95, i (Görens i Mailänder), str. 477. Leipzig 1930, Akad. Verlagsges. Tamo je navedena i literatura. — Štetni sopstveni naponi otstranjeni su temperovanjem, naponi koji rasterećuju namerno su izazvani prednaprezanjem, površinskim pritiscima. — Föppl: St u. E 49 (1929), Br. 17. — Seeger: Druckvorspannungen — Dauerfestigkeit, Diss. TH Stuttgart 1933/35, tamo je navedena i dalja literatura.

[2]) Eugen Meyer: Berechnung der Durchbiegung von Stäben bei nicht linearem Elastizitätsgesetz, ZVDI 52 (1908), str. 167.

[3]) Körber, St u. E 59 (1939), str. 620.

[4]) Körber, St u. E (1939), str. 621.

[5]) Fr. P. Fischer, Krupp-Monatshefte (1923), Maj/Juni, Tablica 1. — Literatura u Unckel: Versuche über den Einfluss der Kristallitengrösse, Z f. Metallk, 15 (1937), str. 413.

povećava sa povećanjem zrna[1]). Drugi dendriti štetno utiču na jačinu pri dinamičkom naprezanju savijanjem[2]), a sitnozrna podela strukturnih sastojaka povoljno. Čelična i vlaknasta tekstura smanjuje otpornost u ravninama paralelnim sa pravcem vlakna i jačinu pri dinamičkom naprezanju torzijom[3]). Unutrašnje pojave (ireverzibilne) se odražavaju na pojavama prigušivanja[4]). Materijal se ojačava dinamičkim naizmeničnim opterećenjem ispod granice za dinamički slom (treniranjem). Prigušivanje oscilacija se smanjuje do neke stabilne vrednosti, koja zavisi od veličine tereta; na granici dinamičnog sloma dostiže graničnu vrednost (granično prigušivanje)[4]), iznad ove granice nastupa dinamički slom. Stabilnu vrednost prigušivanja materijal trajno podnosi bez sloma. Ova je vrednost karakteristika materijala koji se ojačava treniranjem pri određenoj vrsti naprezanja i frekvenciji[5]). Treniranje povećava jačinu pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju. Labavljenje koje materijal trpi na granici dinamičkog sloma je prema O. F ö p p l-u mera žilavosti pri dinamičkom opterećenju[6]), ono izravnava naponske vrhove i suprotstavlja se rezonaciji pri oscilacijama.

**2. Kritički zaključci o matematičkoj Teoriji elastičnosti.** Teorija elastičnosti nije u mogućnosti da obuhvati dejstvo unutrašnje nehomogenosti materijala; napon koji je izračunat njenim sredstvima je statistička srednja vrednost koja od stvarne otstupa za nepoznatu ± vrednost. Nepravilan raspored zrna u telu načelno isključuje primenu Matematike, koja pretpostavlja neprekidnost. Statistička srednja vrednost napona i deformacije je i pored toga praktično upotrebljiva kada se pomoću nje mogu izvesti zaključci o čvrstoći tela a na toj bazi dati način proračuna čvrstoće.

To je slučaj pri linearnom zakonu elastičnosti, pri konstantnom odnosu granice razvlačenja usled normalnih i smičućih napona, kao i konstantnom odnosu jačina pri dinamičkom naizmeničnom naprezanju savijanjem i torzijom, koji čini osnov »hipotezama o slomu« (str. 784). Odnos između ukupnog tereta i ukupne elastične deformacije daje Teorija elastičnosti dovoljno tačno, jer na taj odnos bitno ne utiču lokalni vrhovi napona i deformacija. Isto tako je pravilna raspodela napona (statistička srednja vrednost) jer se ogledom zatezanjem i savijanjem štapova i ogledom savijanjem ploča dobivaju vidno iste vrednosti modula elastičnosti $E$. Kristalasta struktura utiče pretežno na čvrstoću. Teorija elastičnosti zadržava, dakle, svoju vrednost do na naponske vrhove uslovljene kristalastom strukturom, i nalazi, potpomognuta matematičkim približnim metodama, i u najnovije vreme uspešnu pri-

---

[1]) F ö r s t e r u K ö s t e r, Elastizitätsmodul und Dämpfung, Z f. Metallk. 15 (1937). str. 123, analiza mnogobrojnih uticaja.

[2]) G ü r t l e r u. E. S c h m i d, Aluminium 20 (1938). str. 177.

[3]) S e e g e r. Diss. TH Stuttgart 1933/35, str. 46.

[4]) E s a u i K o r t u m. ZVDI 77 (1933), sv. 42. između ostalog posmatra krivu stabilnog prigušivanja, granično prigušivanje. — O. F ö p p l, E. B e c k e r i v. H e y d e k a m p f: Dauerprüfung der Werkstoffe, Berlin 1929, Springer. Pojam graničnog prigušivanja, str. 15; R. B e c k e r i K o r n e t z k i posmatraju uticaj magnetizovanja na prigušivanje. Z Physik 88 (1934), str. 634. — E. L e h r, Diss. TH Stuttgart, str. 57. — F ö r s t e r u. K ö s t e r v. primedba[1]).

[5]) K o r t u m, Diss. Univ. Jena (1930). str. 12. Uticaj frekvencije još nije objašnjen.

[6]) O. F ö p p l, Statische und dynamische Gütebestimmung von Baustählen, Z. f. Metallwirtschaft 7 (1928). sv. 45.

menu[1]). Određivanje granice do koje važi Teorija elastičnosti, rešavanje matematički još neobrađenih zadataka, ispitivanje unutrašnje strukture tela i njene promene usled sile, toplotnih i hemiskih uticaja u svrhu razjašnjenja fenomena i što celishodnijeg iskorišćenja materijala, određivanje jačine pri dinamičkom opterećenju, zadaci su ogleda, ispitivanja i istraživanja materijala koji se ne mogu zanemariti, a pri kojima treba svako pogodno sredstvo za istraživanje koristiti.

---

# II. Pravi štapovi

Pored oznaka na str. 775. dalje oznake su:

$P$ — aksijalna sila u štapu [kg],

$Q$ — transverzalna sila [kg],

$S$ — statički moment polovine poprečnog preseka [cm³],

$A, B$ — otpor (reakcija) oslonca [kg],

$l$ — dužina štapa, odn. raspon, slobodna dužina [cm],

$f$ — ugib na određenom mestu [cm],

$M_b$ — moment savijanja [kgcm],

$J$ — moment inercije poprečnog preseka [cm⁴],

$F$ — površina poprečnog preseka štapa [cm²],

$i = \sqrt{J/F}$ — poluprečnik inercije u odnosu na istu osu kao $J$ [cm],

$W$ — otporni moment [cm³],

$e$ — otstojanje od neutralne ose preseka (sl. 10, str. 794) [cm],

$D.M.$ — dijagram momenta,

$EL$ — elastična linija = savijena osa štapa,

$P.D.M.$ — površina dijagrama momenta $F$ [kgcm²]

## A. Zatezanje i pritisak

Neka na prav štap, dužine $l$ cm, konstantnog poprečnog preseka $F$ cm², u pravcu ose štapa dejstvuju sile $P$ kg, koje ga zatežu ili pritiskuju a koje su jednoliko raspoređene po krajevima štapa. Neka materijal sledi Hooke-ov zakon $\varepsilon = \alpha\sigma = \sigma/E$. Normalni napon $\sigma$ u nekom preseku i izduženje, odn. skraćenje $\pm \Delta l = \pm \lambda$ dužine $l$ je:

$$\sigma = P/F \text{ [kg/cm}^2\text{]}, \qquad \Delta l = \lambda = \varepsilon l = \alpha l \sigma = Pl/FE \text{ [cm]}$$

Ukupan deformacioni rad $A$ ($\mathfrak{A}$ po cm³) je:

$$A = {}^1/_2 \cdot P\lambda = (\sigma^2/2E) F l = \mathfrak{A} V \text{ [kgcm]}.$$

Dužina kidanja $l_R$ je dužina prizmatičnog štapa koji slobodno visi, a u čijem se najvišem poprečnom preseku, u kome je vezan, javlja usled sopstvene težine $\sigma = \sigma_{zB}$ kg/mm².

$$l_R = \sigma_{zB} \text{ [kg/mm}^2\text{]}/\gamma \text{ [km]},$$

gde je $\gamma$ kg/dm³ specifična težina materijala štapa; na pr., za St 60: $l_R = 60/7{,}85 = 7{,}73$ km. $l_R$ karakteriše podobnost materijala da nosi sopstvenu težinu a da se ne slomi. Analogno važi za pritisak.

---

[1]) Upor. Timoshenko-Lessels: Festigkeitslehre 1928; Biezeno-Grammel: Techn. Dynamik 1939, obe Berlin, Springer

Pri proračunu ne sme najveći napon zatezanja, koji se pojavljuje, biti veći od dozvoljenog napona za zatezanje (analogno važi za pritisak):

$$\max \sigma \leqq \sigma_{z\,dozv}, \text{ odn. } \sigma_{d\,dozv}.$$

Duge i tanke pritisnute štapove treba ispitati na izvijanje (str. 862). Uslov da raspodela napona po poprečnom preseku bude jednolika je da se presek postupno menja i da sila dejstvuje centrično.

Promenljivi poprečni preseci, zategnuta ili pritisnuta tela jednake otpornosti pri opterećenju sopstvenom težinom, v. udžbenike, na pr., C. Bach: Elastizität und Festigkeit, loc. cit. 7 izd. str. 114.

## B. Savijanje

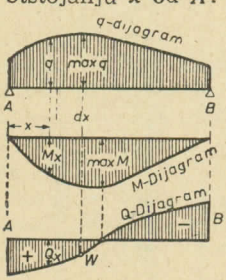
### a) Osnove

**1. Pretpostavke:** Osa štapa = geometrisko mesto težišta poprečnih preseka je prava; dimenzije poprečnih preseka su male prema dužini štapa. Sve spoljne sile i otpori koji dejstvuju na prav štap (gredu, nosač) seku osu štapa pod pravim uglom. Podužne sile i torzioni momenti neće ovde biti posmatrani. Postupna promena poprečnog preseka.

Spoljne sile daju za neki poprečni presek grede transverzalnu silu $Q$ upravnu na osu grede i spreg momenta savijanja $M_b$. Ako na gredu dejstvuju samo vertikalne sile, onda je transverzalna sila $Q$ za jedan presek jednaka rezultanti svih spoljnih sila levo od preseka; pozitivna kada deluje na gore.

**2. Moment savijanja*)** $M_b$ za neki presek je jednak algebarskom zbiru momenata svih spoljnih sila levo od preseka (zamišljeno mesto uklještenja) u odnosu na horizontalnu pravu koja prolazi kroz težište poprečnog preseka, pozitivan kada obrće s desna na levo ili kada $M_b$ savija horizontalnu osu grede tako da je ispupčena na dole (str. 799).

**3. Podeljeno opterećenje.** Ako se osa grede izabere za osu $x$ ($+x$ desno), ako je greda opterećena podeljenim opterećenjem $q$ [kg/cm], sl. 8, i ako je $A$ otpor levog oslonca, to je za presek na otstojanju $x$ od $A$:




Sl. 8

$$Q = A - \int_0^x q\,dx \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

$$M_b = \int_0^x Q\,dx \qquad dM_b/dx = Q \ldots \quad (2)$$

$$d^2M_b/dx^2 = d\,Q/dx = -q. \qquad (3)$$

Ako se od ose grede na bilo kom mestu $x$ nanesu odgovarajuće vrednosti $Q$ i $M_b$ kao ordinate, to za tako dobivene $Q$- i $M_b$ – dijagrame važi:

1. Nagib Q-dijagrama na mestu $x$ je $dQ/dx = \operatorname{tg}\alpha = -q$.

2. Nagib $D.M$ na mestu $x$ je $dM_b/dx = \operatorname{tg}\beta = Q$.

*) Upotrebljava se i termin napadni moment: prim. redakt.

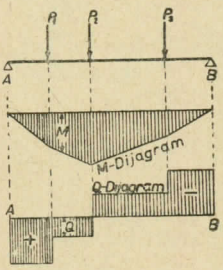
3. [Površina $D.\ Q]_0^x = \int_0^x Q\,dx$ jednaka je momentu savijanja na otstojanju $x$ od $A$.

Iz 3 proizilazi: Moment savijanja $Q$ ima (relativno) maksimalnu vrednost u svakom preseku u kome $q$ menjajući se od + ka — prolazi kroz nulu. $Q$-dijagram ima na mestu na kome se pojavljuje max $q$ prevojnu tačku (W na sl. 8).

Površina ispod $q$-dijagrama naziva se površina opterećenja.

Iz 2 proizilazi: Moment savijanja $M_b$ ima (relativno) maksimalnu vrednost u svakom preseku u kome $Q$ menjajući se od + ka — prolazi kroz nulu.

**4. Koncentrisani tereti.** Između dva susedna koncentrisana tereta $A$, $P_1$, $P_2$, $P_3$, $B$ na sl. 9 transverzalna sila $Q$ je konstantna a momenat savijanja se linearno menja sa $x$-om. $Q$-dijagram takvog nosača je stepenasta linija a $D.M$ poligon sa temenima na napadnim linijama sila. Na jednoj od napadnih linija sila leži $\max M_b$. Ako sve spoljne sile ne dejstvuju vertikalno treba ih razložiti u vertikalne i horizontalne komponente. Za svaki skup sila treba odrediti transverzalne sile i momente savijanja. Transverzalne sile izazivaju smičuće napone $\tau$ u preseku, momenti savijanja normalne napone $\sigma$ upravno na presek.



Sl. 9

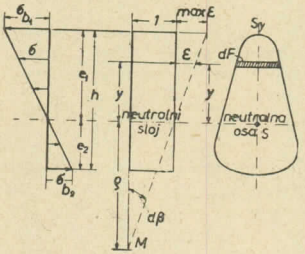
### b) Normalni naponi usled savijanja

Pri savijanju grede podužna vlakna jednog ravnog sloja (neutralnog sloja) zadržavaju svoju prvobitnu dužinu; presek ovog sloja sa poprečnim presekom grede daje neutralnu osu. Neutralna osa graniči područje specifičnih izduženja i specifičnih skraćenja (sl. 10).

Jednačina za proračun normalnih napona usled savijanja u pravom štapu bazira na pretpostavkama (Bernoulli, Navier):

1. Preseci ostaju ravni i upravni na savijenu osu grede (elastičnu liniju). 2. Dilatacije su proporcionalne naponima. 3. Modul elastičnosti je jednak pri zatezanju i pritisku. 4. Preseci imaju jednu osu simetrije $S\,y\,S$, koja pada u ravan momenta savijanja, drugim rečima smeju se pojaviti samo normalni naponi upravni na poprečan presek i smičući naponi koji sistem linija poprečnog

preseka ne deformišu klizanjem (pretpostavke t. zv. St. Venant-ovog problema). Iz pretpostavke 1 proizilazi: neutralna osa je prava. Dilatacije su proporcionalne rastojanju $y$ od neutralne ose, a prema pretpostavci 2 i naponi. Ako je $\sigma_{b1}$ najveći normalni napon zatezanja na otstojanju $e_1$ od neutralne ose, $\sigma_{b2}$ najveći napon pritiska na otstojanju $e_2$, to je normalni napon $\sigma$ na otstojanju $y$:



Sl. 10

$$\sigma = (\sigma_{b1}/e_1)y = (\sigma_{b2}/e_2)y. \quad . \quad (4)$$

Kako ne postoji normalna sila to će po pretpostavci 3 biti:

$$\int_F \sigma\, dF = (\sigma_{b1}/e_1)\int_F y\, dF = 0, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

tj., neutralna osa prolazi kroz težište preseka i stoji normalno na ravan savijanja (ravan momenta $M_b$ ili elastične linije). Dimenzija poprečnog preseka upravna na neutralnu osu naziva se: visina, paralelno neutralnoj osi: širina.

Moment savijanja spoljnih sila za neki presek jednak je momentu unutrašnjih sila, na pr., oko neutralne ose:

$$M_b = \int_F \sigma\, dF\, y = \frac{\sigma_{b1}}{e_1}\int_F y^2\, dF = \sigma_{b1}\frac{J}{e_1} = \sigma_{b2}\frac{J}{e_2} \quad . \quad . \quad (6)$$

$J = \int y^2 df$ naziva se: moment inercije poprečnog preseka, u odnosu na neutralnu osu. Integral se prostire po površini poprečnog preseka.

$$J/e_1 = W_1 \quad \text{i} \quad J/e_2 = W_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

$W_1$ se naziva: otporni moment poprečnog preseka. $J$ i $W$ zavise od oblika i veličine poprečnog preseka.

Izrazi za $J$ i $W$ za razne jednostavne oblike poprečnih preseka dati su na str. 804 i dalje. Brojne vrednosti $J$ i $W$ za kružne, kružne prstenaste, pravougaone i kvadratne poprečne preseke v. str. 807 i dalje, za poprečne preseke valjanih profila v. 6 od., pogl. XX tabl. 4 do 13 i tabl. 15 do 19. Grafički način za određivanje momenta inercije v. str. 396[1]).

**Izračunavanje normalnih napona kada je dat moment savijanja i poprečni presek.** Za poprečne preseke sa jednom osom simetrije, koja pada u ravan savijanja, je:

na otstojanju $y$ od neutralne ose $\sigma = M_b y/J \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$

„ „ $e_1$ „ „ „ $\sigma_{b1} = M_b e_1/J = M_b/W_1 \quad . \quad (8a)$

„ „ $e_2$ „ „ „ $\sigma_{b2} = M_b e_2/J = M_b/W_2 \quad . \quad (8b)$

1) Upor. Rötscher, ZVDI 80 (1936). str. 1354.

Ako je i neutralna osa osa simetrije dakle, $e_1 = e_2 = e$, onda je $J/e_1 = J/e_2 = W$, pa je na otstojanju $e$ od neutralne ose najveći normalni napon:

$$\sigma_b = M_b/W. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8c)$$

$W$ je mera nosivosti poprečnog preseka pri naprezanju savijanjem. Najveći napon zatezanja pri savijanju po jednačini (8a) ne sme prekoračiti dozvoljeni napon za zatezanje, a najveći napon pritiska pri savijanju po jednačini (8b) ne sme prekoračiti dozvoljeni napon za pritisak, tj.:

$$\sigma_{b_1} \leqq \sigma_{d\,\mathrm{dozv}} \qquad \sigma_{b_2} \leqq \sigma_{d\,\mathrm{dozv}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Ako je $\sigma_{z\,\mathrm{dozv}} = \sigma_{d\,\mathrm{dozv}}$ to se umesto njih piše $\sigma_{b\,\mathrm{dozv}}$. Vrednost dozvoljenih napona za razne vrste gvožđa i čelika koji su u čestoj upotrebi v. str. 940.

Pri izboru dozvoljenih napona za savijanje bolje je osloniti se kod krtih materijala na oglede savijanjem nego zatezanjem, jer ogledi zatezanjem pri ekscentricitetu opterećenja, koje se lako pojavljuje, daju suviše niske vrednosti; isto tako unutrašnja nehomogenost materijala utiče pri ispitivanju zatezanjem štetnije nego pri ispitivanju savijanjem[1]).

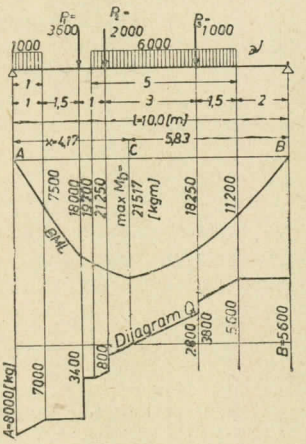
**Postupak pri proračunu** za nosače konstantnog poprečnog preseka koji slobodno leže na dva oslonca:

1. Određivanje otpora oslonaca: Grafičko rešenje, v. str. 362 je preporučljivo pri velikom broju tereta. Računsko rešenje: ukloniti oslonce, naneti otpore oslonaca. Na nosaču koji je sada slobodan stoje tereti i otpori u ravnoteži $\Sigma M = 0$ u odnosu na jedan oslonac, $\Sigma V = 0$.

2. Opasan presek leži tamo gde transverzalna sila Q prelazi od + ka —. Na sl. 11 kod C.

3. Najveći moment savijanja. Zamislimo nosač uklješten u C i posmatrajmo jednu stranu, na pr., levu, kao konzolu. Moment svih sila koje dejstvuju levo od C u odnosu na C je traženi moment savijanja.

4. Određivanje potrebnog poprečnog preseka za dati moment savijanja i dozvoljen




Sl. 11

[1]) H. J. Krug: Festigkeitsverhalten spröder Körper bei gleichförmiger und ungleichförmiger Beanspruchung, Diss. TH Stuttgart 1938, str. 3.

napon. Prema jedn. (8c) i (9) je $\sigma_b = M_b/W = \sigma_{b\,dozv}$, odakle se mora računati i potreban otporni moment:

$$W_{pror} = M_b/\sigma_{b\,dozv}. \qquad (10)$$

Po izboru oblika poprečnog preseka treba dimenzije preseka naći iz formula, tablica (v. gore), ili probanjem i uzastopnim proveravanjem vrednosti otpornog momenta.

**Primer.** Za nosač na sl. 11 dobiva se

1. iz $\Sigma M = 0$ u odnosu na oslonac $B$, a zatim iz $\Sigma V = 0$:

$$A \cdot 10 - 1000 \cdot 9{,}5 - 3600 \cdot 7{,}5 - 2000 \cdot 6{,}5 - 6000 \cdot 4{,}5 - 1000 \cdot 3{,}5 = 0.$$

$$A = 950 + 2700 + 1300 + 2700 + 350 = 8000 \text{ kg}.$$

$$B = 1000 + 3600 + 2000 + 6000 + 1000 - 8000 = 5600 \text{ kg}.$$

2. neposredno desno od $P_2$ je

$$Q = 8000 - 1000 - 3600 - 2000 - 6000 \cdot 0{,}5/5 = 800 \text{ kg},$$

neposredno levo od $P_3$ je

$$Q = 8000 - 1000 - 3600 - 2000 - 6000 \cdot 3{,}5/5 = -2800 \text{ kg}.$$

Traženi poprečni presek u kome se pojavljuje max $M$ leži dakle između sile $P_2$ i $P_3$, negde na otstojanju $x$ od $A$; za njega je:

$$8000 = 1000 + 3600 + 2000 + 6000 \quad (x - 3)/5 \qquad x = 4{,}17 \text{ m}.$$

3. $\max M = 5600 \cdot 5{,}83 - 1000 \cdot 2{,}33 - 6000\,(3{,}83/5) \cdot 3{,}83/2 = 21\,517$ kgm.

Moment savijanja u napadnoj tački sile $P_1$:

$8000 \cdot 2{,}5 - 1000 \cdot 2 = 18\,000$ kgm.

Moment savijanja u napadnoj tački sile $P_2$:

$8000 \cdot 3{,}5 - 1000 \cdot 3 - 3600 \cdot 1 - 6000\,(0{,}5/5) \cdot 0{,}25 = 21\,250$ kgm.

Moment savijanja u napadnoj tački sile $P_3$:

$5600 \cdot 3{,}5 - 6000 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}5/5 = 18\,250$ kgm.

$M_b$-dijagram i $Q$-dijagram dati su na sl. 11. U jednostavnijim slučajevima nije potrebno izračunati transverzalne sile.

Za trgovački valjani čelik može se usvojiti, pri statičkom opterećenju, $\sigma_{b\,dozv} = 1400$ kg/cm², tako da je:

$$W_{pror} = \max M/\sigma_{b\,dozv} = 2\,151\,700 \text{ kgcm}/1400 \text{ kg/cm}^2 = 1535 \text{ cm}^3.$$

Prema DIN 1025 1 odn. 2 možemo izabrati I 40 sa $W_x = 1460$ cm³ i 92,6 kg/m ili IP 28 (v. 6. od., XX, tablica 6) sa $W_x = 1480$ cm³ i 113 kg/m.

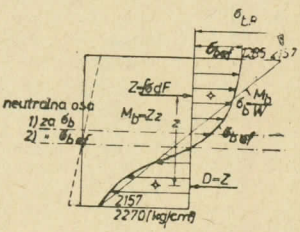
**Nosači jednake otpornosti prema savijanju** (str. 825) imaju u svakom preseku istu vrednost $\max \sigma_b = \sigma_{b\,dozv}$. Uslov za to je prema jednačini (8c):

$$M_b/W = \sigma_{b\,dozv} = \text{konstanta},$$

tj., $M_b$ i $W$ moraju se po čitavoj dužini grede menjati po istom zakonu.

**Uticaj smičućih napona.** U poprečnom preseku slobodno oslonjenog kraja je $M_b = 0$; ako u njemu deluje neka sila smicanja treba ga dimenzionisati prema smicanju. Ako je nosač dimenzionisan prema savijanju a poprečan presek zadržan konstantan, većinom su i smičući naponi u krajnjim poprečnim presecima u dozvoljenim granicama. Specijalni slučajevi v. str. 831.

**Otstupanja od Hooke-ova zakona proporcionalnosti.** U ovom slučaju jednačine (5) do (8) ne važe ili važe samo pribiližno, već prema stepenu otstupanja. Kod materijala kao što je liveno gvožđe, kamen, beton, granica proporcionalnosti leži veoma nisko. Dilatacije rastu brže od napona. Liveno gvožđe se pored toga deformiše više pri zatezanju nego pri pritisku. Dilatacije u poprečnom preseku savijane grede su proporcionalne otstojanju od neutralne ose, ali zavise od napona po jednom nelinearnom zakonu, pa raspodela napona nije linearna.



Sl. 12

Sl. 12 prikazuje raspodelu napona za nosač od livenog gvožđa pravougaonog preseka[1]). Jačina pri savijanju $K_b = \sigma_{bB} = M_{bB}/W$ iznosi 2157 kg/cm²; prema nelinearnom toku ukupnih specifičnih izduženja ili skraćenja dobiva se »stvarna« ili »efektivna« jačina pri savijanju $K_{b\,pror} = 1292$ kg/cm² u saglasnosti sa jačinom pri zatezanju $K_z = \sigma_{zB} = 1292$. Neutralna osa je pomerena ka strani na kojoj je materijal manje popustljiv (strana pritiska). $K_b/K_z$ zavisi od oblika preseka[2]). Za liveno gvožđe i pravougaoni poprečni presek taj se odnos kreće od 1,7 do 1,75, za kružni presek od 2,14 do 2,24[3]).

Iz netačnih podataka izračunata jačina pri savijanju $K_b$ je pogrešan podatak koji se ipak može upotrebiti za proračun u slučaju livenog gvožđa i slično. Naime, stepen sigurnosti prema slomu biće $S = M_{bB}/M_b = (K_b\,W) : (\sigma_b\,W) = K_b/\sigma_b = \sigma_{bB}/\sigma_b$ pa dogod $\sigma_b$ usled otstupanja od Hooke-ova zakona nije suviše pogrešno, moći će se vrednost $S$ za stepen sigurnosti ipak upotrebiti i ako je $K_b$ pogrešno.

Kod livenog gvožđa i legura aluminijuma za klipove može se iz merenja deformacije pri zatezanju i pritisku izvesti jednakost efektivne jačine pri savijanju i zatezanju. Kod drugih krtih materijala dobiva se, na isti način, efektivna jačina pri savijanju veća nego pri zatezanju[4]), što treba pripisati dejstvu plastičnog izravnavanja napona[4]), jer pri nejednolikoj raspodeli napona manje napregnut materijal »podupire« jako napregnut materijal. Kako je ogled zatezanjem kod krtih materijala jako osetljiv, to se dozvoljeni napon za zatezanje kod krtih materijala i pri nejednolikoj raspodeli napona (savijanje, tocilo) tačnije određuje ogledom savijanja. Uporedi str. 787.

**Glavna osa koja pada u ravan opterećenja nije osa simetrije preseka.** ⊏ - nosač izložen čistom savijanju tako da mu je pojas $M_1$ $M_2$ pritisnut, $M_3$ $M_4$ zategnut; Ravan momenta $M_b$ prolazi kroz težište a stoji upravno na osi simetrije poprečnog preseka. Ispitivanje C. Bach-a sa ⊏ DNP 30 dalo je za neko određeno opterećenje prema uobičajenoj jednačini za normalni napon usled savijanja $\sigma_b = M_b/W = 273$ kg/cm².

Merenjem dilatacije (merna dužina 200 mm) dobilo se za $\sigma$ na spoljnoj površini preseka

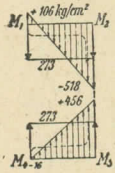
| | | | |
|---|---|---|---|
| u $M_1$ | — 518 kg/cm² | u $M_3$ | + 456 kg/cm² |
| u $M_2$ | + 104 kg/cm² | u $M_4$ | — 16 kg/cm². |

[1]) C. Bach: Elastizität und Festigkeit, 7 izd., str. 293 i dalje i str. 266, Berlin 1917, Springer.

[2]) C. Bach: Elastizität und Festigkeit. 7 izd., str. 286, Berlin 1917, Springer.

[3]) Za Al-legure za klipove v. Z Metallwirtschaft 17 (1938), str. 837.

[4]) H. J. Krug; loc. cit., tamo je data i literatura.



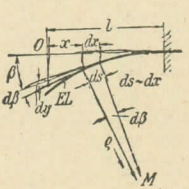
Sl. 13

Naponi su po širini pojasa, prema sl. 13, nejednoliko raspoređeni i znatno veći od onih koji se dobivaju uobičajenim proračunom: uobičajena vrednost napona prekoračena je za 90 i 67, prosečno za 78%. Pojasi i rebro imaju po jednu neutralnu osu a celokupni presek je nema. Naponi nisu više približno određeni uslovom da poprečni preseci ostanu ravni, već ponašanjem triju međusobno vezanih štapova u obliku traka, čije su deformacije na mestima gde su vezani jednake. Naponi koji se pojavljuju ne odgovaraju ni pretpostavkama teorije savijanja za prave štapove ni t. zv. S t. V e n a n t-ovu problemu, tako da ovde izdaje i matematička teorija za savijanje grede. Očigledno objašnjenje stanja napona nalazi se kod C. B a c h-a[1]). Da bi se izbeglo gore navedeno stanje stvari preporučljivo je da se u ravan opterećenja postavi samo glavna osa poprečnog preseka koja je ujedno i njegova osa simetrije; u slučaju da je to nemoguće treba izvršiti oglede[2]).

### c) Elastične deformacije pri savijanju

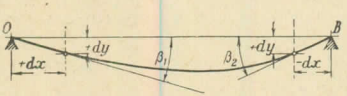
Sledeća određivanja ugiba važe kad površina dijagrama momenta savijanja leži u jednoj podužnoj ravni koja sadrži jednu glavnu osu poprečnog preseka a koja je ujedno i njegova osa simetrije. Kad to nije slučaj treba nacrtati površinu dijagrama momenta savijanja za obe podužne ravni glavnih osa poprečnog preseka koje su ujedno i ose simetrije poprečnog preseka, pa ugibe $y$ odrediti za svaku od tih ravni. Komponente momenta $M$ slažu se u rezultantu po P i t a g o r i n o m stavu; isto važi i za ugibe $y$. Pri promenljivom poprečnom preseku moraju glavne ose poprečnih preseka da su paralelne. Prvobitno prava osa grede neka bude osa $x$. Ugibe ćemo obeležavati sa $y$. $+x$ desno, $+y$ na dole (sl. 14).

**Ugao nagiba** $\beta$ **tangente na elastičnu liniju** prema osi $x$ je u tehničkoj primeni redovno mali. Prema tome je $\operatorname{tg}\beta \approx \beta$ Nagib $\beta_1 = +dy/+dx$ je pozitivan, $\beta_2 = +dy/-dx$ je negativan.



Sl. 15

Nagib $\beta$ opada na sl. 14 od $O$ ka $B$, tj., pri pomeranju u pozitivnom smeru ose $x$; $d\beta$ je dakle pri pomeranju za $dx$ negativno, pa je $d\beta/dx = -d\,(dy/dx)\,dx = -d^2y/dx^2$ negativno. Tome odgovara promena krivine elastične linije na sl. 14. Ako je $d^2y/dx^2$ negativno (pozitivno) onda je elastična linija posmatrana sa strane na kojoj $y$ opada — konkavna (konveksna. Ova se



Sl. 14. Kriva $OB$ = elast. linija

---

1) C. B a c h: Versuche einer theoretischen Behandlung, Elastizität und Festigkeit, 7 izd., Berlin 1917, Springer, str. 260. — S o n n t a g: Biegung. Schub und Scherung, Berlin 1900, Ernst & Sohn. — M a i l l a r t: Schweiz. Bauztg. 86 (1921). str, 195; 89 (1924), str. 109. — C. W e b e r: ZAM 4 (1924), str. 334; 6 (1926) str. 85. — H u b e r. Bauing. 6 (1925), str. 458. — T r e f f t z, ZAM 15 (1935), sv. 4.

2) Ako trag ravni opterećenja prolazi kroz c e n t a r s m i c a n j a poprečnog preseka, onda se odnosni naponi mogu izračunati po teoriji savijanja za prave štapove. Prim. redakt.

karakteristika nimalo ne menja ako se elastična linija posmatra u desnom sistemu (koordinatni početak u *B*). Prema tome se mogu razlikovati momenti savijanja koji deformišu gredu tako da je njena elastična linija konkavna, odn. konveksna, posmatrano odozgo. O znacima v. niže.

Pri malim nagibima tangente na elastičnu liniju može se za krivinu $1/\varrho$ na str. 140 staviti:

$$1/\varrho = \pm d^2y/dx^2 \; [= \pm y''] \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (11)$$

Sa sl. 15 proizilazi: $\varrho \, d\beta = ds \approx dx \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (12)$

$$x \, d\beta = dy; \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (12a)$$

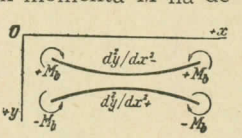
sa sl. 10 $\max \varepsilon/1 = h/2 : \varrho \qquad \max \varepsilon = h/2\varrho \; . \; . \; . \; . \; (13)$

Iz jedn. (13) se dobiva:

$$1/\varrho = M_b/EJ \qquad d^2y/dx^2 = \pm M_b/EJ \; . \; . \; (14)$$

Krivina $1/\varrho$ je proporcionalna momentu savijanja. $EJ$ ($= \varrho$, za $M_b = 1$) pretstavlja meru krutosti grede izložene savijanju; $E$ je modul elastičnosti materijala grede, $J$ odnosni moment inercije njenog poprečnog preseka.

Znak leve strane jedn. (14) je određen geometriski iz toka promene krivine elastične linije, v. gore. Znak momenta $M$ na desnoj strani može se proizvoljno birati. Saglasnost obeju strana u jedn. (14) može se uvek postići zbog dvostrukog znaka. U ovom su odeljku usvojene ove konvencije: Znak izvoda $d^2y/dx^2$, v. gore. Znak momenta savijanja v. str. 792, ili u skladu sa ovim: moment savijanja je pozitivan (negativan) kada gredu savija konveksno (konkavno) (sl. 16). Desna strana dobije usled toga negativan znak.



Sl. 16

$$dy^2dx^2 = -M/J \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (14a)$$

Pri crtanju dijagrama momenta savijanja preporučuje se da se $+M$ nanese naniže, $-M$ naviše.

**Veza između elastične linije, nagiba tangente na elastičnu liniju, dijagrama momenta savijanja, dijagrama transverzalne sile i dijagrama opterećenja.** Ako je data jednačina elastične linije, to se, višestrukim diferencijalenjem po $x$-u, mogu naći po veličini i znaku $M$, $Q$ i $q$. Ako je elastična linija dobivena merenjem ugiba, to se nagib tangente na elastičnu liniju, dijagram momenta savijanja, dijagram transverzalne sile i dijagram opterećenja dobivaju višestrukim grafičkim diferencijalenjem (povlačenjem tangenata).

I obrnut put se može u datim slučajevima primeniti.

**Krivina i maksimalna dilatacija pri savijanju.** Ako se osa pravog štapa savije tako da je poluprečnik krivine $\varrho$, a neutralna osa svakog poprečnog preseka osa simetrije tog preseka; na pr.,

žica opruge pri namotavanju (debljina žica $h$, srednji poluprečnik krivine pri namotavanju $\varrho$), kaiš pri obrtanju oko male ploče, probni štap radi određivanja t. zv. veličine savijanja, to je najveća dilatacija na zategnutoj strani prema jedn. (13):

$$\max \varepsilon = h/2\varrho \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

Ako važi Hooke-ov zakon, veličina normalnog napona je:

$$\sigma_b = E \max \varepsilon.$$

**Nagib i ugib konzole sa pravom osom** (sl. 15). Iz jedn. (12) i (12a) dobiva se na osnovu jedn. (14) nagib tangente na elastičnu liniju na slobodnom kraju $\beta = \int_0^l \frac{M}{EJ}\,dx$, ugib na slobodnom kraju $f = \int_0^l \frac{M}{EJ}\,x\,dx$ [cm]. Ako je $E$ konstantno i ako je štap na čitavoj dužini konstantnog poprečnog preseka, biće:

$$\beta = \frac{1}{EJ}\int_0^l M\,dx = \frac{1}{EJ}\,\mathrm{F} \quad (16), \qquad f = \frac{1}{EJ}\int_0^l M\,x\,dx = \frac{1}{EJ}\,\mathrm{F}\,x_0 \quad (17)$$

Ovde F pretstavlja veličinu površine dijagrama momenta savijanja koja se nalazi nad konzolom a $x_0$ otstojanje njegovog težišta od slobodnog kraja. Nagib $\beta$ tangente na elastičnu liniju na slobodnom kraju konzole konstantnog poprečnog preseka jednak je brojnoj vrednosti površine dijagrama momenta savijanja pomnoženoj sa $1/EJ$. Najveći ugib (strela) $f$ iste konzole jednak je momentu površine dijagrama momenta savijanja u odnosu na slobodan kraj konzole pomnoženom sa $1/EJ$.

U slučaju promenljivog poprečnog preseka nosača treba nad njegovom osom nacrtati umesto dijagrama momenta savijanja dijagram $M/J$ [kg/cm³]. Ako je $\mathrm{F}'$ [kg/cm²] brojna vrednost površine između ovog dijagrama i ose nosača a $\mathrm{F}'x'_0$ [kg/cm] moment površine $\mathrm{F}'$ u odnosu na slobodan kraj nosača biće

nagib tangente na elast. liniju na slobodnom kraju $\beta = \mathrm{F}'/E = \alpha\,\mathrm{F}' \ldots\ldots$ (16a)

najveći ugib (strela) [cm] $f = \mathrm{F}'x_0/E = \alpha\,\mathrm{F}'x_0 \ldots\ldots$ (17a)

rečima slično kao gore. Ovde je $M = M_b$.

**Mohr-ova analogija između elastične linije i lančanice.** Uže zategnuto u horizontalnom pravcu $x$, sa malom strelom nosi proizvoljno podeljeno opterećenje $q$ kg po cm dužine užeta, odn. po cm ose $x$. Horizontalna komponenta sile koja zateže uže $H$ kg je konstantna. Vertikalna komponenta sile zatezanja neka bude $V$ kg ($dV = q\,dx$). Diferencijalna jednačina lančanice (verižne krive); (uslov ravnoteže za jedan njen element), glasi prema str. 378:

$$d^2y/dx^2 = q/H.$$

Upoređenjem sa diferencijalnom jednačinom elastične linije jedn. (14a) $d^2y/dx^2 = -M_b/EJ$ proizilazi·

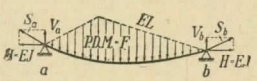
a) Elastična linija grede konstantnog poprečnog preseka može da se shvati kao lančanica čija je površina opterećenja (str. 793) površina dijagrama momenta savijanja ($q = -M_b$) a kod koje je horizontalna komponenta sile zatezanja $H = EJ$. Opterećenju $q$ uženta upravljenom vertikalno naniže odgovara pozitivan moment savijanja koji gredu savija konveksno (str. 799), drugim rečima $+M\,dx$ dejstvuje kao $q\,dx$.

b) Za gredu promenljivog poprečnog preseka elastična linija je lančanica čija je površina opterećenja površina dijagrama $M/J$, a horizontalna komponenta sile zatezanja $H = E$.

Ugibi, nagibi na elastičnu liniju određuju se u jednostavnijim slučajevima računski a u složenijim grafički.

**Računski postupak.** Sl. 17 prikazuje elastičnu liniju prave grede slobodno oslonjene u $a$ i $b$, shvaćene prema Mohr-u kao lančanice; opterećenje je površina dijagrama momenta savijanja [kgcm²], horizontalna komponenta sile zatezanja $H = EJ$ [kgcm²].

Sile zatezanja koje dejstvuju u tačkama $a$ i $b$ užeta, $S_a$ i $S_b$, tangiraju u tim tačkama elastičnu liniju. Vertikalne komponente $V_a$ i $V_b$ ovih sila stoje u ravnoteži sa celokupnim opterećenjem užeta i dobivaju se iz $\Sigma M = 0$ u odnosu na jedan oslonac i uslova $\Sigma V = 0$.



Sl. 17

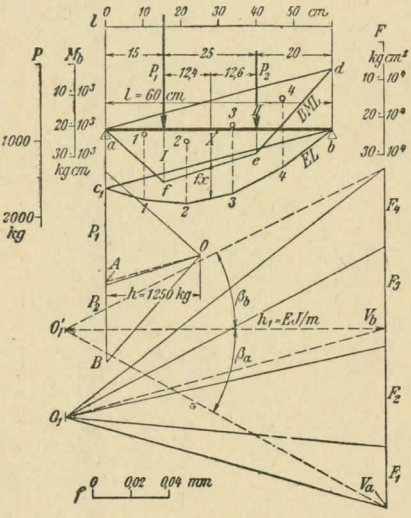
Nagibi $\beta_a$ i $\beta_b$ tangente na elastičnu liniju u tačkama $a$ i b su:

$$\beta_a = V_a/EJ \qquad \beta_b = V_b/EJ. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

Ugib na proizvoljnom mestu se dobiva kada se na mestu na kome se traži ugib Mohr-ova lančanica preseče, nanese sila zatezanja i napiše uslov za ravnotežu momenata svih sila koje dejstvuju na izdvojenom delu užeta. U slučajevima sličnim onom na sl. 11 razlikuje se stvarna vrednost najvećeg ugiba malo od ugiba na sredini grede. U slučaju promenljivog poprečnog preseka postupa se slično, uzimajući u obzir napomenu b) u gornjoj alineji.

**Grafički postupak.** Po Mohr-u se elastična linija dobiva kao lančanica, pri čemu površinu opterećenja užeta pretstavlja površina dijagrama momenta savijanja iznad grede. Momente savijanja treba odrediti računski ili grafički (prema str. 362).

Preporučuje se da se sve razmere crtaju kao skale pored slika. Površinu dijagrama momenta savijanja treba izdeliti dovoljnim brojem ordinata u lamele, odrediti njihove površine $F_1$, $F_2$, . . . i njihova težišta 1, 2, 3. . . . U tim tačkama treba zamisliti da kao »tereti« (u izvesnoj razmeri) dejstvuju »sile« $F_1$, $F_2$, . . ., i za njih konstruisati odnosni verižni poligon, pa povući završnu stranu. Ovo je tangentni poligon na elastičnu liniju i ordinate poligona ispod granice lamela određuju ugibe. Ako je razmera za dužine ose grede $1/n$ a otstojanje pola u planu sila naneto $1/m$ od $EJ$, onda su ugibi prikazani na crtežu $m/n$ puta povećani.



Sl. 18
(smanjeno na ½; tekst odgovara originalu)

**Primeri: α) Greda konstantnog poprečnog preseka.** Greda slobodno oslonjena u tačkama $a$ i $b$, raspona $l = 60$ cm, opterećena je sa $P = 1500$ kg i $P_2 = 1000$ kg prema sl. 18, $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ kg/cm², $J = 210$ cm⁴, $d = 8$ cm $\phi$.

Na sl. 18 izabrana je razmera za dužine $1/n = 1/10$, $a\,b = 6$ cm. Razmerom za sile 1000 kg = 2 cm i otstojanjem pola $h = 2{,}5$ cm $\triangleq$ 1250 kg konstruisan je plan sila i odnosni verižni poligon $a\,f\,e\,d$. Otpori oslonca: $A = 1458$ i $B = 1042$ kg. Momenti savijanja u presecima I i II: $M_I = 1458 \cdot 15 = 21\,900$ kgcm i $M_{II} = 20\,800$ kgcm.

Ordinatama I, X, II su ograničene četiri lamele. Njihova težišta su 1, 2, 3, 4, a brojne vrednosti površina:

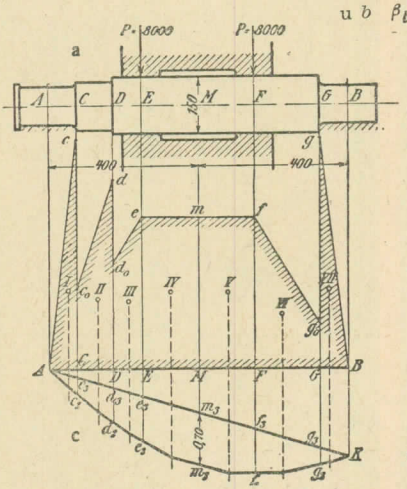
$F_1 = {}^1/_2 \cdot 21\,000 \cdot 15 = 164\,000$ kgcm², $F_3 = 21\,000 \cdot 12{,}5 = 260\,000$ kgcm²
$F_2 = 21\,600 \cdot 12{,}4 = 266\,000$ kgcm², $F_4 = {}^1/_2 \cdot 20\,800 \cdot 20 = 208\,000$ kgcm²
$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 904\,000$ kgcm².

U planu sila je naneto: 10 000 kgcm² = 1 mm, a otstojanje pola $h_1 = 1/m$ od $EJ = 1/500$ od $2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 210 = 844\,000$ kgcm² = 84,4 mm; »tereti« $F_1 = 16{,}4$; $F_2 = 26{,}4$; $F_3 = 27$; $F_4 = 20{,}8$ mm. Sa tim je konstruisan verižni poligon $c_1\,1\,2\,3\,4\,b$ sa završnom stranom. Njegove ordinate, ugibi, povećane su $m/n = 500/10 = 50$ puta. Dakle, ugib kod X:

$$f_X = (1/50) \cdot 1 \text{ cm} = 0{,}02 \text{ cm}.$$

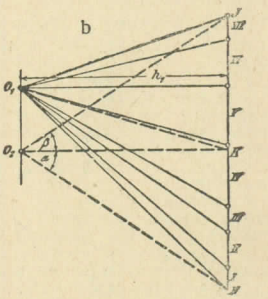
Nagib tangente na elastičnu liniju (uporedi plan sila sa polom $O_1'$, tj. horizontalnom završnom stranom) je:

u $a$ $\beta_a = V_a/EJ = (47 \cdot 10^4)/(422 \cdot 10^6) = 0{,}111\,^0/_0$,
u $b$ $\beta_b = V_b/EJ = (42 \cdot 10^4)/(422 \cdot 10^6) \approx 0{,}1\,^0/_0$.




Sl. 19a do c

**β) Greda promenljivog poprečnog preseka.** Osovina slobodno oslonjena u ležištima $A$ i $B$ (sl. 19), od čelika $E = 2{,}2 \cdot 10^6$ kg/cm², opterećena je u $E$ i $F$ sa $P = 8000$ kg. Traži se ugib u $M$ i nagib tangente na elastičnu liniju u $A$ i $B$.




Zbog simetrije su otpor: $A = B = 8000$ kg, a momenti savijanja u $E$ i $F$: $M_E = 8000 \cdot 25 = 200\,000$ kgcm $= M_F$. Vrednosti potrebne radi primene stava b), str. 801, složene su u tablici 4.

Tablica 4. Vrednosti za razne poprečne preseke grede

| Poprečni presek | Presek | $J$ | $M$ | $M/J$ | $\sigma_b$ | Lamela | Srednja ordinata | Visina | Površina |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | cm | cm⁴ | kgcm | kg/cm³ | kg/cm² | | kg/cm³ | cm | kg/cm² |
| *A* | 10 | 491 | 0 | 0 | | | | | |
| *C* | 10 | 491 | 60 000 | 122,1 | 611 | I | 61,05 | 7,5 | 457,9 |
| | 13 | 1402 | | 42,8 | | II | 71,4 | 10,0 | 714,0 |
| *D* | 13 | 1402 | 140 000 | 100,0 | 650 | | | | |
| | 15 | 2485 | | 56,3 | | III | 68,4 | 7,5 | 513,0 |
| *E* | 15 | 2485 | 200 000 | 80,5 | 604 | IV | 80,5 | 15,0 | 1207,5 |
| *M* | 15 | 2485 | 200 000 | 80,5 | 604 | V | 80,5 | 15,0 | 1207,5 |
| *F* | 15 | 2485 | 200 000 | 80,5 | 604 | | | | |
| *G* | 15 | 2485 | 60 000 | 24,1 | | VI | 52,3 | 17,5 | 915,3 |
| | 10 | 491 | | 122,1 | 611 | VII | 61,05 | 7,5 | 457,9 |
| *B* | 10 | 491 | 0 | 0 | | | | | |

Razmera za dužine je $1/n = 1/20$. $AB = 40$ mm. Vrednosti $M/J$ nanete su na odgovarajuća mesta osovine kao ordinate; površina dijagrama $M/J$ izdeljena je u lamele I do VII i određena njihova težišta u kojima napadaju »sile« čija je brojna veličina jednaka veličini površina lamela (kg/cm²). 1500 kg/cm² = 1 cm. Sa tim je konstruisan plan sila i odnosni verižni poligon. $E = 2{,}2 \cdot 10^6$ kg/cm² dalo bi otstojanje pola 2 200 000/1 500 = = 1468 cm; naneto je 1/533 od 1468 = 2,75 cm tako da je $1/m = 1/533$. Ordinate lančanice se dobivaju povećane $m/n = 533/20 = 26{,}65$ puta. Ugib u preseku $M$: $m_3 m_2 = 0{,}7$ cm, $f_M = 0{,}7/26{,}65 = 0{,}0262$ cm.

Nagib tangente na elastičnu liniju u tačkama $A$ i $B$. Iz plana sila sa horizontalnom završnom stranom je

$$\beta_A = 2850/2\,200\,000 = 0{,}13\%, \qquad \beta_B = 2670/2\,200\,000 = 0{,}121\%.$$

### d) Deformacioni rad normalnih napona pri savijanju

Ako se dva poprečna preseka grede na otstojanju $dx$ usled savijanja relativno obrnu za ugao $d\beta$, onda je rad spregova $M$, na koje se redukuju normalni naponi u tim poprečnim presecima pri ovom obrtanju, $dA = {}^1/_2 \cdot M\,d\beta$. Prema tome je ukupan rad pri savijanju, potencijalna energija savijene grede, uzimajući u obzir jedn. (14) i (11).

$$A = \frac{1}{2}\int_0^l \frac{M^2}{EJ}\,dx = \frac{1}{2}EJ\int_0^l \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2 dx. \quad \ldots \quad (19)$$

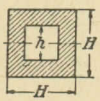
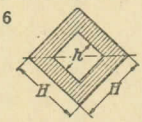
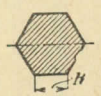
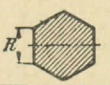
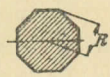
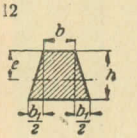
### e) Ekvatorijalni momenti inercije i otporni momenti uobičajenih poprečnih preseka greda

Definicije i opšti stavovi o momentima inercije v. str. 391 i dalje, grafičko određivanje momenata inercije v. str. 396 i dalje.

Momenti inercije i otporni momenti nemačkih normalnih profila dati su u odeljku 6, »Poznavanje materijala«. Momenti inercije poprečnih preseka limenih nosača v. III knj., odeljak »Mostogradnja«. Momenti inercije i otporni momenti željezničkih šina sa širokom nožicom v. III knj., odeljak »Željeznice«.

## Tablica 5. Ekvatorijalni momenti inercije i otporni momenti različitih poprečnih preseka

$J$ — moment inercije [cm⁴], $W$ — otporni moment [cm³], $\min i = \sqrt{\min J/F}$ — najmanji poluprečnik inercije

| | | |
|---|---|---|
| 1 [1] | | $J = b\,h^3/12$<br>$W = b\,h^2/6$<br>$\min i = 0{,}289\,b$ |
| 2 [1] | | $J = h^4/12$<br>$W = h^3/6$<br>$\min i = 0{,}289\,h$ |
| 3 [2] | | $J = h^4/12$<br>$W = \sqrt{2}\,h^3/12$<br>$= 0{,}118\,h^3$<br>$\min i = 0{,}289\,h$ |
| 4 | | $J = b\,(H^3 - h^3)/12$<br>$W = b\,(H^3 - h^3)/6\,H$ |
| 5 |  | $J = (H^4 - h^4)/12$<br>$W = (H^4 - h^4)/6\,H$<br>$\min i = 0{,}289\,\sqrt{H^2 + h^2}$ |
| 6 |  | $J = (H^4 - h^4)/12$<br>$W = \sqrt{2}\,(H^4 - h^4)/12\,H$<br>$\min i = 0{,}289\,\sqrt{H^2 + h^2}$ |
| 7 | | $J = b\,h^3/36$<br>$e = 2\,h/3$<br>$W = J/e = b\,h^2/24$<br>$i = 0{,}236\,h$ |
| 8 |  | $J = 5\sqrt{3}\,R^4/16 = 0{,}541\,R^4$<br>$= 0{,}06\,d^4$ [3]<br>$W = 0{,}625\,R^3 = 0{,}12\,d^3$ [4]<br>$\min i = 0{,}262\,d$ |
| 9 |  | $J = 5\sqrt{3}\,R^4$<br>$= 0{,}541\,R^4 = 0{,}06\,d^4$<br>$W = 0{,}541\,R^3$<br>$\min i = 0{,}456\,R = 0{,}262\,d$ |
| 10 |  | $J = (1 + 2\sqrt{2})\,R^4/6$<br>$= 0{,}638\,R^4 = 0{,}0547\,d^4$ [4]<br>$W = 0{,}6906\,R^3 = 0{,}1095\,d^3$<br>$\min i = 0{,}257\,d$ |
| 11<br>**Pravilan *n*-to ugaonik**<br>$\varphi = 180^0/n$,<br>$a$ — strana,<br>$R$ — poluprečnik opisanog kruga<br>$r = d/2$ — poluprečnik upisanog kruga<br>$F$ — površina | | $J = F\,(6\,R^2 - a^2)/24$<br>$= F\,(12\,r^2 + a^2)/48$<br>$i = d\,\sqrt{(3 + \operatorname{tg}^2\varphi)/48}$ |
| 12 |  | $J = \dfrac{6\,b^2 + 6\,b\,b_1 + b_1^2}{2\,b + b_1} \cdot \dfrac{h^3}{36}$<br>$e = \dfrac{3\,b + 2\,b_1}{2\,b + b_1} \cdot \dfrac{h}{3}$<br>$W_b = J/e$;<br>$W_{b_1} = J/(h - e)$ |

[1] Iscrpne tablice v. str. 810 i dalje.

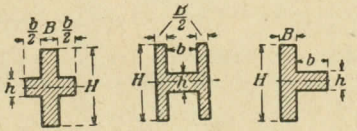
[2] $W$ je veće kada se gornji i donji vrhovi horizontalno saseku; obostrano skraćenje dijagonale za $^1/_{18}$ daje max $W = 0{,}1242\ h^3$.

[3] $R$ je poluprečnik opisanog kruga, $r = d/2$ poluprečnik upisanog kruga.

[4] U odnosu na dijagonalu je $W = 0{,}6381\,R^3 = 0{,}8087\,r^3 = 0{,}1011\,d^3$.

## Tablica 5. Ekvatorijalni momenti inercije i otporni momenti različitih poprečnih preseka (nastavak)

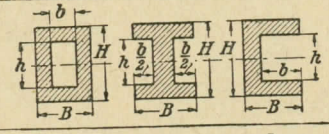
13



$$J = \frac{BH^3 + b\,h^3}{12}$$

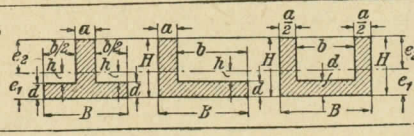
$$W = \frac{BH^3 + b\,h^3}{6\,H}$$

14



$$J = \frac{BH^3 - b\,h^3}{12} \qquad W = \frac{BH^3 - b\,h^3}{6\,H}$$

15

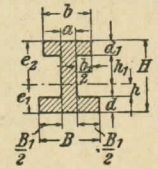


$$J = 1/3 \cdot (B\,e_1^3 - b\,h^3 + a\,e_2^3)$$

$$e_1 = \frac{1}{2}\,\frac{a\,H^2 + b\,d^2}{a\,H + b\,d}$$

$$e_2 = H - e_1$$

16



$$J = 1/3 \cdot (B\,e_1^3 - B_1\,h^3 + b\,e_2^3 - b_1\,h_1^3)$$

$$e_1 = \frac{1}{2}\,\frac{a\,H^2 + B_1\,d^2 + b_1\,d_1\,(2\,H - d_1)}{a\,H + B_1\,d + b_1\,d_1}$$

$$e_2 = H - e_1$$

17 [1])

$$J = \pi\,d^4/64 = \pi\,r^4/4 = 0{,}0491\,d^4 = 0{,}785\,r^4 = F\,r^2/4 = F\,i^2$$

$$i = r/2$$

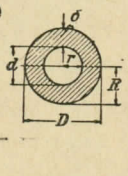
$$J \approx 0{,}05\,d^4$$

$$W = \pi\,d^3/32 = \pi\,r^3/4 = 0{,}0982\,d^3 = 0{,}785\,r^3 = F\,r/4 = F\,e_K$$

$e_K = r/4$ (otstojanje tačke na konturi jezgra)

$$W \approx 0{,}1\,d^3$$

18 [2])



$d_m = (D + d)/2$

$\delta = (D - d)/2$

$$J = \pi\,(D^4 - d^4)/64 = \pi\,(R^4 - r^4)/4 = F\,(R^2 + r^2)/4 \approx 0{,}05\,(D^4 - d^4)$$

$$W = \pi\,(D^4 - d^4)/32\,D = \pi\,(R^4 - r^4)/4\,R$$

$$W \approx 0{,}8\,d_m^2\,\delta,$$

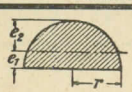
kada je $\delta/d_m$ vrlo malo

Dalje formule v. str. 809.

[1]) Iscrpnu tablicu v. str. 807. — [2]) Iscrpnu tablicu v. str. 808.

## Tablica 5. Ekvatorijalni momenti inercije i otporni momenti različitih poprečnih preseka (nastavak)

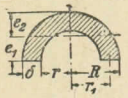
19



$J = (\pi/8 - 8/9\pi)\, r^4$
$= 0{,}1098\, r^4$

$W_2 = 0{,}1908\, r^3$
$W_1 = 0{,}2587\, r^3$
$e_1 = 0{,}4244\, r$

20



$J = 0{,}1098\,(R^4 - r^4) - 0{,}283\, R^2 r^2 (R - r)/(R + r)$
$J \approx 0{,}3\, \delta\, r_1^3$, kada je $\delta/r_1$ vrlo malo

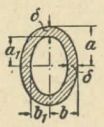
$e_1 = 4(R^2 + Rr + r^2)/3\pi(R + r)$
$e_2 = R - e_1$

21

$J = \pi\, a^3\, b/4 = 0{,}7854\, a^3\, b$

$W = \pi\, a^2\, b/4 = 0{,}7854\, a^2\, b$

22

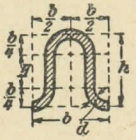


$J = \pi\,(a^3 b - a_1^3 b_1)/4$,
$\approx \pi\, a^2 (a + 3b)\, \delta/4$

$W \approx \pi\, a\,(a + 3b)\, \delta/4$

$J$ i $W$ se odnose na osu 2 b
Približne formule kada je $\delta : b_1$ malo

23



Talasasti lim
(v. 6. od., XX, tabl. 15)
(talasi su kružni lukovi)

$F$, $J$ i $W$ za 1 m širine:

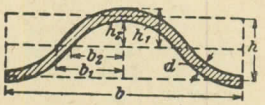
$$F = d\,\frac{1}{b}\left(\pi\,\frac{b}{2} + 2H\right) \cdot (100\ \text{cm})$$

$$J = d\,\frac{1}{b}\left(\frac{\pi\, b^3}{16} + b^2 H + \frac{\pi\, b H^2}{2} + \frac{2}{3} H^3\right) \cdot (25\ \text{cm}),$$

gde je $H = h - b/2$

$W = 2\,J/(h + d)$

24



Talasni lim
(Srednja linija sastavljena je od paraboličnih lukova)
$d << h$

$F$, $J$ i $W$ za 1 m širine:

$$F = d\left\{\sqrt{1 + c^2} + 1/c \cdot \ln\left(c + \sqrt{1 + c^2}\right)\right\} \cdot (50\ \text{cm})$$
$$\approx d\,[1 + c^2/6 + c^4/40] \cdot (100\ \text{cm})$$

$$J = d\,h^2\left\{\left(\frac{1}{6} - \frac{5}{24\,c^2} - \frac{1}{16\,c^4}\right)\sqrt{1 + c^2} + \frac{1}{c}\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4\,c^2} + \frac{1}{16\,c^4}\right) \cdot \ln\left(c + \sqrt{1 + c^2}\right)\right\} \cdot (25\ \text{cm})$$
$$\approx \frac{8}{15}\, d\, h^2\left|1 + \frac{1}{14}\, c^2 - \frac{1}{168}\, c^4\right| \cdot (25\ \text{cm})$$

$c = 4\,h/b$; približne formule za $F$ i $J$ pri $c < 1$
$W = 2\,J/(h + d)$.
(v. 6. od., XX, tabl. 15)

25. **Željezničke šine** uobičajenih odnosa dimenzija poprečnog preseka imaju približno:
$J = 0{,}032\, h^4$, $W = 0{,}064\, h^3$, $F = 0{,}238\, h^2$, $g = 0{,}187\, h^2 = 0{,}768\, F$.

26. **Nemački valjani normalni profili** (približne formule)[1]):
I $W_x = (h + 2)^3/51$ cm$^3$ ; [ $W_x \approx (h + 5)^3/81$ cm$^3$; $h$ = visina profila u cm.

[1]) D. Bauztg. 52 (1918), Mitt. Nr. 23, str. 144 — Vidi i odeljak Poznavanje materijala, XX, tabl. 6 i 7.

## Tablica 6. Kružni poprečni presek

$J = \pi d^4/64$ (ekvatorijalni moment inercije), $W = \pi d^3/32$ (otporni moment), $i = d/4$ (poluprečnik inercije)

| d | J | W | d | J | W | d | J | W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ |
| 1 | 0,0491 | 0,0982 | 51 | 332 086 | 13 023 | 101 | 5 108 055 | 101 150 |
| 2 | 0,7854 | 0,7854 | 52 | 358 908 | 13 804 | 102 | 5 313 378 | 104 184 |
| 3 | 3,976 | 2,651 | 53 | 387 323 | 14 616 | 103 | 5 524 830 | 107 278 |
| 4 | 12,57 | 6,283 | 54 | 417 393 | 15 459 | 104 | 5 742 532 | 110 433 |
| 5 | 30,68 | 12,27 | 55 | 449 180 | 16 334 | 105 | 5 966 604 | 113 650 |
| 6 | 63,62 | 21,21 | 56 | 482 750 | 17 241 | 106 | 6 197 171 | 116 928 |
| 7 | 117,9 | 33,67 | 57 | 518 166 | 18 181 | 107 | 6 434 357 | 120 268 |
| 8 | 201,1 | 50,27 | 58 | 555 497 | 19 155 | 108 | 6 678 287 | 123 672 |
| 9 | 322,1 | 71,57 | 59 | 594 810 | 20 163 | 109 | 6 929 087 | 127 139 |
| **10** | 490,9 | 98,17 | **60** | 636 172 | 21 206 | **110** | 7 186 886 | 130 671 |
| 11 | 718,7 | 130,7 | 61 | 679 651 | 22 284 | 111 | 7 451 813 | 134 267 |
| 12 | 1 018 | 169,6 | 62 | 725 332 | 23 398 | 112 | 7 723 997 | 137 929 |
| 13 | 1 402 | 215,7 | 63 | 773 272 | 24 548 | 113 | 8 003 571 | 141 656 |
| 14 | 1 886 | 269,4 | 64 | 823 550 | 25 736 | 114 | 8 290 666 | 145 450 |
| 15 | 2 485 | 331,3 | 65 | 876 240 | 26 961 | 115 | 8 585 417 | 149 312 |
| 16 | 3 217 | 402,1 | 66 | 931 420 | 28 225 | 116 | 8 887 958 | 153 241 |
| 17 | 4 100 | 482,3 | 67 | 989 166 | 29 527 | 117 | 9 198 425 | 157 238 |
| 18 | 5 153 | 572,6 | 68 | 1 049 556 | 30 869 | 118 | 9 516 956 | 161 304 |
| 19 | 6 397 | 673,4 | 69 | 1 112 660 | 32 251 | 119 | 9 843 689 | 165 440 |
| **20** | 7 854 | 785,4 | **70** | 1 178 588 | 33 674 | **120** | 10 178 763 | 169 646 |
| 21 | 9 547 | 909,2 | 71 | 1 247 393 | 35 138 | 121 | 10 522 320 | 173 923 |
| 22 | 11 499 | 1 045 | 72 | 1 319 167 | 36 644 | 122 | 10 874 501 | 178 271 |
| 23 | 13 737 | 1 194 | 73 | 1 393 995 | 38 192 | 123 | 11 235 450 | 182 690 |
| 24 | 16 286 | 1 357 | 74 | 1 471 963 | 39 783 | 124 | 11 605 311 | 187 182 |
| 25 | 19 175 | 1 534 | 75 | 1 553 156 | 41 417 | 125 | 11 984 229 | 191 748 |
| 26 | 22 432 | 1 726 | 76 | 1 637 662 | 43 096 | 126 | 12 372 350 | 196 387 |
| 27 | 26 087 | 1 932 | 77 | 1 725 571 | 44 820 | 127 | 12 769 824 | 201 100 |
| 28 | 30 172 | 2 155 | 78 | 1 816 972 | 46 589 | 128 | 13 176 799 | 205 887 |
| 29 | 34 719 | 2 394 | 79 | 1 911 967 | 48 404 | 129 | 13 593 424 | 210 751 |
| **30** | 39 761 | 2 651 | **80** | 2 010 619 | 50 265 | **130** | 14 019 852 | 215 690 |
| 31 | 45 333 | 2 925 | 81 | 2 113 051 | 52 174 | 131 | 14 456 235 | 220 706 |
| 32 | 51 472 | 3 217 | 82 | 2 219 317 | 54 130 | 132 | 14 902 727 | 225 799 |
| 33 | 58 214 | 3 528 | 83 | 2 329 605 | 56 135 | 133 | 15 359 483 | 230 970 |
| 34 | 65 597 | 3 859 | 84 | 2 443 920 | 58 189 | 134 | 15 826 658 | 236 219 |
| 35 | 73 662 | 4 209 | 85 | 2 562 392 | 60 292 | 135 | 16 304 411 | 241 547 |
| 36 | 82 448 | 4 580 | 86 | 2 685 120 | 62 445 | 136 | 16 792 899 | 246 954 |
| 37 | 91 998 | 4 973 | 87 | 2 812 205 | 64 648 | 137 | 17 292 282 | 252 442 |
| 38 | 102 354 | 5 387 | 88 | 2 943 748 | 66 903 | 138 | 17 802 721 | 258 010 |
| 39 | 113 561 | 5 824 | 89 | 3 079 853 | 69 210 | 139 | 18 324 378 | 263 660 |
| **40** | 125 664 | 6 283 | **90** | 3 220 623 | 71 569 | **140** | 18 857 416 | 269 392 |
| 41 | 138 709 | 6 766 | 91 | 3 366 165 | 73 982 | 141 | 19 401 999 | 275 206 |
| 42 | 152 745 | 7 274 | 92 | 3 516 586 | 76 448 | 142 | 19 958 294 | 281 103 |
| 43 | 167 820 | 7 806 | 93 | 3 671 992 | 78 968 | 143 | 20 526 466 | 287 083 |
| 44 | 183 984 | 8 363 | 94 | 3 832 492 | 81 542 | 144 | 21 106 684 | 293 148 |
| 45 | 201 289 | 8 946 | 95 | 3 998 198 | 84 173 | 145 | 21 699 116 | 299 298 |
| 46 | 219 787 | 9 556 | 96 | 4 169 220 | 86 859 | 146 | 22 303 933 | 305 533 |
| 47 | 239 531 | 10 193 | 97 | 4 345 671 | 89 601 | 147 | 22 921 307 | 311 855 |
| 48 | 260 576 | 10 857 | 98 | 4 527 664 | 92 401 | 148 | 23 551 409 | 318 262 |
| 49 | 282 979 | 11 550 | 99 | 4 715 315 | 95 259 | 149 | 24 194 414 | 324 757 |
| **50** | 306 796 | 12 272 | **100** | 4 908 738 | 98 175 | **150** | 24 850 496 | 331 340 |

## Tablica 7. Prstenasti poprečni presek

$F$ — poprečni presek, $J$ — ekvatorijalni moment inercije, $W$ — otporni moment

Težina $G$ (u kg/m) se odnosi na glatke cevi od livenog gvožđa (stubove); 1 m³ livenog gvožđa teži 7250 kg. Za čelik treba vrednosti za $G$ pomnožiti sa 1,083

| $D$ mm | $\delta$ mm | $F$ cm² | $J$ cm⁴ | $W$ cm³ | $G$ kg/m | $D$ mm | $\delta$ mm | $F$ cm² | $J$ cm⁴ | $W$ cm³ | $G$ kg/m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 10 | 22,0 | 137 | 34,2 | 16,0 | 160 | 20 | 88,0 | 2200 | 275 | 63,8 |
| | 12 | 25,6 | 153 | 38,2 | 18,6 | | 22 | 95,4 | 2329 | 291 | 69,2 |
| | 14 | 29,0 | 165 | 41,2 | 21,0 | | 24 | 103 | 2445 | 306 | 74,3 |
| 90 | 10 | 25,1 | 204 | 45,3 | 18,2 | 170 | 14 | 68,6 | 2101 | 244 | 49,7 |
| | 12 | 29,4 | 229 | 50,9 | 21.3 | | 16 | 77,4 | 2320 | 273 | 56,1 |
| | 14 | 33,4 | 250 | 55,6 | 24,2 | | 18 | 85,9 | 2517 | 296 | 62,4 |
| | 16 | 37,2 | 267 | 59,3 | 27,0 | | 20 | 94,3 | 2699 | 318 | 68,3 |
| | | | | | | | 22 | 102 | 2863 | 337 | 74,2 |
| 100 | 10 | 28,3 | 291 | 58,2 | 20,5 | | 24 | 110 | 3013 | 354 | 79,8 |
| | 12 | 33,2 | 327 | 65,4 | 24,1 | | | | | | |
| | 14 | 37,8 | 359 | 71,8 | 27,4 | 180 | 14 | 73,0 | 2534 | 282 | 52,9 |
| | 16 | 42,2 | 385 | 77,0 | 30,6 | | 16 | 82,4 | 2798 | 311 | 59,7 |
| | 18 | 46,4 | 409 | 81,8 | 33,6 | | 18 | 91,6 | 3042 | 338 | 66,4 |
| | | | | | | | 20 | 101 | 3268 | 363 | 72,9 |
| 110 | 10 | 31,4 | 397 | 72,2 | 22,8 | | 22 | 109 | 3475 | 386 | 79,2 |
| | 12 | 36,9 | 450 | 81,8 | 26,8 | | 24 | 118 | 3663 | 407 | 85,3 |
| | 14 | 42,2 | 497 | 90,4 | 30.6 | | | | | | |
| | 16 | 47,3 | 537 | 97,6 | 34,2 | | | | | | |
| | 18 | 52,0 | 572 | 104 | 37,7 | 190 | 14 | 77,4 | 3017 | 318 | 56,1 |
| | | | | | | | 16 | 87,5 | 3338 | 351 | 63,4 |
| 120 | 10 | 34,6 | 527 | 87,8 | 25,1 | | 18 | 97,3 | 3636 | 383 | 70,5 |
| | 12 | 40,7 | 601 | 100 | 29,5 | | 20 | 107 | 3914 | 413 | 77,4 |
| | 14 | 46,6 | 666 | 111 | 33,8 | | 22 | 116 | 4168 | 439 | 84,2 |
| | 16 | 52,3 | 724 | 121 | 37,9 | | 24 | 125 | 4401 | 463 | 90,8 |
| | 18 | 57,7 | 773 | 129 | 41,8 | | | | | | |
| | 20 | 62,8 | 817 | 136 | 45,5 | | 16 | 92,5 | 3944 | 394 | 67,1 |
| | | | | | | | 18 | 103 | 4303 | 430 | 74,6 |
| 130 | 10 | 37,7 | 683 | 105 | 27,3 | | 20 | 113 | 4638 | 464 | 82,0 |
| | 12 | 44,5 | 782 | 120 | 32,3 | 200 | 22 | 123 | 4948 | 495 | 89,2 |
| | 14 | 51,0 | 871 | 134 | 37,0 | | 24 | 133 | 5231 | 523 | 96,2 |
| | 16 | 57.3 | 949 | 146 | 41,5 | | 26 | 142 | 5499 | 550 | 103,0 |
| | 18 | 62,3 | 1019 | 157 | 45,9 | | 28 | 151 | 5743 | 574 | 109,7 |
| | 20 | 69,1 | 1080 | 166 | 50,1 | | 30 | 160 | 5968 | 597 | 116,1 |
| 140 | 12 | 48,3 | 997 | 142 | 35,0 | 210 | 16 | 97,5 | 4619 | 440 | 70,7 |
| | 14 | 55,4 | 1114 | 159 | 40,2 | | 18 | 109 | 5047 | 481 | 78,7 |
| | 16 | 62,3 | 1218 | 174 | 45,2 | | 20 | 119 | 5448 | 519 | 86,6 |
| | 18 | 68,9 | 1311 | 187 | 50,0 | | 22 | 130 | 5819 | 554 | 94,2 |
| | 20 | 75,4 | 1395 | 199 | 54,7 | | 24 | 140 | 6166 | 587 | 101,6 |
| | | | | | | | 26 | 150 | 6488 | 618 | 109,0 |
| 150 | 12 | 52,0 | 1248 | 166 | 37,7 | | 28 | 160 | 6786 | 646 | 116,1 |
| | 14 | 59,8 | 1397 | 186 | 43.4 | | 30 | 170 | 7062 | 673 | 123,0 |
| | 16 | 67.4 | 1534 | 205 | 48,9 | | | | | | |
| | 18 | 74,7 | 1656 | 221 | 54,1 | 220 | 16 | 103 | 5342 | 486 | 74,3 |
| | 20 | 81,7 | 1766 | 235 | 59,2 | | 18 | 114 | 5873 | 534 | 82,8 |
| | 22 | 88,6 | 1866 | 249 | 64,2 | | 20 | 126 | 6346 | 577 | 91,1 |
| | 24 | 95,0 | 1955 | 261 | 68,9 | | 22 | 137 | 6791 | 617 | 99,2 |
| | | | | | | | 24 | 148 | 7203 | 655 | 107,2 |
| 160 | 14 | 64,2 | 1727 | 216 | 46,5 | | 26 | 158 | 7589 | 690 | 114,9 |
| | 16 | 72,4 | 1899 | 237 | 52,5 | | 28 | 169 | 7949 | 723 | 122,5 |
| | 18 | 80,3 | 2056 | 257 | 58,2 | | 30 | 179 | 8282 | 753 | 129,8 |

## Tablica 7. Prstenasti poprečni presek (nastavak)

| D mm | δ mm | F cm² | J cm⁴ | W cm³ | G kg/m | D mm | δ mm | F cm² | J cm⁴ | W cm³ | G kg/m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 230 | 16 | 109 | 6 207 | 540 | 78,0 | 300 | 20 | 176 | 17 330 | 1155 | 127,5 |
| | 18 | 120 | 6 787 | 590 | 86,9 | | 24 | 208 | 19 966 | 1331 | 150,9 |
| | 20 | 132 | 7 341 | 638 | 95,6 | | 28 | 239 | 22 363 | 1491 | 173,5 |
| | 22 | 144 | 7 862 | 684 | 104,3 | | 32 | 269 | 24 535 | 1636 | 195,3 |
| | 24 | 155 | 8 351 | 726 | 112,6 | | 36 | 299 | 26 479 | 1765 | 216,5 |
| | 26 | 167 | 8 809 | 766 | 120,8 | | 40 | 327 | 28 262 | 1884 | 236,9 |
| | 28 | 178 | 9 238 | 803 | 128,8 | | | | | | |
| | 30 | 189 | 9 637 | 838 | 136,7 | 320 | 20 | 188 | 21 302 | 1331 | 136,7 |
| | | | | | | | 24 | 223 | 24 558 | 1535 | 161,8 |
| 240 | 18 | 126 | 7 785 | 649 | 91,0 | | 28 | 257 | 27 580 | 1724 | 186,3 |
| | 20 | 138 | 8 434 | 703 | 100,2 | | 32 | 290 | 30 390 | 1900 | 209,9 |
| | 22 | 151 | 9 042 | 753 | 109,3 | | 36 | 321 | 32 905 | 2057 | 232,9 |
| | 24 | 163 | 9 546 | 796 | 118,1 | | 40 | 352 | 35 186 | 2199 | 255,1 |
| | 26 | 175 | 10 154 | 846 | 126,7 | | | | | | |
| | 28 | 186 | 10 659 | 888 | 135,2 | 340 | 20 | 201 | 25 838 | 1520 | 145,3 |
| | 30 | 198 | 11 133 | 928 | 143,5 | | 24 | 239 | 29 912 | 1759 | 172,8 |
| | | | | | | | 28 | 274 | 33 665 | 1980 | 198,9 |
| 250 | 18 | 131 | 8 880 | 710 | 95,1 | | 32 | 310 | 37 115 | 2183 | 224,5 |
| | 22 | 158 | 10 334 | 827 | 114,3 | | 36 | 344 | 40 277 | 2369 | 249,3 |
| | 26 | 183 | 11 633 | 931 | 132,7 | | 40 | 377 | 43 165 | 2539 | 273,3 |
| | 30 | 207 | 12 778 | 1022 | 150,3 | | | | | | |
| | 34 | 231 | 13 790 | 1103 | 167,3 | 360 | 20 | 214 | 30 977 | 1721 | 154,9 |
| | | | | | | | 24 | 253 | 35 935 | 1996 | 183,6 |
| 260 | 18 | 137 | 10 073 | 775 | 99,2 | | 28 | 292 | 40 526 | 2251 | 211,7 |
| | 22 | 164 | 11 746 | 904 | 119,3 | | 32 | 330 | 44 773 | 2487 | 239,0 |
| | 26 | 191 | 13 243 | 1019 | 138,5 | | 36 | 366 | 48 680 | 2704 | 265,6 |
| | 30 | 217 | 14 577 | 1121 | 157,2 | | 40 | 402 | 52 276 | 2904 | 291,5 |
| | 34 | 241 | 15 691 | 1207 | 175,0 | | 44 | 437 | 55 582 | 3088 | 316,7 |
| | | | | | | | | | | | |
| 270 | 18 | 143 | 11 369 | 842 | 103,3 | 380 | 20 | 226 | 36 756 | 1935 | 164,0 |
| | 22 | 171 | 13 286 | 984 | 124,3 | | 24 | 270 | 42 718 | 2248 | 194,6 |
| | 26 | 199 | 15 000 | 1111 | 144,5 | | 28 | 308 | 48 262 | 2540 | 224,5 |
| | 30 | 226 | 16 539 | 1225 | 164,0 | | 32 | 346 | 53 400 | 2811 | 253,6 |
| | 34 | 252 | 17 914 | 1327 | 182,8 | | 36 | 383 | 58 379 | 3073 | 282,1 |
| | | | | | | | 40 | 418 | 62 593 | 3294 | 309,3 |
| 280 | 18 | 148 | 12 774 | 912 | 107,4 | | 44 | 453 | 66 671 | 3509 | 336,8 |
| | 22 | 178 | 14 947 | 1068 | 129,3 | | | | | | |
| | 26 | 207 | 16 909 | 1208 | 150,4 | 400 | 20 | 239 | 43 210 | 2160 | 173,1 |
| | 30 | 236 | 18 674 | 1334 | 170,8 | | 24 | 284 | 50 304 | 2515 | 205,5 |
| | 34 | 263 | 20 257 | 1447 | 190,5 | | 28 | 336 | 56 927 | 2846 | 237,2 |
| | | | | | | | 32 | 370 | 63 103 | 3156 | 268,3 |
| 290 | 18 | 154 | 14 289 | 986 | 111,5 | | 36 | 412 | 68 852 | 3443 | 298,5 |
| | 22 | 185 | 16 743 | 1155 | 134,3 | | 40 | 452 | 74 194 | 3710 | 327,7 |
| | 26 | 216 | 18 970 | 1308 | 156,3 | | 44 | 492 | 79 154 | 3958 | 356,8 |
| | 30 | 245 | 20 983 | 1447 | 177,6 | | 48 | 531 | 83 744 | 4187 | 384,6 |
| | 34 | 273 | 22 798 | 1573 | 198,2 | | | | | | |

Obrasce za prstenasti poprečni presek $D$, $d$, $n = d/D$ (v. str. 230 i 805).

Poluprečnik inercije $i = \sqrt{J/F} = D\sqrt{1+n^2}/4$,

Otstojanje tačke konture jezgra $e_k = W/F = D\,(1+n^2)/8$.

Koeficijent poprečnog preseka za izvijanje (str. 872)

$$k = F^2/J = 4\,\pi\,(1-x^2)/(1+x^2),$$

isto za torziju (str. 836)

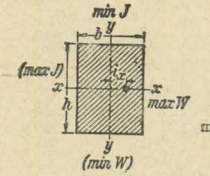
$$2\,\eta_4 = W_t^2/J_t F = (1+n^2)/2.$$

Polarni $J = 2 \cdot$ ekvatorijalni $J$,

Polarni $W = 2 \cdot$ ekvatorijalni $W$.

## Tablica 8. Pravougaoni i kvadratni poprečni presek ukoliko je propisan po DIN-u 4070 za građevinsko drvo

Poluprečnik inercije min $i = i_x = 0{,}189\ b$




$\min J = b^3 h/12.$

$\max W = b\,h^2/6.$

Primedba. max $J = b\,h^3/12$ dobiva se iz max W datog u tablici množenja sa $h/2$; min $W_y = b^2 h/6$ dobiva se iz min J datog u tablici delenjem sa $b/2$.

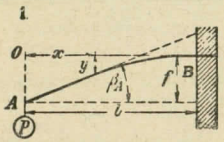
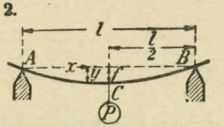
| | Poprečni presek $b/h$ cm/cm | $F$ cm² | $W_x = \max W$ cm³ | $J_x = \max J$ cm⁴ | $J_y = \min J = F i_x^2$ cm⁴ | $W_y$ cm³ | $i_y = 0{,}289\ h$ cm | $i_x = \min i = 0{,}289\ b$ cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oštroivična građa | 6/10 | 60 | 100 | 500 | 180 | 60 | 2,89 | 1,73 |
| | 6/12 | 72 | 144 | 864 | 216 | 71 | 3,47 | 1,73 |
| | 8/8 | 64 | 85,3 | 341 | 341 | 85,3 | 2 32 | 2,32 |
| | 8/10 | 80 | 133 | 667 | 427 | 106,8 | 2,89 | 2,32 |
| | 8/14 | 112 | 261 | 1 829 | 597 | 149 | 4,04 | 2,32 |
| | 8/16 | 128 | 341 | 2 731 | 683 | 171 | 4,62 | 2,32 |
| | 10/10 | 100 | 167 | 833 | 833 | 167 | 2,89 | 2,89 |
| | 10/12 | 120 | 240 | 1 440 | 1 000 | 200 | 3,47 | 2,89 |
| | 10/14 | 140 | 327 | 2 287 | 1 167 | 233,4 | 4,04 | 2,89 |
| | 10/16 | 160 | 427 | 3 413 | 1 333 | 266,6 | 4,62 | 2,89 |
| | 12/12 | 144 | 288 | 1 728 | 1 728 | 288 | 3,47 | 3,47 |
| | 12/14 | 168 | 392 | 2 744 | 2 016 | 335 | 4,04 | 3,47 |
| | 12/16 | 192 | 512 | 4 096 | 2 304 | 384 | 4,62 | 3,47 |
| | 14/14 | 196 | 457 | 3 201 | 3 201 | 457 | 4,04 | 4,04 |
| | 14/16 | 224 | 597 | 4 779 | 3 659 | 522 | 4,62 | 4,04 |
| | 14/18 | 252 | 756 | 6 801 | 4 116 | 588 | 5,2 | 4,04 |
| | 16/16 | 256 | 683 | 5 461 | 5 461 | 683 | 4,62 | 4,62 |
| | 18/18 | 324 | 972 | 8 748 | 8 748 | 972 | 5,2 | 4,62 |
| Grede | 8/20 | 160 | 533 | 5 333 | 853 | 213 | 5,78 | 2,32 |
| | 10/20 | 200 | 667 | 6 667 | 1 667 | 333 | 5,78 | 2,89 |
| | 10/22 | 220 | 807 | 8 873 | 1 833 | 367 | 6,36 | 2,89 |
| | 12/24 | 288 | 1152 | 13 824 | 3 456 | 575 | 6,93 | 3,47 |
| | 12/26 | 312 | 1352 | 17 576 | 3 744 | 625 | 7,52 | 3,47 |
| | 14/20 | 280 | 933 | 9 333 | 4 573 | 652 | 5,78 | 4,04 |
| | 16/20 | 320 | 1067 | 10 667 | 6 827 | 854 | 5,78 | 4,62 |
| | 16/22 | 352 | 1291 | 14 197 | 7 509 | 939 | 6,36 | 4,62 |
| | 16/24 | 384 | 1536 | 18 432 | 8 192 | 1024 | 6,93 | 4,62 |
| | 18/22 | 396 | 1452 | 15 972 | 10 692 | 1186 | 6,36 | 5,2 |
| | 18/24 | 432 | 1728 | 20 736 | 11 664 | 1293 | 6,93 | 5,2 |
| | 20/20 | 400 | 1333 | 13 333 | 13 333 | 1333 | 5,78 | 5,78 |
| | 20/24 | 480 | 1920 | 23 040 | 16 000 | 1600 | 6,93 | 5,78 |
| | 20/26 | 520 | 2253 | 29 293 | 17 333 | 1733 | 7,52 | 5,78 |

| | $b/h$ mm/mm | $F$ cm² | $W_x$ cm³ | $J_x$ cm⁴ | $J_y$ cm⁴ | $W_y$ cm³ | $i_y$ cm | $i_x$ cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Krovne letve | 24/48 | 11,5 | 9,2 | 22,1 | 5,5 | 4,6 | 1,39 | 0,695 |
| | 30/50 | 15 | 12,5 | 31,3 | 11,3 | 7,5 | 1,45 | 0,868 |
| | 40/60 | 24 | 24 | 72 | 32 | 16 | 1,73 | 1,16 |
| | 50/80 | 40 | 53,3 | 213 | 83,3 | 33,3 | 2,31 | 1,45 |

## f) Nosači konstantnog poprečnog preseka[1])

### Tablica 9. Nosači različito oslonjeni i opterećeni

Slobodne dužine $l$, ugibe $f$, visine nosača $h$, koordinate $x$ i $y$ i ostale dužine treba izraziti u cm, spoljne sile $A$, $B$, $P$, $Q$ itd., u kg, dozvoljene napone $\sigma_{b\,dozv}$ (v. str. 784, 937 i dalje) i modul elastičnosti $E$ materijala grede (v. str. 778, 921 i dalje) u kg/cm², moment inercije $J$ poprečnog preseka grede u odnosu na horizontalnu težišnu osu u cm⁴ a odnosni otporni moment $W$ u cm³. Rad pri savijanju v. str. 803.

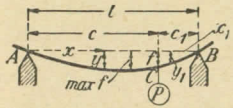
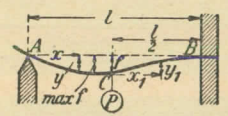
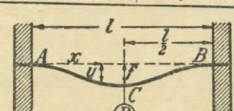
| Slučaj opterećenja | Pritisci na oslonce $A$, $B$<br>Moment savijanja $M$ | Dozvoljeno opterećenje $P$<br>Potreban otporni moment $W$ | Jednačina elastične linije | Ugib $f$[2]) |
|---|---|---|---|---|
| 1.<br>  <br>Konzola<br>Opasan presek u $B$ | $B = P$<br>$M = P x$<br>max $M = P l$ | $P = \frac{\sigma_{b\,dozv}\, W}{l}$<br>$W = \frac{P l}{\sigma_{b\,dozv}}$ | $y = \frac{1}{6}\frac{P l^3}{E J}\left(2 - 3\frac{x}{l} + \frac{x^3}{l^3}\right)$<br>$\beta_A = (-)\frac{P l^2}{2 E J} = \frac{3 f}{2 l}$ | $f = \frac{P}{E J}\frac{l^3}{3}$<br>$= \frac{2}{3}\frac{\sigma_{b\,dozv}}{E}\frac{l^2}{h}$ |
| 2.<br>  <br>Slobodno oslonjen nosač<br>Opasan presek u sredini | $A = B = \frac{P}{2}$<br>Za $A C$: $M = \frac{P x}{2}$<br>max $M = \frac{P l}{4}$ | $P = 4\frac{\sigma_{b\,dozv}\, W}{l}$<br>$W = \frac{P l}{4\,\sigma_{b\,dozv}}$ | Za $A C$:<br>$y = \frac{P l^3}{16 E J}\left(\frac{x}{l} - \frac{4}{3}\frac{x^3}{l^3}\right)$<br>$\beta_A = \beta_B = \frac{P l^2}{16 E J}$ | $f = \frac{P}{E J}\frac{l^3}{48}$<br>$= \frac{1}{6}\frac{\sigma_{b\,dozv}}{E}\frac{l^2}{h}$ |

[1]) Formule za pritiske na oslonce i momente savijanja pri zglavkastom oslanjanju važe i za nosače sa promenljivim poprečnim presekom.

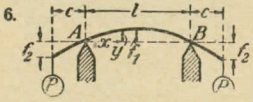
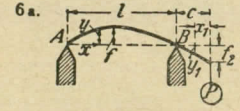
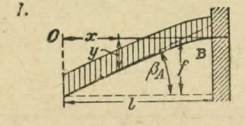
Za proračun uzidanih nosača treba sigurnosti radi uvek smatrati da su oni slobodno oslonjeni; dakle, slučajeve br. 4, 5, 9 i 10 (str. 812 i dalje) ne treba pri tome upotrebljavati.

[2]) Sa $f$ obeležen je ugib napadne tačke koncentrisanog tereta $P$, sa max $f$ najveći ugib, ukoliko $f$ nije jednako najvećem ugibu. — Vrednosti sa $f$ izražene pomoću $\sigma_{b\,dozv}$ važe samo za homogene grede sa horizontalnom osom simetrije. — O povećanju $f$ (i $y$) usled uticaja sila smicanja v. str. 835.

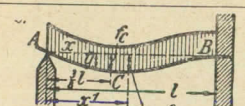
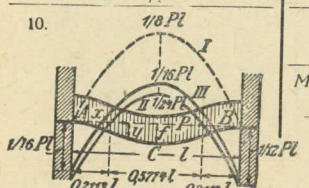
## Tablica 9. Nosači različito oslonjeni i opterećeni (nastavak)

| Slučaj opterećenja | Pritisci na oslonce $A$, $B$<br>Moment savijanja $M$ | Dozvoljeno opterećenje $P$<br>Potreban otporni moment $W$ | Jednačina elastične linije | Ugib $f$ |
|---|---|---|---|---|
| 3.<br>  <br>Slobodno oslonjen nosač<br>Opasan presek u $C$ | $A = \frac{Pc_1}{l}$; $B = \frac{Pc}{l}$ | $P = \sigma_{b\,\text{dozv}} W \frac{l}{cc_1}$ | $y = \frac{P}{EJ}\frac{c^2c_1^2}{6l}\left(2\frac{x}{c} + \frac{x}{c_1} - \frac{x^3}{c^2c_1}\right)$ | $f = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{3}\frac{c^2}{l^2}\frac{c_1^2}{l^2}$<br>max $f$ za<br>$x = c\sqrt{\frac{1}{3} + \frac{2c_1}{3c}}$<br>kada je $c > c_1$;<br>$x_1 = c_1\sqrt{\frac{1}{3} + \frac{2c}{3c_1}}$<br>kada je $c < c_1$ |
| | Za $AC$: $M = \frac{Pc_1x}{l}$<br>za $BC$: $M = \frac{Pcx_1}{l}$<br>max $M = Pcc_1/l$ | $W = \frac{Pcc_1}{l\sigma_{b\,\text{dozv}}}$ | $y_1 = \frac{P}{EJ}\frac{c_1^2c^2}{6l}\left(2\frac{x_1}{c_1} + \frac{x_1}{c} - \frac{x_1^3}{c_1^2c}\right)$ | |
| 4.<br>  <br>Nosač uklješten na jednom kraju<br>Opasan presek u $B$<br>Prevojna tačka na $x = 5/22 \cdot l$ | $A = \frac{5}{16}P$; $B = \frac{11}{16}P$ | $P = \frac{16}{3}\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}} W}{l}$ | $y = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{32}\left(\frac{x}{l} - \frac{5}{3}\frac{x^3}{l^3}\right)$ | $f = \frac{P}{EJ}\frac{7l^3}{768}$;<br>za $x = l\sqrt{1/5}$ je<br>max $f = \sqrt{1/5}\,\frac{Pl^3}{48EJ}$ |
| | Za $AC$: $M = \frac{5}{16}Px$<br>za $C$: $M = \frac{5}{32}Pl$<br>za $BC$:<br>$M = Pl\left(\frac{5}{32} - \frac{11}{16}\frac{x_1}{l}\right)$<br>max $M = 3Pl/16$ | $W = \frac{3}{16}\frac{Pl}{\sigma_{b\,\text{dozv}}}$ | $y_1 = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{32}\left(\frac{1}{4}\frac{x_1}{l} + \frac{5}{2}\frac{x_1^2}{l^2} - \frac{11}{3}\frac{x_1^3}{l^3}\right)$ | |
| 5.<br>  <br>Nosač uklješten na oba kraja<br>Opasni preseci u $A$, $B$ i $C$<br>Prevojne tačke na $x = 1/4 \cdot l$ i $x = 3/4 \cdot l$ | $A = B = P/2$ | $P = 8\,\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}} W}{l}$ | $y = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{16}\left(\frac{x^2}{l^2} - \frac{4}{3}\frac{x^3}{l^3}\right)$ | $f = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{192}$<br>$= \frac{1}{12}\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}}}{E}\frac{l^2}{h}$ |
| | Za $AC$:<br>$M = \frac{Pl}{2}\left(\frac{x}{l} - \frac{1}{4}\right)$<br>Za $CB$:<br>$M = \frac{Pl}{2}\left(\frac{3}{4} - \frac{x}{l}\right)$<br>max $M = Pl/8$ | $W = \frac{Pl}{8\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}$ | | |

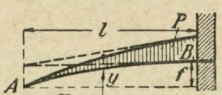
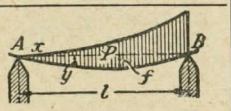
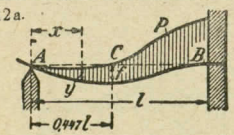
## Tablica 9. Nosači različito oslonjeni i opterećeni (nastavak)

| Slučaj opterećenja | Pritisci na oslonce $A$, $B$<br>Moment savijanja $M$ | Dozvoljeno opterećenje $P$<br>Potreban otporni moment $W$ | Jednačina elastične linije | Ugib $f$ |
|---|---|---|---|---|
| **6.**  <br>Isti izrazi važe kada tereti napadaju u tačkama $A$ i $B$ a krajevi nosača su oslonjeni, ukupan ugib sredine nosača je tada:<br>$f=f_1+f_2=\frac{Pc}{24\,EJ}[3(l+2c)^2-4c^2]$<br>Slobodno oslonjen nosač sa prepustima<br>Opasan presek je na proizvodnom mestu između $A$ i $B$ | $A=B=P$<br><br>Za $AB$:<br>$M=Pc=\text{konst}$ | $P=\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}}W}{c}$<br><br>$W=\frac{Pc}{\sigma_{b\,\text{dozv}}}$ | Za $AB$:<br>$y=f_1-\left[\varrho-\sqrt{\varrho^2-(1/2\,l-x)^2}\right]$<br>gde je $\varrho=\frac{EJ}{Pc}=\text{konstantno}$<br><br>Elastična linija između $A$ i $B$ je kružni luk poluprečnika $\varrho$ | $f_1$ u sredini raspona<br>$f_1=\frac{P}{EJ}\frac{l^3}{8}\frac{c}{l}=$<br>$=\frac{1}{4}\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}}}{E}\frac{l^2}{h}=\frac{l^2}{8\,\varrho}$<br>$f_2=\frac{P}{EJ}\frac{c^2}{3}\left(c+\frac{3\,l}{2}\right)$ |
| **6a.**  <br>Slobodno oslonjen nosač sa jednim prepustom<br>Opasan presek u $B$ | $A=-\frac{Pc}{l};\ B=\frac{P(l+c)}{l}$<br><br>Za $AB$:<br>$M_x=Ax=\frac{Pcx}{l}$<br>$M_B=Pc$ | $P=\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}}W}{c}$<br><br>$W=\frac{Pc}{\sigma_{b\,\text{dozv}}}$ | $y=\frac{P}{EJ}\frac{l^2c}{6}\left(\frac{x}{l}-\frac{x^3}{l^3}\right)$<br>$y_1=\frac{P}{EJ}\frac{lc^2}{6}\left(\frac{2l+3c}{l}\frac{x_1}{c}-\frac{x_1^3}{lc^2}-2\frac{l+c}{l}\right)$ | Najveći ugib na delu $AB$<br>za $x=\frac{l}{\sqrt{3}}=0{,}577\,l$:<br>$f=\frac{P}{EJ}\frac{l^2c}{9\sqrt{3}}$;<br>$f^2=\frac{P}{EJ}\frac{(l+c)c^2}{3}$ |
| **1.**  <br>Konzola<br>Opasan presek u $B$ | $B=P$<br><br>$M=\frac{Px^2}{2\,l}$<br><br>$\max M=\frac{Pl}{2}$ | $P=2\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}}W}{l}$<br><br>$W=\frac{Pl}{2\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}$ | $y=\frac{Pl^3}{24\,EJ}\left(\frac{x^4}{l^4}-4\frac{x}{l}+3\right)$<br>$\beta_A=\frac{Pl^2}{6EJ}=\frac{4}{3}\frac{f}{l}$ | $f=\frac{P}{EJ}\frac{l^3}{8}$<br>$=\frac{1}{2}\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}}}{E}\frac{l^2}{h}$ |

## Tablica 9. Nosači različito oslonjeni i opterećeni (nastavak)

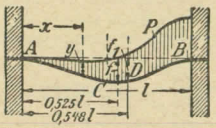
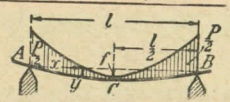
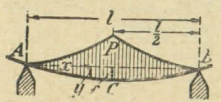
| Slučaj opterećenja | Pritisci na oslonce $A$, $B$<br>Moment savijanja $M$ | Dozvoljeno opterećenje $P$<br>Potreban otporni moment $W$ | Jednačina elastične linije | Ugib $f$ |
|---|---|---|---|---|
| 8. <br>(Uz ovo slučaj 18. v. str. 818). Slobodno oslonjen nosač. Opasan presek na sredini | $A = B = \frac{P}{2}$<br>$M = \frac{Px}{2}\left(1 - \frac{x}{l}\right)$<br>$\max M = \frac{Pl}{8}$ | $P = 8\,\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}}\,W}{l}$<br>$W = \frac{Pl}{8\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}$ | $y = \frac{P}{EJ}\,\frac{l^3}{24}\left(\frac{x}{l} - 2\,\frac{x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4}\right)$<br>$\operatorname{tg}\beta\,(x=0) = \frac{P}{EJ}\,\frac{l^2}{24} = 3{,}2\,\frac{f}{l}$ | $f = \frac{P}{EJ}\,\frac{5\,l^3}{384}$<br>$= \frac{5}{24}\,\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}}}{E}\,\frac{l^2}{h}$ |
|  <br>Nosač ukliještén na jednom kraju<br>Opasan presek u $B$<br>Ugib max $f$ za $x' = {}^1/_6 \cdot l\,(1 + \sqrt{33}) = 0{,}4215\,l$<br>Prevojna tačka na $x = {}^3/_4 \cdot l$ | $A = \frac{3}{8}\,P;\quad B = \frac{5}{8}\,P$<br>$A = \frac{Px}{2}\left(\frac{3}{4} - \frac{x}{l}\right)$<br>$\max M = \frac{Pl}{8}$<br>apsolutni maksimum u $B$<br>$M_C = \frac{9}{128}\,Pl$<br>(relativni maksimum) za $x = {}^3/_8 \cdot l$ | $P = 8\,\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}}\,W}{l}$<br>(Dozvoljeno opterećenje nije veće od onog u slučaju 8)<br>$W = \frac{Pl}{8\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}$ | $y = \frac{P}{EJ}\,\frac{l^3}{48}\left(\frac{x}{l} - 3\,\frac{x^3}{l^3} + 2\,\frac{x^4}{l^4}\right)$ | $\max f = \frac{P}{EJ}\,\frac{l^3}{185}$,<br>gde je<br>$\frac{1}{185} = \frac{78 + 110\sqrt{33}}{3 \cdot 16^4}$<br>$f_C = \frac{175}{8^5}\,\frac{P}{EJ}\,l^3$<br>$= \frac{P}{EJ}\,\frac{l^3}{187}$ |
| 10.  <br>Nosač ukliješten na oba kraja<br>Opasan presek u $A$ i $B$<br>Prevojna tačka na $x = {}^1/_2 \cdot l\,(1 \pm \sqrt{{}^1/_3})$, dakle | $A = B = \frac{P}{2}$<br>$M = -\frac{Pl}{2}\left(\frac{1}{6} - \frac{x}{l} + \frac{x^2}{l^2}\right)$<br>$\max M = {}^1/_{12} \cdot Pl$<br>(apsolutni maksimum)<br>$M_C = {}^1/_{24} \cdot Pl$<br>(relativni maksimum) | $P = 12\,\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}}\,W}{l}$<br>$W = \frac{Pl}{12\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}$ | $y = \frac{P}{EJ}\,\frac{l^3}{24}\left(\frac{x^2}{l^2} - 2\,\frac{x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4}\right)$<br>OBJAŠNJENJE UZ SLIKU za br. 10<br>Parabola I: Dijagram momenta savijanja u slučaju slobodnog oslanjanja u $A$ i $B$ (slučaj 8)<br>Parabola II: isto za kruto uklještenje u $A$ i $B$ (slučaj 10)<br>Parabola III: isto za slučaj uklještenja u $A$ i $B$ koje odgovara najmanjem max $M$; tada je | $f = \frac{P}{EJ}\,\frac{l^3}{384}$<br>$= \frac{1}{16}\,\frac{\sigma_{b\,\text{dozv}}}{E}\,\frac{l^2}{h}$ |

## Tablica 9. Nosači različito oslonjeni i opterećeni (nastavak)

| Slučaj opterećenja | Pritisci na oslonce $A$, $B$<br>Moment savijanja $M$ | Dozvoljeno opterećenje $P$<br>Potreban otporni moment $W$ | Jednačina elastične linije | Ugib |
|---|---|---|---|---|
| 11.  <br>Konzola, opasan presek u $B$ | $B = P$<br>$M = \frac{P}{3}\frac{x^3}{l^2}$<br>$\max M = Pl/3$ | $P = 3\,\frac{\sigma_{b\,\mathrm{dozv}}\,W}{l}$<br>$W = \frac{Pl}{3\,\sigma_{b\,\mathrm{dozv}}}$ | $y = \frac{Pl^3}{60\,EJ}\left(4 - 5\frac{x}{l} + \frac{x^5}{l^5}\right)$<br>$f_A = (-)\,\frac{Pl^2}{12\,EJ}$ | $f = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{15}$<br>$= \frac{2}{5}\frac{\sigma_{b\,\mathrm{dozv}}}{E}\frac{l^2}{h}$ |
| 12.  <br>Slobodno oslonjen nosač. Opasan presek na<br>$x = \frac{l}{\sqrt{3}} = 1/3 \cdot l\sqrt{3} = 0{,}577_4\,l$ | $A = \frac{1}{3}P;\quad B = \frac{2}{3}P$<br>$M = \frac{P}{3}\,x\left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right)$<br>$\max M = \frac{2}{9\sqrt{3}}\,Pl$<br>$= 0{,}128\,Pl$ | $P = \frac{9\sqrt{3}}{2}\,\frac{\sigma_{b\,\mathrm{dozv}}\,W}{l}$<br>$= 7{,}794\,\frac{\sigma_{b\,\mathrm{dozv}}\,W}{l}$<br>$W = \frac{Pl}{7{,}794\,\sigma_{b\,\mathrm{dozv}}}$ | $y = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{180}\left(7\frac{x}{l} - 10\frac{x^3}{l^3} + 3\frac{x^5}{l^5}\right)$ | Najveći ugib za<br>$x = l\sqrt{1 - \sqrt{8/15}}$<br>$= 0{,}5193\,l$:<br>$f = \frac{Pl^3}{EJ}\,\frac{2 + 5\sqrt{8/15}}{225}$<br>$\cdot\sqrt{1 - \sqrt{8/15}}$<br>$= 0{,}01304\,\frac{Pl^3}{EJ}$ [1] |
| 12a.  <br>Nosač ukliješten na jednom kraju<br>Opasan presek u $B$<br>Najveći moment u polju $M_C$ u $C$ za<br>$x = \frac{l}{\sqrt{5}} = 0{,}447\,l$<br>Prevojna tačka za<br>$x = l\sqrt{0{,}6} = 0{,}775\,l$ | $A = \frac{1}{5}P;\quad B = \frac{4}{5}P$<br>$M_x = Px\left(\frac{1}{5} - \frac{x^2}{3\,l^2}\right)$<br>$\max M = M_B = \frac{Pl}{7{,}5}$<br>$M_C = 0{,}0596\,Pl$ | $P = 7{,}5\,\frac{\sigma_{b\,\mathrm{dozv}}\,W}{l}$<br>$W = \frac{Pl}{7{,}5\,\sigma_{b\,\mathrm{dozv}}}$ | $y = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{60}\left(-\frac{x}{l} + 2\frac{x^3}{l^3} - \frac{x^5}{l^5}\right)$ | Najveći ugib (u $C$) za<br>$x = \frac{l}{\sqrt{5}} = 0{,}447\,l$<br>$f = \frac{1}{209{,}63}\,\frac{Pl^3}{EJ}$ |

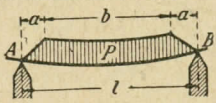
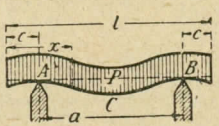
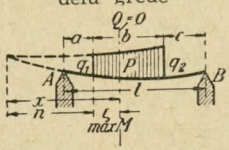
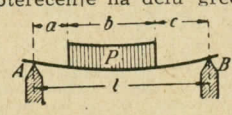
[1]) Kako se vrednosti max $M$ i $f$ za slučaj 12 veoma malo razlikuju od odgovarajućih vrednosti za slučaj 8 str. 814, to se pri određivanju max $M$ i $f$ ova »trougaona« i »trapezna« opterećenja, (paralelne strane dijagrama opterećenja su upravne na pravac nosača) u normalnim slučajevima, mogu smatrati za jednakopodeljena opterećenja. Naprotiv, pritisci na oslonce razlikuju se od vrednosti određenih za slučaj 8 za oko $^1/_6$ ukupnog tereta.

## Tablica 9. Nosači različito oslonjeni i opterećeni (nastavak)

| Slučaj opterećenja | Pritisci na oslonce $A$, $B$<br>Moment savijanja $M$ | Dozvoljeno opterećenje $P$<br>Potreban otporni moment $W$ | Jednačina elastične linije | Ugib $f$ |
|---|---|---|---|---|
| 12b.<br>  <br>Nosač ukliješten na oba kraja<br>Opasan presek u $B$<br>Najveći moment u polju $M_D$ u $D$ za<br>$x = l\sqrt{0{,}3} = 0{,}548\ l$<br>Prevojna tačka za<br>$x = 0{,}237\ l$ i $0{,}808\ l$ | $A = \frac{3}{10}P$; $B = \frac{7}{10}P$<br>$M = Pl\left(-\frac{1}{15} + \frac{3}{10}\frac{x}{l} - \frac{1}{3}\frac{x^3}{l^3}\right)$<br>$\max M = M_B = Pl/10$<br>$M_A = Pl/15$<br>$M_D = Pl/23{,}3$ | $P = 10\,\frac{\sigma_b\,\text{dozv}\,W}{l}$<br>$W = \frac{Pl}{10\,\sigma_b\,\text{dozv}}$ | $y = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{60}\left(-2\frac{x^2}{l^2} + 3\frac{x^3}{l^3} - \frac{x^5}{l^5}\right)$ | Najveći ugib u $C$ za<br>$x = \left(-\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{21}{20}}\right)l = 0{,}525\ l$:<br>$f = \frac{1}{332}\frac{Pl^3}{EJ}$ |
| 13.<br>  <br>Slobodno oslonjen nosač<br>Opasan presek na sredini | $A = B = \frac{P}{2}$<br>$M = Px\left(\frac{1}{2} - \frac{x}{l} + \frac{2x^3}{3l^2}\right)$ [1]<br>$\max M = Pl/12$ | $P = 12\,\frac{\sigma_b\,\text{dozv}\,W}{l}$<br>$W = \frac{Pl}{12\,\sigma_b\,\text{dozv}}$ | $y = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{12}\left(\frac{3}{8}\frac{x}{l} - \frac{x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} - \frac{2}{5}\frac{x^5}{l^5}\right)$ [1] | $f = \frac{P}{EJ}\frac{3\,l^3}{320}$<br>$= \frac{9}{40}\frac{\sigma_b\,\text{dozv}}{E}\frac{l^2}{h}$ |
| 14.<br>  <br>Slobodno oslonjen nosač<br>Opasan presek na sredini | $A = B = P/2$<br>$M = Px\left(\frac{1}{2} - \frac{2}{3}\frac{x^2}{l^2}\right)$ [1]<br>$\max M = Pl/6$ | $P = 6\,\frac{\sigma_b\,\text{dozv}\,W}{l}$<br>$W = \frac{Pl}{6\,\sigma_b\,\text{dozv}}$ [2] | $y = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{12}\left(\frac{5}{8}\frac{x}{l} - \frac{x^3}{l^3} + \frac{2}{5}\frac{x^5}{l^5}\right)$ [1] | $f = \frac{P}{EJ}\frac{l^3}{60}$<br>$= \frac{1}{5}\frac{\sigma_b\,\text{dozv}}{E}\frac{l^2}{h}$ |

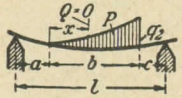
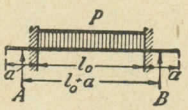
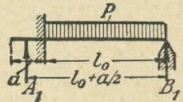
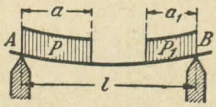
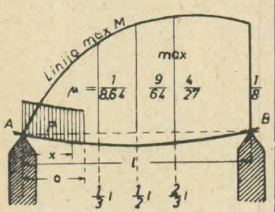
[1]) Za $AC$ $x \leq l/2$; za $CB$ simetrično. — [2]) Ako je dijagram opterećenja u slučaju 14 umesto trougla parabola, čije teme leži nad sredinom nosača, onda je $P = 6{,}4\,\sigma_b\,\text{dozv}\,W/l$ i $W = Pl/6{,}4\,\sigma_b\,\text{dozv}$.

## Tablica 9. Nosači različito oslonjeni i opterećeni (nastavak)

| Slučaj opterećenja | Pritisci na oslonce $A$, $B$ | Najveći moment savijanja $\max M = W\sigma_{b\,dozv}$ |
|---|---|---|
| 15.  | $A = B = \frac{P}{2}$<br>Za $b = 0$ slučaj 14 (str. 816) | $W\sigma_{b\,dozv} = \frac{8a^2 + 3b\,(4a + b)}{24\,(a + b)}\,P$ |
| 16. Greda sa prepustima  | $A = B = \frac{P}{2}$ | Za $AB$:<br>$M_x = \frac{Px}{2}\left(1 - \frac{c}{x} - \frac{x}{l}\right)$<br>za $x \leqq c$<br>$M_x = -\frac{Px^2}{2l}$ |
| Opasni preseci u $A$, $B$ i $C$<br>Prevojne tačke za<br>$x = \frac{l}{2} \pm \sqrt{\frac{l^2}{4} - cl}$<br>$M_A = M_B$ sa suprotnim znakom od $M_C$<br>Ako osim tereta $P$ dejstvuju na krajevima grede još i tereti $P_1$ i $P_2$ koji nisu jednaki, slično slučaju 6, to upor. Ztrbl. Bauv 28 (1908) str. 260 | Najveće vrednosti $M_A = M_B = \frac{Pc^2}{2l}$ i (za sredinu grede) $M_C = \frac{P}{2}\left(\frac{l}{4} - c\right)$ po apsolutnoj vrednosti su jednake pri $c = (\sqrt{1/2} - 1/2)\,l = 0{,}207\,l$, i to:<br>$M_A = M_C = \max M = 0{,}021\,447\,Pl \approx 1/47 \cdot Pl$;<br>ovo je (za različite vrednosti $C$) relativno najmanji $\max M$, tako da je tada<br>$W = \frac{Pl}{47\,\sigma_{b\,dozv}}$ i $P = 47\,\frac{\sigma_{b\,dozv} W}{l}$,<br>tj. dozvoljeno opterećenje je gotovo 6 puta veće od onog u slučaju 8 (str. 814), kada je $a = 0{,}586\,l$. | |
| 17.[1])<br>Trapezno opterećenje na delu grede  | $A = \frac{P}{l}\left(c + \frac{b}{3}\,\frac{q_1 + 2q_2}{q_2 + q_1}\right)$<br>$B = P - A$<br>$\max M$ za $Q = 0$, tj. za<br>$x = \sqrt{n^2 + \frac{2nA}{q_1}}$ | $W\sigma_{b\,dozv} = \max M =$<br>$= \frac{1}{3}A\left(3a + 2\xi - \frac{\xi n}{\lambda}\right)$<br>gde je:<br>$\lambda = x + n$,<br>$\xi = x - n$;<br>$n = \frac{q_1 b}{q_2 - q_1}$ |
| $P = \frac{q_1 + q_2}{2}\,b$; $n = \frac{q_1 b}{q_2 - q_1}$<br>Jednoliko podeljeno opterećenje na delu grede  | Za $q_1 = q_2$ je:<br>$A = \frac{P\,(2c + b)}{2l}$<br>$B = \frac{P\,(2a + b)}{2l}$<br>Ako je osim toga $a = c$, onda je;<br>$A = B = P/2$ | Za $q_1 = q_2$ je:<br>$W\sigma_{b\,dozv} = A\left(a + \frac{bA}{2P}\right)$<br>Ako je osim toga $a = c$, onda je:<br>$W\sigma_{b\,dozv} = \frac{P}{2}\left(\frac{l}{2} - \frac{b}{4}\right)$ |

[1]) V. napomenu [1]) na str. 818.

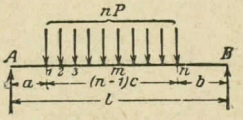
## Tablica 9. Nosači različito oslonjeni i opterećeni (nastavak)

| Slučaj opterećenja | Pritisci na oslonce $A$, $B$ | Najveći moment savijanja $\max M = W\ \sigma_{b\,dozv}$ |
|---|---|---|
| 17. Trougaono opterećenje na delu grede  | Za $q_1 = 0$ je $A = \frac{P}{l}\left(c + \frac{b}{3}\right)$ $B = \frac{P}{l}\left(a + \frac{2}{3}b\right)$ $\max M$ za $Q = 0$ tj. za: $x = \sqrt{2\,b\,A/q_2} = b\sqrt{A/P}$ | Za $q_1 = 0$ je $W\sigma_{b\,dozv} = \max M$ $= A\left(a + \frac{2}{3}x\right) =$ $= A\,(a + 2/3 \cdot b\sqrt{A/P})$ |
| 18.  $\max M = \frac{P}{8}(l_0 + 2a)$ $A = B = P/2$ | Prema pruskim propisima od 25. 2. 1925 treba kod nosača koji naleže na zid uzeti u obzir dužinu naleganja $a \geq 0{,}05\ l_0$; kod slobodno oslonjenog nosača opterećenog na dužini $l_0$ jednoliko podeljenim opterećenjem daje to slučajeve opterećenja koji su prikazani na slici s leve i desne strane; za slučaj na desnoj strani pretpostavlja se da je oslonac u $B_1$. |  $\max M = \frac{P}{8}(l_0 + a)$ $A_1 \approx B_1 = P/2$ |
| 19.[1]  | $A = \frac{P(2l - a) + P_1 a_1}{2l}$ $B = \frac{P_1(2l - a_1) + Pa}{2l}$ | Za $A < P_1$: $W\sigma_{b\,dozv} = \frac{A^2 a}{2P}$ za $B < P_1$: $W\sigma_{b\,dozv} = \frac{B^2 a_1}{2P_1}$ |
| | Ako je $P = P_1$; $a = a_1$ i $l - 2a = b$ to je $A = B = P$ i $W\sigma_{b\,dozv} = 1/2 \cdot Pa = 1/4 \cdot P(l - b)$ | |
| 20.[1] Jednoliko podeljeno opterećenje promenljive dužine $a$ na delu grede  | $A = \frac{P(2l - a)}{2l}$ $B = Pa/2l$ | $\max M = W\sigma_{b\,dozv}$ $= \frac{P}{2}\,a\left(1 - \frac{a}{2l}\right)^2$ $= \mu\,Pl$, gde je $\mu = \frac{1}{2}\,\frac{a}{l}\left(1 - \frac{a}{2l}\right)^2$ |
| | $\max M$ za $x = a\left(1 - \frac{a}{2l}\right) < a$ | $\max \mu = 4/27$ za $a = 2/3 \cdot l$; onda je $x = 4/9 \cdot l$ |

[1]) Iscrpne tablice za slučajeve 17, 19, 20 i njima slične koji se pojavljuju u zgradarstvu v. Labes: Tafeln zur Bestimmung der Querschnitte gewalzter eiserner Träger itd., Berlin 1893, Ernst & Sohn. — Opšti slučaj 17 obradio je Herbst u Ztrbl. Bauv. 29 (1909), str. 560.

**21. Složeno opterećenje.** Ako je nosač opterećen istovremeno sa više opterećenja navedenih na str. 811 do 818, to se odnosni momenti savijanja kao i ordinate elastične linije usled pojedinih opterećenja sabiraju; iz zbirova treba odrediti vrednosti $\max M = W\sigma_{b\,\text{dozv}}$ i $\max f$ kao i njima odgovarajuće vrednosti $x$-a.

Pod t. 22 i 25 navedeni su rezultati za dva složena slučaja opterećenja koji se često javljaju, međutim, u većini slučajeva je zgodnije odrediti $\max M$ neposrednim postavljanjem momentne jednačine za opasan presek (v. str. 795 i primer na str. 796).



Sl 20

**22.** Slobodno oslonjen nosač opterećen sa $n$ **sila** $P$ **jednakih intenziteta** na **jednakim otstojanjima** $c$ (sl. 20) ($M = M_b$:

$$A = [b + (n-1)\,c/2]\cdot n\,P/l, \qquad B = [a + (n-1)\,c/2]\cdot n\,P/l.$$

Opasan presek leži pod $m$-tom silom, kada je

$$P > mP - A > 0,$$

tako da je $\max M = W\sigma_{b\,\text{dozv}} = A\,a + (m-1)\,(A - \tfrac{1}{2}\cdot m\,P)c$.

U specijalnom slučaju $a = b$ biće $A = B = \tfrac{1}{2}\cdot nP$. Ako pri tome $n$ napadnih tačaka sila $P$ deli raspon $l$ na $n_1 = n + 1$ jednakih delova, dužine $(l : n_1) = a = b$, biće:

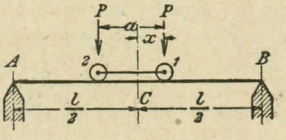
kad je $n_1$ paran broj: $\max M = W\sigma_{b\,\text{dozv}} = Pln_1/8$,

kad je $n_1$ neparan broj: $\max M = W\sigma_{b\,\text{dozv}}\,(n_1^2 - 1)\,Pl/8n_1$

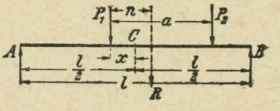
Za $n_1 = 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7$
dobivaju se koeficijenti uz $Pl$: $^1/_3 \quad ^1/_2 \quad ^3/_5 \quad ^3/_4 \quad ^6/_7$.

## Pokretni tereti

**23. Kranski nosač** (sl. 21 i 22). Otstojanje jedne sile $P$ od sredine nosača $C = x$.



Sl. 21



Sl. 22

α) Dve sile jednakog intenziteta $P$ na nepromenljivom razmaku $a$; $x$ je promenljivo i to od 0 do $l/2$ (sl. 21) ($M = M_b$).

Formule važe samo u slučaju kad su obe sile nad rasponom $l$.

$$A = P(1 - 2x/l + a/l),$$
$$B = P(1 + 2x/l - a/l),$$

$$M_1 = \frac{Pl}{2}\left(1 - \frac{a}{l} + \frac{2x}{l}\,\frac{a}{l} - \frac{4x^2}{l^2}\right),$$

$$M_2 = \frac{Pl}{2}\left(1 - \frac{a}{l} - \frac{2a^2}{l^2} + \frac{2x}{l}\,\frac{3a}{l} - \frac{4x^2}{l^2}\right);$$

$\max M_1$ za $x = {}^1/_4\cdot a$ ($\max M_2$ za $x = {}^3/_4\cdot a$)

$$\max M = Pl/2\cdot(1 - a/2l)^2 = P/2l\cdot(l - a/2)^2.$$

Za $x = 0$ (ili $x = a$) je

$$M_1 \text{ (ili } M_2) = \frac{Pl}{2}\left(1 - \frac{a}{l}\right), \quad M_2 \text{ (ili } M_1) = \frac{Pl}{2}\left(1 - \frac{a}{l} - \frac{2a^2}{l^2}\right).$$

Za $x = a/2$ je $M_1 = M_2 = Pl/2 \cdot (1 - a/l)$.

**Tablica 10. Pritisci na oslonce i momenti savijanja za različita otstojanja $a$**

| $a : l$ | max $A$ | max $M_1$ | $M_2$ za $x = 1/4 \cdot a$ | Primedba |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 2,0 $P$ | 0,500000 $Pl$ | 0,500000 $Pl$ | Ako je $a : l > 2 - \sqrt{2} = 0{,}586$, to je apsolutni maksimum od $M_1$ uvek $= 1/4\ Pl$, pri čemu teret 1 stoji na sredini raspona |
| 0,1 | 1,9 $P$ | 0,451125 $Pl$ | 0,446625 $Pl$ | |
| 0,2 | 1,8 $P$ | 0,405000 $Pl$ | 0,385000 $Pl$ | |
| 0,3 | 1,7 $P$ | 0,361125 $Pl$ | 0,316125 $Pl$ | |
| 0,4 | 1,6 $P$ | 0,320000 $Pl$ | 0,240000 $Pl$ | |
| 0,5 | 1,5 $P$ | 0,281250 $Pl$ | 0,156250 $Pl$ | |
| 0,586 | 1,414 $P$ | 0,250000 $Pl$ | 0,078500 $Pl$ | |
| 0,667 | 1,333 $P$ | (0,225220 $Pl$) | 0 | |

Za približan proračun najvećeg ugiba kranskog nosača treba terete postaviti simetrično prema sredini nosača i na način koji odgovara ovom slučaju primeniti formule za slučaj 6 (str. 813). Dobiva se:

$$f = f_1 + f_2 = P\,(l - a)\,[3\,l^2 - (l - a)^2]/48\,E\,J.$$

$\beta$) Dve sile različitih intenziteta $P_1$ i $P_2$ na nepromenljivom otstojanju $a$[1]); otstojanje $x$ sile $P_1$ od sredine nosača $C$ je promenljivo i to od 0 do $\frac{1}{2} \cdot l$.

Položaj tereta dat na sl. 22 daje maksimalan momenat u preseku 1, kad je $P_1 > P_2$ (pod pretpostavkom da je $x > 0$). Ako je $R = P_1 + P_2$ rezultanta sila $P_1$ i $P_2$ biće:

$$n = P_2\,a/R.$$

Dalje je $A = R\ (l/2 + x - n)/l$,

$$M_1 = A\left(\frac{l}{2} - x\right) = \frac{R}{l}\left(\frac{l}{2} + x - n\right)\left(\frac{l}{2} - x\right) = \frac{R}{l}\,f(x).$$

Ako se, polazeći od vrednosti $x = 0$, oba tereta nalaze na nosaču, onda se položaj preseka, za koji se javlja najveći od sviju momenata savijanja, dobiva iz:

$$f'(x) = (l/2 - x) - (l/2 + x - n) = n - 2x = 0,$$

otuda je $x = n/2$.

Prema tome, biće:

$$\max M = \frac{R}{l}\left(\frac{l}{2} + \frac{n}{2} - n\right)\left(\frac{l}{2} - \frac{n}{2}\right) = \frac{Rl}{4}\left(1 - \frac{n}{l}\right)^2 = \frac{R}{4l}\,(l - n)^2.$$

---

[1]) Nastavak rada Herbst-a u Ztrbl. Bauv. 28 (1908), str. 264.

Ako $P_1$ može dejstvovati kao koncentrisan teret, u sredini grede dobiveni max $M$ treba uporediti sa momentom $M_m = P_1 l/4$. Kada je odnos $M_m : \max M = q$ onda je

$$q = \frac{P_1 l}{4} \cdot \frac{4l}{R(l-n)^2} = \frac{P_1}{R(1-n/l)^2} = \frac{P_1}{R(1-P_2 a/Rl)^2}$$

Kada je $q = 1$ onda je $\frac{P_1}{R}\left(1-\frac{P_2 a}{Rl}\right)^2$, odn. $\frac{a}{l} = \frac{R}{P_2}\left(1-\sqrt{\frac{P_1}{R}}\right)$.

Pri datim $P_1$ i $P_2$ se povećava, odn. smanjuje $q$ sa povećanjem, odn. smanjenjem $a/l$:

$q > 1$ daje $\frac{a}{l} > \frac{R}{P_2}\left(1-\sqrt{\frac{P_1}{R}}\right)$; merodavno $M_m = \frac{P_1 l}{4}$;

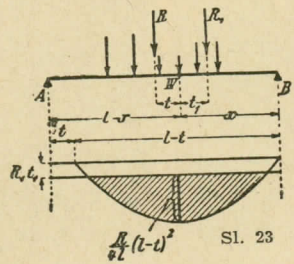
$q < 1$ daje $\frac{a}{l} < \frac{R}{P_2}\left(1-\sqrt{\frac{P_1}{R}}\right)$; merodavno max $M = \frac{R}{4l}(l-n)^2$.

γ) Grafičko određivanje momenata savijanja za opšti slučaj opterećenja[1]). Moment pod proizvoljnim teretom IV pokretnog sistema tereta (sl. 23) je:

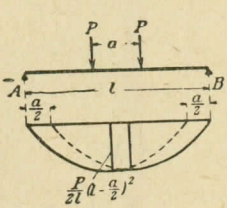
$$M_x = R[(l-t)-x]x/l - R_1 t_1;$$

gde je $R$ rezultanta svih sila sistema, $R_1$ rezultanta onih koje leže desno od IV.

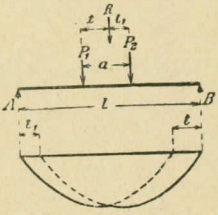
Prvi član jednačine pretstavlja parabolu, čija je tetiva dužine $(l-t)$, a strela $R(l-t)^2/4l$. Drugi član predstavlja prävu paralelnu sa apscisnom osom. Osenčena površina na sl. 23 daje promenu momenta pod silom IV pokretnog sistema tereta i važi dotle dok se krajnje od ovih sila



Sl. 23



Sl. 24



Sl. 25

kreću između oslonaca $A$ i $B$. Ono što važi za momente pod silom IV važi i za momente pod bilo kojom drugom silom, pa se može zaključiti da se dijagram maksimalnih momenata usled sistema koncentrisanih sila sastoji od pojedinačnih paraboličnih lukova koji se mogu odrediti iz opšte jednačine sa $M_x$.

[1]) Prema W. L. André e: Die Statik des Kranbaues, 2 izd. 1913. str. 1 i dalje i str. 55 i dalje.

δ) Specijalni slučajevi uz γ): 1. Po nosaču mogu da se kreću dve sile jednakog intenziteta $P$, rastojanje sila $= a$ [upor. α), str. 819]: Treba konstruisati dve parabole sa dužinom tetive $(l - a/2)$ i dužinom strele $P\ (l - a/2)^2/2l$ (sl. 24); najniža tačka krive leži na otstojanju $\frac{1}{4} \cdot a$ od sredine raspona. Ako je $a$ veće od $l/2$, u presecima oko sredine nosača maksimalni momenti se dobivaju kada se samo jedna sila nalazi na nosaču a dijagram maksimalnih momenata na tom delu je parabola sa strelom $Pl/4$ i tetivom $l$. Graničan slučaj nastupa kada je $a = 0{,}586\ l$, onda se ordinata $P\ (l - a/2)^2/2l$ na otstojanju $^1/_4 \cdot a$ od sredine raspona smanjuje na $Pl/4$.

2. Po nosaču mogu da se kreću dve sile različitih intenziteta $P_1$ i $P_2$ [upor. β), str. 820]. Treba konstruisati dve parabole, od kojih jedna, polazeći od levog oslonca, ima tetivu $(l - t)$ i strelu $R\ (l - t)^2 4l$, druga, međutim, polazeći od desnog oslonca, ima tetivu $(l - t_1)$ i strelu $R\ (l - t_1)^2/4l$ (sl. 25).

U prednjim izrazima je $R = P_1 + P_2$, vrednosti $t$ i $t_1$ iznose:

$$t = P_2\ a/R \quad \text{i} \quad t_1 = P_1\ a/R.$$

**24. Kranska šina na elastičnoj podlozi**

Oznake:

$J$ [cm⁴] i $W$ [cm³] — moment inercije i otporni moment poprečnog preseka kranske šine po kojoj se kreće koncentrisani teret $P$ [u kg]; šina naleže celom dužinom na zid,

$b$ [cm] — širina nožice šine,

$E$ i $E_m$ [kg/cm²] — modul elastičnosti materijala šine, odn. masivne podloge.

Najveći normalni napon pri savijanju šine, koji se pojavljuje u preseku pod teretom $P$, približno je ([u kg/cm²] [1]):

$$\sigma_b = 0{,}50 \sqrt[4]{P^5}/W\eta, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

a najveći pritisak na masivnu podlogu [u kg/cm²]:

$$\sigma_d = 0{,}28\ \eta \sqrt[4]{P^3}/b: \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

gde je

$$\eta = \sqrt[4]{\frac{2}{3}\frac{E_m}{E}\frac{b^2\sigma_d}{J}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

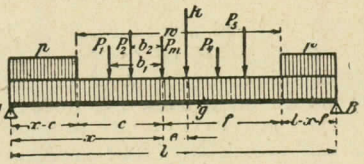
U jedn. (22) treba najpre $\sigma_d$ usvojiti približno a zatim račun ponoviti, ako je to potrebno, sa tačnijom vrednosti određenom iz jedn. (21).

**25 Mostovski nosač.** Kod mostovskog nosača slobodno oslonjenog na oba kraja, koji je neposredno opterećen, dolazi uopšte u obzir slučaj opterećenja prikazan na sl. 26[2]) ($M = M_b$).

[1]) W. L. Andrée: Die Statik des Kranbaues, 2 izd., München u. Berlin 1923. Oldenbourg, str. 48 i dalje.

[2]) Ztrbl. Bauv. 37 (1917), str. 258 i Brückenbau (1917) str 133.

Oznake:
$g$ — opterećenje sopstvenom težinom [kg/m],
$P_1\ P_2 \ldots$ — koncentrisani tereti sistema tereta koji se kreće po nosaču, a koji se nalazi na dužini $w = c + f$ [m],
$p$ — ljudska navala [kg/m].



Sl. 26

Najveći moment se javlja uopšte[1]) ispod najveće od sila $P_m$, koja je najbliža rezultanti $R = \Sigma P$ svih sila $P$ koje se nalaze na nosaču. Otstojanje ove »merodavne sile« $P_m$ od oslonca $A$ označimo sa $x$, tada je

$$A = \frac{gl}{2} + \frac{R}{l}\left(l - x - e\right) + \frac{p}{l}\,\frac{(l-x-f)^2}{2} + \frac{p}{l}\,(x-c)\left(l - \frac{x-c}{2}\right)$$

a moment pod silom $P_m$:

$$M_x = Ax - \frac{g\,x^2}{2} - \sum_0^x Pb - \frac{p}{2}\,(x^2 - c^2).$$

Najveći moment max $M_x$ dobiva se odatle za

$$x = \frac{l}{2} - \frac{Re - {}^1/_2 \cdot p\,(f^2 - c^2)}{2R + gl + p\,(l - 2w)}.$$

Kada je poznato $x$, onda se odgovarajuća vrednost max $M_x$ može lako odrediti.

Ako ne postoji pokretno opterećenje $p$ na dužini $l - x - f$ (do $B$) onda je

$$A = \frac{gl}{2} + \frac{R}{l}\left(l - x - e\right) + \frac{p}{l}\,(x-c)\left(l - \frac{x-c}{2}\right)$$

a $M_x$ ima prethodnu vrednost. max $M$ se javlja za

$$x = \left\{-\left[2R + gl - p\,(l + 2c)\right] + \right.$$
$$\left. + \sqrt{(2R + gl)\left[2R + gl + p\,(l - 4c)\right] - 6Rpe + p^2\,(l-c)^2}\right\}/3p.$$

U izrazima za $x$ treba $e$ uvrstiti sa negativnim znakom kada je $P_m$ desno od $R$.

### g) Dimenzionisanje valjanih nosača s obzirom na ugib

Da bi se što više ograničio dinamički uticaj i postigla sigurnost dobrog naleganja, u g i b nosača $f$ ne sme ni pod najvećim opterećenjem da prekorači izvesnu veličinu, datu u delovima $l$. U

[1]) Ztrbl. Bauv. 39 (1919), str. 64 (ograničenje); Brückenbau (1918) str. 151 (1919), str. 49

zgradarstvu se uzima prema iskustvu $f \leqq 1/600$ do $1/400$, srednje $1/500\ l$ [1]), kod ubetoniranih valjanih nosača $f \leqq 1/700\ l$.

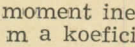
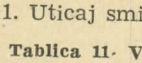
Kod nosača od **topljenog čelika** sa $E = 2\,100\,000$ kg/cm², inače proizvoljnog ili konstantnog poprečnog preseka po čitavoj dužini, treba da bude uvek $f \leqq 1/500\ l$, odn. $1/900\ l$ u slučajevima opterećenja 2 (str. 811) i 8 (str. 814), koji se najčešće javljaju, ukoliko poprečni presek izračunat prema dozvoljenom naponu $\sigma_{b\,dozv}$ ima visinu $h$ čiji je odnos prema rasponu veći od vrednosti $\zeta$ date u tablici 11.

Ako se na osnovu jednačine $M = W\sigma_{b\,dozv}$ dobije nosač manje visine od $\zeta\ l$, onda poprečni presek nosača treba izračunati prema ugibu $f$, a na osnovu formule iz stubca 5 tabl. na str. 811, 814 i dalje:

$$J = c\,Pl^2\ [\text{cm}^2/\text{kg} \cdot \text{kgcm}^2 = \text{cm}^4],$$

gde je $J$ moment inercije poprečnog preseka u cm⁴. $P$ teret u t, $l$ raspon u m a koeficijent $c$ (koji zavisi od $f$ i $\sigma_{b\,dozv}$) treba uzeti iz tabl. 11. Uticaj smicanja na $f$ v str. 834.

**Tablica 11. Vrednost koeficijenta $c$ za čelične nosače**

| Najveći ugib | | | $f = 1/500\ l$ | | | $f = 1/900\ l$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dozvoljeni napon $\sigma_{b\,dozv}$ | | | 750 | 1000 | 1200 | 750 | 1000 | 1200 |
| Slučaj 2 str. 811 |  | $1 : \zeta = l : h =$ | 33,6 | 25,2 | 21,0 | 18,7 | 14,0 | 11,7 |
| | | $c =$ | 49,6 | | | 89,3 | | |
| Slučaj 8 str. 814 |  | $1 : \zeta = l : h =$ | 26,9 | 20,2 | 16,8 | 14,9 | 11,2 | 9,3 |
| | | $c =$ | 31,0 | | | 55,8 | | |

Kod nosača masivnih tavanica, naročito betonskih tavanica, je ugib $f$, zbog monolitnosti, znatno manji od računski određenog.

Ako se, na pr., u zgradarstvu za nosač od topljenog čelika koji je jednoliko opterećen, raspona $l = 7{,}5$ m, za $\sigma_{b\,dozv} = 1200$ kg/cm² dobije visina poprečnog preseka manja od $1/1{,}68 \cdot 75 = 44{,}6$ cm., onda je bolje da se poprečni presek izračuna prema formuli $J = 31{,}0\,Pl^2$ (upor. primer 1 i 2).

Za druge slučajeve opterećenja osim slučaja 8 i 2 treba $J$ odrediti prema slučaju 8, a dobivenu vrednost pomnožiti brojem $Q$, koji iznosi:

za slučaj 1 $Q = 128/5$ | za slučaj 9 $Q = 384/925$

„ „ 2 $Q = 8/5$ | „ „ 10 $Q = 1/5$ | za slučaj 7 $Q = 48/5$.

**Primer 1.** Valjani nosač **masivne tavanice** neuobičajeno velikog raspona. Slobodna dužina = 10,5 m; međusoban razmak = 1,95 m. Sopstvena

[1]) U pruskim propisima od 25. 2. 1925 nije generalno dat najveći dozvoljeni ugib; u specijalnim slučajevima, na pr., kod jako opterećenih nosača transmisija kao i nosača dužih od 7 m i podvlaka koje ukrućuju zgradu umesto podužnih i poprečnih zidova koji inače postoje, treba da bude $f \leqq 1/500\ l$. Kod ležišta vratila i osovina n a g i b između vratila i ležišta ne treba da bude veći od 1/700.

težina tavanice (sa težinom nosača) = 400 kg/m²; korisno opterećenje = 250 kg/m². Dužina naleganja po 26 cm. U pitanju je slučaj 18 (v. str. 818, levo). Opterećenje:

$$P = (10{,}5 \cdot 1{,}95)\ \text{m}^2 \cdot 650\ \text{kg/cm}^2 = 13\,325\ \text{kg}.$$

Ne uzimajući u obzir ugib, sa $\sigma_{b\,\text{dozv}} = 1200\ \text{kg/cm}^2$ potrebno je

$$W = [13\,325\,(1050 + 2 \cdot 26)]/(8 \cdot 1200) = 1531\ \text{cm}^3,$$

tako da bi još zadovoljio I Nr. 42½, sa $W = 1740\ \text{cm}^3$. Ako najveći ugib treba da bude manje od 1/500 slobodne dužine, dakle $f < 1050 : 500 = 2{,}1$ cm, onda prema tabl. 11, I Nr. 42½ ne zadovoljava, jer je visina $h = 42{,}5$ cm manja od $\zeta\, l = 1050 : 16{,}8 = 62$ cm. Prema tome je u ovom slučaju potreban moment inercije:

$$J = 31{,}0 \cdot 13{,}3 \cdot 10{,}5^2 = 45\,546\ \text{cm}^4,$$

izabran I Nr. 45 sa $J = 45\,852\ \text{cm}^4$. Prema str. 814 biće za I Nr. 45

$$f = (5/384) \cdot (13\,325 \cdot 1050^3)/(2\,100\,000 \cdot 45\,852) = 2{,}0\ \text{cm};$$

od ovog stalno postoji ugib $(400/650) \cdot 2 = 1{,}2$ cm.

**Primer 2.** Oba nosača mosta (prelaza u prostoru pozornice nekog pozorišta) raspona 12 m, sa slobodno poduprtim krajevima nameštena su na razmaku 1 m.

Najveće dozvoljeno korisno opterećenje u sredini mosta: uređaj za osvetljenje sa tri čoveka za poslugu, ukupno najviše 450 kg; od ovoga na svaki nosač pada $\frac{1}{2} \cdot 450 = 225$ kg.

Sopstvena težina mosta po 1 m:

1. Nosač (po proceni) $2 \cdot 42 = \ldots\ldots\ldots\ldots$ 84 kg
2. Talpe za patos, debljine 4 cm, $1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}04 = 0{,}04\ \text{m}^3$ po 650 kg/m³ $\ldots\ldots\ldots$ 26 kg
3. Ograde, zavrtnji za pričvršćivanje $\ldots\ldots$ okr. 8 kg

Svega 118 kg.

Na svaki od nosača pada od sopstvene težine $12{,}0 \cdot 118/2 = 708$ kg.

Ne uzimajući u obzir ugib, sa $\sigma_{b\,\text{dozv}} = 1200\ \text{kg/cm}^3$ potrebno je:

$$W = [(1/2 \cdot 708 + 225) \cdot 1200]/(4 \cdot 1200) = 145\ \text{cm}^3,$$

tako bi zadovoljavao I Nr. 18 sa $W = 161\ \text{cm}^3$. Ako, međutim, najveći ugib treba da bude manji od 1/500 slobodne dužine, dakle $f < 2{,}4$ cm, onda je prema tablici 11 potreban

$$J = (31{,}0 \cdot 0{,}708 + 49{,}6 \cdot 0{,}225) \cdot 12{,}0^2 = 4768\ \text{cm}^4.$$

Dakle, treba izabrati I Nr. 25 sa $J = 4966\ \text{cm}^4$.

Ugib će pri tome biti $f = (1200/500) \cdot (4768/4966) \approx 2{,}3$ cm;

od toga je $\dfrac{5/8 \cdot 708}{5/8 \cdot 708 + 225} \cdot 2{,}3 = 1{,}5$ cm

ugib usled stalnog tereta. Povećanje $f$ usled smicanja v. str. 834.

Za I Nr. 18 bio bi najveći ugib:

$$f \simeq (1200/500) \cdot (4768/1446) = 7{,}9\ \text{cm}.$$

### h) Nosači jednake otpornosti prema savijanju

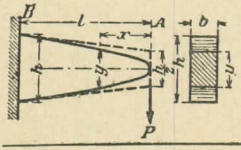
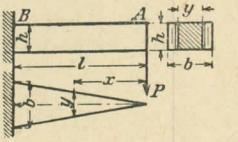
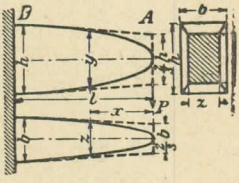
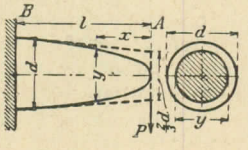
Ako je najveća vrednost normalnog napona

$$\max \sigma_b = M_b : W = \sigma_{b\,\text{dozv}}$$

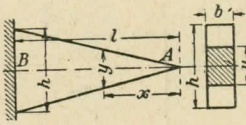
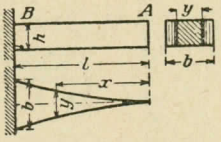
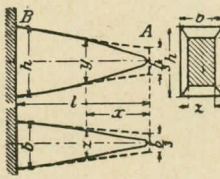
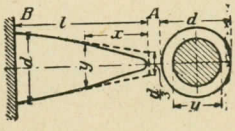
u svim presecima jednaka, onda je to t. zv. nosač jednake otpornosti prema savijanju (str. 796). Za takve nosače dati su u sledećem neki oblici. Isprekidane linije podužnog preseka daju približan oblik nosača dobiven povlačenjem tangenata.

Nosač koji je na dužini $l$ izložen dejstvu konstantnog momenta savijanja (str. 813 slučaj 6), mora pri jednakoj otpornosti prema savijanju da ima svugde isti poprečni presek.

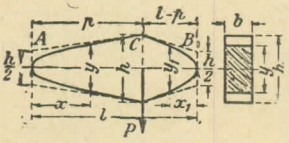
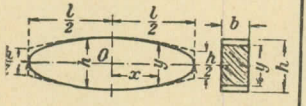
## Tablica 12. Nosači jednake otpornosti prema savijanju

| Podužni i poprečni presek nosača | Poprečni preseci | Oblik podužnog preseka | Proračun dimenzija poprečnog preseka Mere u kg i cm |
|---|---|---|---|
| a) Konzola. Teret $P$ napada na slobodnom kraju nosača | | | |
| 1.  | Pravougaonici jednake širine $b$ i promenljive visine $y$ | Obična parabola (str. 149) | $y^2 = (6/P b \sigma_{b\,\text{dozv}})\,x$<br>$h = \sqrt{6Pl/b\sigma_{b\,\text{dozv}}}$<br>Ugib u $A$:<br>$f = 8\,Pl^3/Eb h^3$ |
| 2.  <br>[Elastična linija je kružni luk] | Pravougaonici jednake visine $h$ a promenljive širine $y$ | Prava linija | $y = \dfrac{6P}{h^2 \sigma_{b\,\text{dozv}}}\,x$<br>$b = \dfrac{6Pl}{h^2 \sigma_{b\,\text{dozv}}}$<br>Ugib u $A$:<br>$f = \dfrac{6P}{bE}\left(\dfrac{l}{h}\right)^3$ |
|  | Slični pravougaonici visine $y$ širine $z$; odnos strana $z : y = \alpha$ | Kubna parabola (str. 150) | $y^3 = \dfrac{6P}{\alpha\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}\,x$<br>$z = \alpha y$<br>$h = \sqrt[3]{\dfrac{6Pl}{\alpha\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}}$<br>$b = \alpha h$ |
| 4.  | Krugovi poluprečnika $y$ | Kubna parabola (str. 150) | $y^3 = \dfrac{32P}{\pi\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}\,x$<br>$d = \sqrt[3]{\dfrac{32Pl}{\pi\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}}$ |

## Tablica 12. Nosači jednake otpornosti prema savijanju
(nastavak)

| Podužni i poprečni presek nosača | Poprečni preseci | Oblik podužnog preseka | Proračun dimenzija poprečnog preseka Mere u kg i cm |
|---|---|---|---|
| Teret $Q$ jednoliko podeljen po nosaču | | | |
| 5.  | Pravougaonici jednake širine $b$ i promenljive visine $y$ | Prava linija | $y = x\sqrt{\frac{3Q}{b\,l\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}}$ <br> $h = \sqrt{\frac{3Q\,l}{b\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}}$ |
| 6.  (Elastična linija je kružni luk) | Pravougaonici jednake promenljive širine $y$ | Obična parabola (str. 149) | $y = \frac{3Q}{l\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}\,\frac{x^2}{h^2}$ <br> $b = \frac{3Q\,l}{\sigma_{b\,\text{dozv}}\,h^2}$ <br> Ugib u $A$: <br> $f = \frac{3P}{bE}\left(\frac{l}{h}\right)^3$ |
| 7  | Slični pravougaonici visine $y$ širine $z$; odnos strana $z : y = \alpha$ | Semikubna parabola (str. 150) | $y^3 = \frac{3Q}{\alpha\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}\,\frac{x^2}{l}$ <br> $z = \alpha\,y$ <br> $h = \sqrt[3]{\frac{3Q\,l}{\alpha\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}}$ <br> $b = \alpha\,h$ |
| 8.  | Krugovi poluprečnika $y$ | Semikubna parabola (str. 150) | $y^3 = \frac{16Q}{\pi\,l\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}\,x^2$ <br> $d = \sqrt[3]{\frac{16Q\,l}{\pi\,\sigma_{b\,\text{dozv}}}}$ |

**Tablica 12. Nosači jednake otpornosti prema savijanju**
(nastavak)

| Podužni i poprečni presek nosača | Poprečni preseci | Oblik podužnog preseka | Proračun dimenzija poprečnog preseka Mere u kg i cm |
|---|---|---|---|
| b) Nosač na dva oslonca Teret P dejstvuje u C | | | |
| 9  | Pravougaonici jednake širine $b$ i promenljive visine $y$ | Dve obične parabole (str. 149) | $y^2 = \frac{6P(l-p)}{b\,l\,\sigma_{b\,dozv}}\,x$<br>$y_1^2 = \frac{6Pp}{b\,l\,\sigma_{b\,dozv}}\,x_1$<br>$h = \sqrt{\frac{6P(l-p)p}{b\,l\,\sigma_{b\,dozv}}}$ |
| Teret Q jednoliko podeljen po nosaču | | | |
| 10  | Pravougaonici jednake širine $b$ i promenljive visine $y$ | Elipsa (str. 144) | $\frac{x^2}{\left(\frac{l}{2}\right)^2} + \frac{y^2}{\frac{3Ql}{4b\,\sigma_{b\,dozv}}} = 1$<br>$h = \sqrt{\frac{3Ql}{4b\,\sigma_{b\,dozv}}}$ |

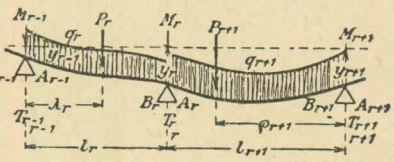
## i) Nosači na više od dva oslonca (kontinualni nosači)

### 1. Momenti savijanja nad osloncima

Oznake na sl. 27 ($M = M_b$), mere u kg i cm:

$M_{r-1}, M_r, M_{r+1}$ — momenti nad tri proizvoljna uzastopna oslonca $r-1$, $r$, $r+1$ (pozitivni kada je donje vlakno zategnuto).

$y_{r-1}, y_r, y_{r+1}$ — vertikalna otstojanja oslonca $r-1$, $r$, $r+1$ opterećenog nosača, tj., njihova vertikalna pomeranja usled bilo kog razloga iz prvobitnog položaja (prvobitno horizontalne ose nosača, dakle, otstojanja opterećenih oslonaca od horizontalne ose nosača ili nekog drugog horizontalnog pravca); pozitivna su u slučaju kad su upravljena naniže[1]).



Sl. 27

$l_r, l_{r+1}$ — rasponi $r$-tog i $r+1$-vog otvora.

[1]) Razlike otstojanja oslonaca od prvobitne ose nosača mogu da potiču od različite popustljivosti terena ili od nekog drugog za konstrukciju spoljnjeg uzroka; ove razlike treba odrediti opažanjem ili prethodnom procenom. Razlike u otstojanjima koje potiču od elastičnih deformacija oslonaca (stubova) usled dejstva opterećenja mogu se izračunati. U važnijim je slučajevima preporučljivo nadzirati otstojanja $y$.

$J_r, J_r+1$ — momenti inercije poprečnog preseka nosača u tim otvorima,

$L_r$, $R_r$ — statički moment površine dijagrama momenta savijanja $r$-tog otvora za prostu gredu (na krajevima slobodno oslonjenu) u odnosu na levu, odn. desnu vertikalu povučenu kroz oslonce tog otvora.

Tada je

$$\left.\begin{aligned} 6E\left(\frac{y_r-y_{r-1}}{l_r}+\frac{y_r-y_{r+1}}{l_{r+1}}\right) &= M_{r-1}\frac{l_r}{J_r}+2M_r\left(\frac{l_r}{J_r}+\frac{l_{r+1}}{J_{r+1}}\right)\\ &+M_{r+1}\frac{l_{r+1}}{J_{r+1}}+6\frac{L_r}{l_rJ_r}+\frac{6R_{r+1}}{l_{r+1}J_{r+1}}\end{aligned}\right\}. \quad (23)$$

(Jednačina tri momenta; upor. III knj., 1. odeljak. Statika građevinskih konstrukcija).

Pri tome, otvori mogu da budu opterećeni podeljenim ili koncentrisanim teretima.

Za nosač konstantnog poprečnog preseka koji je opterećen samo jednoliko podeljenim teretima u pojedinim otvorima, dobiva se, ako se sa $q_r$ obeleži jednoliko podeljeni teret nad otvorom $r$, Clapeyron-ova jednačina:

$$\left.\begin{aligned} 6EJ\left(\frac{y_r-y_{r-1}}{l_r}+\frac{y_r-y_{r+1}}{l_{r+1}}\right) &= M_{r-1}l_r+2M_r(l_r+l_{r+1})\\ &+M_{r+1}l_{r+1}+{}^1/_4\cdot(q_rl_r^3+q_{r+1}l^3{}_{r+1}).\end{aligned}\right\} \quad (24)$$

Ako svi oslonci leže na istoj visini jedn. (24) prelazi u:

$$M_{r-1}l_r+2M_r(l_r+l_{r+1})+M_{r+1}l_{r+1}=-{}^1/_4\cdot(q_rl_r^3+q_{r+1}l^3{}_{r+1}). \quad (25)$$

Ako ima $n$ polja, dakle $n+1$ oslonaca, onda se mogu napisati $n-1$ jednačina oblika (23), (24) ili (25); iz ovih jednačina i dveju jednačina kojima su okarakterisani načini oslanjanja krajeva nosača (na pr. $M_0 = M_n = 0$ itd.) mogu se izračunati $n+1$ momenata nad $n+1$ oslonaca.

## 2. Pritisci na oslonce

Oznake (mere u kg i cm)

$A_0, A_1 \ldots A_{n-1}$ — pritisci na levi oslonac prostih greda raspona $l_1$ do $l_n$ usled opterećenja u tom polju i momenata nad krajevima tog polja,

$B_1, B_2 \ldots B_n$ — pritisci na desni oslonac prostih greda raspona $l_1$ do $l_n$ usled opterećenja u tom polju i momenta nad krajevima tog polja.

$T_0, T_1 \ldots, T_n$ — ukupni pritisci na oslonce, tako da je $T_0 = A_0$, $T_1 = A_1 + B_1 \ldots$, $T_n = B_n$,

$P_r, P_r+1, \lambda_r$ i $\varrho_r+1$ v. sl. 27.

tada je $$Ar = \frac{M_{r+1} - M_r}{l_{r+1}} + \frac{q_{r+1}\, l_{r+1}}{2} + \frac{\Sigma P_{r+1}\, \varrho_{r+1}}{l_{r+1}}$$

i $$B_r = \frac{M_{r-1} - M_r}{l_r} + \frac{q_r\, l_r}{2} + \frac{\Sigma P_r\, \lambda_r}{l_r},$$

tako da je ukupan pritisak na oslonac $r$:

$$T_r = \frac{q_r l_r + q_{r+1} l_{r+1}}{2} - M_r\left(\frac{1}{l_{r+1}} + \frac{1}{l_r}\right) + \frac{M_{r+1}}{l_{r+1}} + \frac{M_{r-1}}{l_r} + \frac{\Sigma P_{r+1}\varrho_{r+1}}{l_{r+1}} + \frac{\Sigma P_r \lambda_r}{l_r}.$$

**Primer:** Nosač slobodno oslonjen na tri oslonca na jednakim otstojanjima $l$. Opterećenje jednog otvora = 0, drugog jednoliko podeljeno $q$ kg/cm (sl. 28)

$$M_0 = M_2 = 0.$$

Dakle, po jedn. (25): $4 M_1 l = -\,{}^1/_8 \cdot q l^2$,

Prema tome $M_1 = -\,{}^1/_{16} \cdot q l^2$.

$$T_0 = +\frac{M_1}{l} = -\frac{ql}{16}$$

$$T_1 = \frac{ql}{2} - \frac{2M_1}{l} = \frac{ql}{2} + \frac{ql}{8} = \frac{5ql}{8}$$

$$T_2 = \frac{ql}{2} + \frac{M_1}{l} = \frac{ql}{2} - \frac{ql}{16} = \frac{7ql}{16}$$

$M_x = +T_2 x - q x^2/2 = 7 q l x/16 - q x^2/2$

$M = 0$ za $x = 0$ i $x = 7l/8$,

max $M$ za $7 ql/16 - qx = 0$, dakle $x = 7l/16$

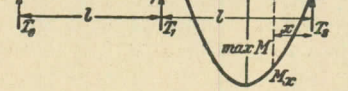
max $M = ({}^7/_{16})^2 ql^2/2 = 49\, ql^2/512 = 0{,}0957\, ql^2$.

Sa tim podacima dobiva se na sl. 28 prikazan dijagram momenta savijanja 0 1′2. Kako je po apsolutnoj vrednosti max $M > M_1$, to je max $M$ merodavan za dimenzionisanje nosača.

Ako se srednji oslonac nosača sa dva polja dužine $l$ (ukupne dužine $2l$ cm), koji je opterećen jednoliko podeljenim opterećenjem $q$ kg/cm, spusti prema spoljnim osloncima za

$$f = 0{,}0131\, ql^4/EJ \text{ [cm]},$$

nosivost nosača biće 1,457 puta veća.




Sl. 28

U ovom slučaju dostiže nosivost svoju maksimalnu vrednost, jer je moment nad srednjim osloncem jednak najvećem momentu u pojedinim otvorima:

$$M_1 = \max M_1 = 0{,}0858\, ql^2, \qquad T_0 = 0{,}4142\, ql, \qquad T_1 = 1{,}1716\, ql.$$

Oznake u tab. 11 (mere u kg i cm):

$T_0$, $T_1$, . . — pritisci na oslonce,

$M_1$, $M_2$, . . — (negativni) momenti nad osloncima,

max $M_1$, max $M_2$ — najveći momenti u pojedinim otvorima (momenti u polju),

$x_1$, $x_2$ . . . — otstojanje preseka u kom se javlja max $M_1$ . . . u polju od najbližeg levog oslonca,

$\xi_1$, $\xi_2$ . . . — otstojanje prevojnih tačaka elastične linije od istih oslonaca,

$q$ — opterećenje jedinice dužine svakog otvora.

**Tablica 13. Kontinualni nosač preko $n$ oslonca na istoj visini i podjednakom otstojanju $l$ [cm]. Jednoliko podeljeno opterećenje**

Kako je sve simetrično prema sredini nosača, to su podaci dati samo do sredine nosača

| Veličine | Broj $n$ oslonaca | | | | | | | Jedinice |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| $T_0$ | 0,3750 | 0,4000 | 0,3929 | 0,3947 | 0,3942 | 0,3944 | 0,3943 | $q\,l$ |
| $T_1$ | 1,2500 | 1,1000 | 1,1428 | 1,1317 | 1,1346 | 1,1337 | 1,1340 | $q\,l$ |
| $T_2$ | . | . | 0,9286 | 0,9736 | 0,9616 | 0,9649 | 0,9640 | $q\,l$ |
| $T_3$ | . | . | . | . | 1,0192 | 1,0070 | 1,0103 | $q\,l$ |
| $T_4$ | . | . | . | . | . | . | 0,9948 | $q\,l$ |
| $M_1$ | 0,1250 | 0,1000 | 0,1071 | 0,1053 | 0,1058 | 0,1056 | 0,1057 | $q\,l^2$ |
| $M_2$ | . | . | 0,0714 | 0,0789 | 0,0769 | 0,0775 | 0,0773 | $q\,l^2$ |
| $M_3$ | . | . | . | . | 0,0865 | 0,0845 | 0,0850 | $q\,l^2$ |
| $M_4$ | . | . | . | . | . | . | 0,0825 | $q\,l^2$ |
| max $M_1$ | 0,0703 | 0,0800 | 0,0772 | 0,0779 | 0,0777 | 0,0778 | 0,0777 | $q\,l^2$ |
| max $M_2$ | . | 0,0250 | 0,0364 | 0,0332 | 0,0340 | 0,0338 | 0,0339 | $q\,l^2$ |
| max $M_3$ | . | . | . | 0,0461 | 0,0433 | 0,0440 | 0,0438 | $q\,l^2$ |
| max $M_4$ | . | . | . | . | . | 0,0405 | 0,0412 | $q\,l^2$ |
| $x_1$ | 0,375 | 0,4000 | 0,3930 | 0,3947 | 0,3942 | 0,3944 | 0,3943 | $l$ |
| $x_2$ | . | 0,5000 | 0,5357 | 0,5264 | 0,5327 | 0,5281 | 0,5283 | $l$ |
| $x_3$ | . | . | . | 0,5000 | 0,4904 | 0,4930 | 0,4923 | $l$ |
| $x_4$ | . | . | . | . | . | 0,5000 | 0,5026 | $l$ |
| $\xi_1$ | 0,750 | 0,8000 | 0,7860 | 0,7894 | 0,7884 | 0,7887 | 0,7887 | $l$ |
| $\xi_2$ | . | 0,2760 | 0,2659 | 0,2680 | 0,2675 | 0,2680 | 0,2680 | $l$ |
| | . | 0,7240 | 0,8055 | 0,7830 | 0,7899 | 0,7884 | 0,7890 | $l$ |
| $\xi_3$ | . | . | . | 0,1964 | 0,1960 | 0,1962 | 0,1960 | $l$ |
| | . | . | . | 0,8036 | 0,7850 | 0,7897 | 0,7880 | $l$ |
| $\xi_4$ | . | . | . | . | . | 0,2153 | 0,2150 | $l$ |
| | . | . | . | . | . | 0,7847 | 0,7900 | $l$ |

Vrednosti $T$, $M$, max $M$, $x$ i $\xi$ za srednje otvore teže sa povećanjem broja oslonaca slučaja 10, str. 814, za krajnje otvore one se poklapaju kod tri oslonca sa slučajem 9, str. 814.

Proračun kontinualnog nosača sa promenljivim opterećenjem i odnosne grafičke metode v. III. knj., 1 odeljak, Statika građevinskih konstrukcija.

## C. Smicanje[1])

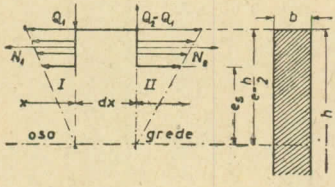
Oznake, osim oznaka datih na str. 775 i 791,

$F$, $F_s$ — poprečni presek [cm²],
$G$ — modul klizanja [kg/cm²],
$\tau_s$ — smičući napon [kg/cm²],
$\tau_m = Q/F$ — srednji smičući napon [kg/cm²],
$\gamma$ — klizanje, ugao klizanja,
$\mu$ — Poisson-ov koeficijent,
$F' = F/\mu$ — zamenjujući poprečni presek.

[1]) **Literatura:** R. Sonntag: Biegung, Schub und Abscheren, Berlin 1909, Ernst & Sohn.

**1. Smicanje i savijanja.** Transverzalna sila izaziva na gredi uvek i savijanje. Ona je vezana sa promenom momenta savijanja duž ose grede (ose $x$) odnosom $Q = dM/dx$ (str. 793). Smičući naponi i odnosne deformacije zavise od transverzalne sile i oblika poprečnog preseka a dostižu najveću vrednost u neutralnoj osi. Na konturi poprečnog preseka imaju smičući naponi pravac tangente na konturu, upravno na taj pravac jednaki su nuli.

**Određivanje smičućih napona** i njihove raspodele vrši se u praksi činećí pretpostavke, koje su primenljive i u slučaju vrlo važnih primena; upor. niže 2, 6 i 7.




Sl. 29

**2. Raspodela i najveća vrednost smičućeg napona kada je greda pravougaonog poprečnog preseka.** Posmatrajmo konzolu pravougaonog preseka $b\,h$, opterećenu koncentrisanim teretom Q na slobodnom kraju. Dva poprečna preseka I i II na otstojanju $dx$ povučena do dubine $e - e_s$, izdvajaju ispad na sl. 29. Normalni naponi u I daju rezultantu $N_1$, u II rezultantu $N_2$; smičući naponi daju rezultantu $Q_1$ i $Q_2 = Q_1$, v. sl. 29. Razlika $N_2 - N_1$ izaziva u površini $b\,d\,x$ jednoliko podeljen smičući napon $\tau_s$ ($dx$ je beskonačno malo, $b$ nije suviše veliko). Sila smicanja u elementu $b\,d\,x$ je

$$\tau_s\, b\, dx = N_2 - N_1 = \frac{Q\,dx}{J}\,(e - e_s)\,b\,\frac{e + e_s}{2}; \qquad \tau_s = \frac{Q}{J}\,\frac{F_s\,x_s}{b}. \quad (1)$$

gde je $F_S = (e - e_S)\,b$ presecima I i II oslobođena površina poprečnog preseka grede a $(e + e_S)/2$ otstojanje njenog težišta od neutralne ose, $F_S x_S$ je moment površine $F_S$ u odnosu na neutralnu osu.

Smičući napon na otstojanju $e_S = y$ je

$$\tau_s = {}^3/_2 \cdot Q/(b\,h) \cdot [1 - (2\,y/h)^2] = \tau_m\, {}^3/_2 \cdot [1 - (2\,y/h)^2]. \quad . \quad . \quad (2)$$

Za $y = \pm\, b/2$ je $\tau_S = 0$, za $y = 0$ (neutralna osa pri savijanju) $\tau_S = \max \tau_S = 3\,Q/2F = 1{,}5\ \tau_m$. Smičući napon se menja po zakonu parabole.

Deo $b\,dx$ nije izložen savijanju, jer se momenti savijanja usled normalnih i smičućih napona na ispadu sl. 29 poništavaju. Po stavu o konjugovanim smičućim naponima dejstvuje i u samom poprečnom preseku na otstojanju $e_S$ odn. $y$ smičući napon istog intenziteta. Pri većim širinama $b$ menjaju se smičući naponi i u pravcu širine preseka, što je praktično od malog značaja.

**3. Kružni poprečni presek poluprečnika $r$.** Duž prečnika upravnog na neutralnu osu pri savijanju a na otstojanju $y$ od nje je:

$$\tau_s = {}^4/_3 \cdot Q/F \cdot (1 - y^2/r^2). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

na neutralnoj osi je: $\tau_s = {}^4/_3 \cdot Q/F \cdot (1 - {}^1/_9 \cdot z^2/r^2)$.

Parabolična zavisnost: U sredini poprečnog preseka je:

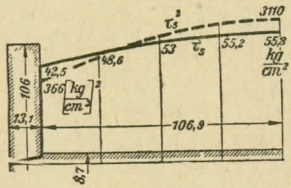
$$\max \tau_s = 4\, Q/3\, F = 1{,}33\, \tau_m.$$

**4. Kružni prsten male debljine**

$$\max \tau_s \approx 2\, Q/F = 2\, \tau_m.$$

**5. I-profil.** Najveći smičući napon u neutralnoj osi pri savijanju (debljina rebra $s$) dobiva se kao pod (2)

$$\max \tau_s = Q/J \cdot F_S\, x_S/s.$$

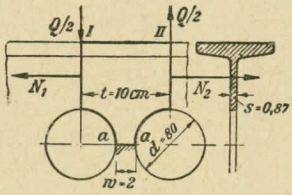



Sl. 30

Za I-DNP 24 je prema tabl. 6, 6. od., XX $J = J_x = 4250$ cm⁴, $F_S x_S$ ($= S_x$) $= 206$ cm³, debljina rebra $s$ ($= d$) $= 0{,}87$ cm, dakle, za $Q =$ $= 1000$ kg je $\max \tau_S = 56$ kg/cm². Raspodela napona v. sl. 30. Ako je $F_{st}$ površina rebra između pojaseva, onda je približno:

$$\max \tau_s \approx Q/F_{st} = 1000/18{,}8 = 53 \text{ kg/cm}^2.$$

**6. I-nosač DNP 24 sa kružnim otvorima** prečnika $d = 80$ mm. Najduže mesto $a\,a$ na osi nosača između dva otvora $w = 22$ mm (sl. 31). Konzola $l = 750$ mm, na slobodnom kraju $Q = 1000$ kg.




Sl. 31

Prema tabl. za I-profile je $F = 46{,}1$ cm²; $J_x = 4250$ cm⁴; $s = 0{,}87$ cm; $W_x = 354$ cm³; moment od $F/2$ u odnosu na osu $x$ stat ($= S_x$) $= 206$ cm³. Traži se napon u $a\,a$, gde može nastati slom usled klizanja, kako se zna iz iskustva.

Zamišljenim presecima I i II (na otstojanju $t = 10$ cm) izdvojen je (debelo izvučen) deo nosača koji je duž $a - a$ još nepresečen. U preseku I dejstvuje, kao i pod 2, rezultanta $N_1$ normalnih napona i transverzalna sila $Q/2$), u II $N_2$ i $Q/2$ kao što je pokazano na sl. 31. Dobije se $M_2 - M_1 = Qt$, tj. momenti od $N_2 - N_1$ i $Q/2$ se poništavaju. Presek $a\,a$ nije izložen savijanju već samo smicanju usled $N_2 - N_1$. Ako je $\max \tau_S = {}^3/_2 \cdot \tau_m$ najveći smičući napon u površini $w\,s$, onda je, kao pod 2,

$$\tau_m\, w s = {}^2/_3 \cdot \max \tau_s\, w s = \frac{Q\,t}{J} M_{\text{stat}}$$

$$\max \tau_S = \frac{3}{2} \frac{Qt}{J} \frac{M_{\text{stat}}}{w\,s} = \frac{3 \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 199}{2 \cdot 4250 \cdot 2 \cdot 0{,}87} = 404 \text{ kg/cm}^2.$$

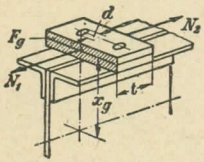
Najveći normalni napon na mestu uklještenja $\sigma_b = 1000 \cdot 75/354 =$ $= 212$ kg/cm²; dakle, smicanje je opasnije od savijanja. Bušenjem otvora u blizini slobodnog kraja nosača ne bi se smanjila pomenuta opasnost.

Proračun prema savijanju za slučaj dugačkih otvora: Zamišljeni poprečni presek treba povući kroz sredinu otvora. Svaku polovinu napada $Q/2$. U prelaznom poprečnom preseku je $\max \sigma_b = \beta_k\, \sigma_b$ = koeficijent oblika × nominalni napon[1]). Vrednost koeficijenta oblika v. str. 938 i 939.

**7. Opterećenje zakivaka u limenom nosaču.** a) Zakivci za vezu pojasa i ugaonika (sl. 32), $n = 2$ zakivka prečnika $d$ cm. $k_n$ kg po 1 cm² poprečnog preseka zakivka je sila koja se može preneti

[1]) Upor C. Bach: Elastizität und Festigkeit, 7 izd., str. 480, Berlin 1917. Springer.

trenjem, odn. sila smicanja. Sa dva poprečna preseka na otstojanju $t$ cm, na kome se nalaze zakivci, izdvojen je deo pojasa poprečnog preseka $F_g$; $x_g$ je otstojanje njegovog težišta od neutralne ose. Rasuđivanje kao pod 2 daje



Sl. 32

$$N_2 - N_1 = F_g\, x_g\, (M_2 - M_1)/J = F_g\, x_g\, (Q\,t)/J = k_n\, n\, \pi\, d^2/4$$

a odatle se mogu izračunati $d$ ili $k_n$.

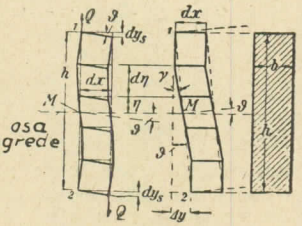
b) Zakivci za vezu ugaonika i rebra. Označimo li sa $F_g + w$ poprečni presek pojasa i ugaonika, sa $x_{g+w}$ otstojanje njenog težišta od neutralne ose, sa $n$ broj zakivaka u jednom polju zakivaka, onda je kao pod a)

$$Q\,t/J \cdot F_{g+w}\, x_{g+w} = k_n\, n\, \pi\, d^2/4.$$

**8. Transverzalna sila i elastična linija. Vitoperenje poprečnog preseka.** Elastična linija nosača izloženog savijanju i smicanju potiče: 1. od krivljenja ose nosača usled momenta savijanja (uzajamno nagibanje poprečnih preseka), 2. od uzajamnog klizanja poprečnih preseka usled transverzalnih sila. Oba dela ordinata $y_b + y_s = y$ određuju se posebno pa se sabiraju. O $y_b$ v. Elastične deformacije pri savijanju str. 798 i dalje. $y_s$ je u većini slučajeva malo i može se zanemariti, osim kod relativno visokih I-profila.

Ogledima savijanjem I Br. 24 našao je Tetmajer zanemarujući uticaj transverzalnih sila da je $E = 1\,673\,000$. C. Bach je izračunao uzimajući u obzir ovaj uticaj da je $E = 2\,140\,000$. Međutim, ispitivanja zatezanjem dala su $E = 2\,122\,000$ kg/cm². C. Bach je odredio iznos $y_s$ koji odgovara smicanju (prema A. Ritter-u) iz jednačine rada, što se s obzirom na slaganje rezultata ogleda i računa može smatrati zadovoljavajućim. Upor. primer u **10.**

**9. Deformacija usled smicanja konzole pravougaonog preseka.** Transverzalna sila $Q$ i parabolična raspodela smičućeg napona prema jedn. (2) je u svima poprečnim presecima grede ista. Širina $b$ poprečnog preseka je mala, pa je pretpostavljeno da se naponi duž širine grede ne menjaju. Element grede $dx\,d\eta\,b$ (sl. 33), na otstojanju $\eta$ od ose grede, deformiše se usled $\tau_s$ tako da je klizanje



Sl. 33

$$\gamma = \beta\tau_s = \tau_s/G.$$

Pojedini elementi grede deformisani smicanjem prikazani su na sl. 33. Poprečni presek je smicanjem izvitoperen u obliku slova $S$. Pretpostavimo da izvitopereni presek ima sa prvobitnim zajedničke tačke $1M2$. Rad transverzalne sile koja napada element grede na putu $\gamma\,dx = dy_s$ iznosi $\frac{1}{2} \cdot Q\,dy_s$ i jednak je radu smičućih napona

$$\tfrac{1}{2} \cdot Q\,dy_s = \int \tau^2/2\,G \cdot b\,d\eta\,dx = b\,dx \int \left[\tfrac{3}{2} \cdot Q/b\,h \cdot \left\{1 - (2\,\eta/h)^2\right\}\right]^2 d\eta.$$

Integralenje po poprečnom preseku i dužini grede $x = l$ daje

$$y_s = \tfrac{6}{5} \cdot Q/b\,h \cdot l/G = \mu\, Q/F \cdot l/G = Q/F' \cdot l/G \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

$F' = F/\mu$ pretstavlja zamenjujući poprečni presek po kome je $Q$ jednoliko raspodeljen. Elastična linija samo usled transverzalne sile konzole koja je opterećena na kraju koncentrisanim teretom, je prava. Njene ordinate $y_s$ ili njen nagib $dy_s/dx = \mu \cdot Q/FG = Q/F'G$ mogu se izračunati kao da dejstvuje jednoliko raspodeljen smičući napon $\mu\, Q/F$ ili $Q/F'$.

**10.** Isto važi za druge oblike poprečnih preseka. Za pravougaoni presek je $\mu = 1{,}2$ za kružni $\mu = 1{,}185 \approx 1{,}2$ za I-DNP 24 $\mu \approx 2{,}1$. Uopšte je prema A. Riter-u, C. Bach-u i A. Föppl-u:

$$F' = Q^2 / \int \tau_s^2 \, dF.$$

**Primer:** Izračunati najveći ugib (strelu) elastične linije usled savijanja i smicanja konzole I - DNP 24 slobodne dužine 75 cm opterećene koncentrisanim teretom $Q$ na slobodnom kraju. $J = 4250$ cm$^4$, $F = 46{,}1$ cm$^2$, $E/G = 2{,}6$; $\mu \approx 2{,}1$:

$$y = y_b + y_s = Ql^3/3EJ + \mu\, Ql/FG = (Ql^3/3EJ)(1 + 3\mu EJ/GFl^2) = (Ql^3/3EJ)(1 + 0{,}27).$$

Ne vodeći računa o deformaciji usled smicanja dobila bi se strela za 27% manja. Upor. gore pomenuta Tetmajer-ova ispitivanja savijanjem.

Rankine i Timošenko stavljaju $\mu\, Q/F = \max \tau_s$, tj., da u čitavom preseku vlada $\max \tau_s = \text{const.}$, što se ne slaže sa Tetmajer-ovim ispitivanjima savijanjem. Otstupanja su manja kada se usvoji da je $\tau_s = \tau_m = Q/F = \text{const.}$

Sprečavanje vitoperenja poprečnog preseka, na pr., na mestima ukleštenja, dovodi do dodatnih napona zatezanja i pritiska, koji povećavaju naprezanje. Ovi su naponi u ukleštenom poprečnom preseku u ravnoteži i brzo opadaju sa udaljenjem od poprečnog preseka u kome su sprečene deformacije; St. Venant-ov princip o lokalnim naprezanjima. I u ukupnoj deformaciji su ovi poremećaji slabo osetni.

**11.** Deformacioni rad smičućih napona za dužinu štapa $l$, kad je $Q/F' = \text{const.}$:

$$A = \int {}^1/_2 \cdot Q \, dy_s = y_s \, Q/2 = Q^2 l/2 F'G.$$

## D. Torzija (uvijanje)

Oznake, osim oznaka datih na str. 775, 791 i 831,

$M_t$ — moment torzije (uvijanja) [kgcm],

$\tau_t$ — smičući napon pri torziji [kg/cm$^2$],

$G = 1/\beta$ — modul klizanja [kg/cm$^2$],

$\psi$ — ugao torzije za dužinu $l$ cm,

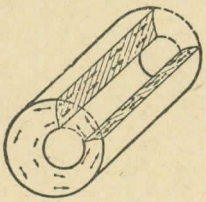
$\vartheta$ — specifičan ugao torzije $= \psi$ za $l = 1$ [1/cm],

$J_t$ — polarni moment inercije poprečnog preseka [cm$^4$],

$W_t$ — odnosni otporni moment [cm$^3$].

**1. Pojam torzije.** Kad spregovi sila dejstvuju na prav štap u ravnima $\perp$ na njegovu osu onda je štap izložen torziji (uvijanju). Svaki pojedini presek štapa prenosi moment torzije $M_t$ koji je jednak algebarskom zbiru svih spregova do posmatranog poprečnog preseka. Dalja izvođenja važe za prizmatičan štap a približno i onda kad se poprečni presek štapa postupno menja.

**2. Prenošenje momenta torzije pomoću smičućih napona.** Smičući naponi koji deluju u poprečnom i podužnom preseku su jednake veličine (Cauchy-ov stav), sl. 34.



Sl. 34

Ako se u poprečnom preseku neprekidno ide u pravcu smičućeg napona preći će se zatvorena linija napona — linija smicanja: u kružnom poprečnom preseku biće to krugovi, u pravougaonom poprečnom preseku krive slične elipsi. Njihovu primenu v. pod Lokalne koncentracije napona str. 938.

Pri istom poprečnom preseku je najveći smičući napon proporcionalan momentu torzije v. tablicu 14

$$M_t = W_t \cdot \max \tau_t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Otporni moment $W_t$ [cm$^3$] poprečnog preseka zavisi samo od poprečnog preseka.

Za površinu kruga i kružni prsten je $W_t = J_t/e$. $J_t$ — polarni moment inercije površine preseka, $e$ — otstojanje najudaljenije tačke od težišta površine. Za druge oblike poprečnog preseka izračunavaju se $J_t$ i $W_t$ na osnovu Teorije elastičnosti ili se određuju ogledom.

Ugao torzije $\psi$ je ugao izražen u lučnoj meri za koji se dva poprečna preseka na otstojanju $l$ okrenu jedan prema drugom. Za prizmatičan štap je $\vartheta = \psi/l$, specifičan ugao torzije = uglu torzije dva poprečna preseka na otstojanju 1 [cm]. Kod promenljivog poprečnog preseka je $\vartheta = d\psi/dl$. Usled Hooke-ova zakona su $\vartheta$ i $M_t$ međusobno proporcionalni (tablica 14)

$$\vartheta = M_t/GJ_t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

gde je $J_t$ [cm] — polarni moment inercije poprečnog preseka $GJ_t$ krutost pri torziji. $J_t$ zavisi samo od oblika poprečnog preseka.

Rad smičućih napona od $\tau = 0$ do $\tau = \max \tau = \max \tau_t$:

$$A = \frac{1}{2} M_t \vartheta l = \frac{1}{2} \frac{M_t \vartheta G}{F \max \tau^2} \frac{\max \tau^2}{G} F l = \eta_4 \frac{\max \tau^2}{G} V, \quad . \quad (3)$$

gde je

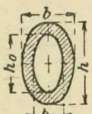
$$\eta_4 = \frac{1}{2} \frac{M_t G \vartheta}{F \max \tau^2} = \frac{1}{2} \frac{M_t}{\max \tau} \frac{G\vartheta}{\max \tau} \frac{1}{F} = \frac{1}{2} \frac{W_t^2}{J_t F} \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

konstanta koja zavisi samo od oblika poprečnog preseka.

**Stepen iskorišćenja materijala** se meri nagomilanim elastičnim radom u 1 cm$^3$: $A/V = \eta_4 \max \tau^2/G$, dakle, pri datom materijalu i dozvoljenom naponu brojem $\eta_4$, tabl. 14. On je za krug 0,25, za kvadrat 0,154 za kružni prsten 0,25 $(1 + d^2/D^2)$, približuje se dakle pri malim debljinama zidova $d/D \approx 1$ vrednosti 0,5, koja odgovara graničnom slučaju jednolike podele napona i najboljeg iskorišćenja materijala. Slično važi za zatvorene poprečne preseke sa tankim zidovima, tabl. 14, 5. Kod ovih preseka je materijal visoko iskorišćen. Međutim opasnost za izvijanje zida ograničava kako debljinu zida, tako i veličinu dužine u poređenju sa najmanjim prečnikom poprečnog preseka. V. literaturu na str. 868, Napomena[1]).

**Valjani poprečni preseci koji se sastoje iz pravougaonika,** tablica 14, 11. Unutrašnja temena treba jako zaobliti. Da su oštra bilo bi teoriski $\tau = \infty$.

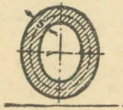
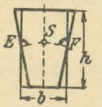
## Tablica 14. Dozvoljeni momenti torzije, smičući naponi i uglovi torzije[1])

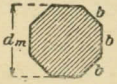
| Br. | Poprečni presek | Smičući napon $\tau$ i $\tau_{max}$ $\tau = \tau_t$ | Dozvoljeni moment torzije $M_t$ $\tau_{dozv} = \tau_t$ dozv | Moment torzije $M_t$ pri jediničnom uglu torzije $\vartheta$ | Jedinični ugao torzije $\vartheta$ pri max $\tau$; $\eta_4$ koefic. rada $A = M_t \vartheta\, l/2 = \eta_4 V \max \tau^2/G$ (str. 836, 839) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | max $\tau$ u tačkama obima[2]) Na otstojanju $\varrho$ od središta $\tau = \max \tau\, 2\varrho/d$ | $M_t = \frac{\pi}{16} d^3 \tau_{dozv}$ [2]) | $M_t = \frac{\pi}{32} d^4 G \vartheta$ | $\vartheta = 2 \frac{\max \tau}{G} \frac{1}{d}$ $\eta_4 = 1/4$ |
| 2 | | max $\tau$ u tačkama spoljnjeg obima. Na otstojanju $\varrho$ od središta $\tau = \max \tau\, 2\varrho/D$ | $M_t = \frac{\pi}{16} \frac{(D^4 - d^4)}{D} \tau_{dozv}$ | $M_t = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) G \vartheta$ | $\vartheta = 2 \frac{\max \tau}{G} \frac{1}{D}$ $\eta_4 = 1/4 \cdot (1 + d^2/D^2)$ |
| 3 | $h : b = n > 1$ | max $\tau$ u krajnjim tačkama manje ose $b$. U krajnjim tačkama veće ose: $\tau = \max \tau/n$ | $M_t = \frac{\pi}{16} b^2 h \tau_{dozv}$ $= \frac{\pi}{16} n b^3 \tau_{dozv}$ | $M_t = \frac{\pi}{16} \frac{n^3}{n^2 + 1} b^4 G \vartheta$ | $\vartheta = \frac{n^2 + 1}{n^2} \frac{\max \tau}{G} \frac{1}{b}$ $\eta_4 = 1/8 \cdot (1 + 1/n^2)$ |
| 4 |  $h : b = h_0 : b_0 = n > 1$ | Kao pre | $M_t = \frac{\pi}{16} \frac{b^3 h - b_0^3 h_0}{b} \tau_{dozv}$ $= \frac{\pi}{16} n \frac{b^4 - b_0^4}{b} \tau_{dozv}$ | $M_t = \frac{\pi}{16} \frac{n^3}{n^2 + 1} \cdot (b^4 - b_0^4) G \vartheta$ | $\vartheta = \frac{n^2 + 1}{n^2} \frac{\max \tau}{G} \frac{1}{b}$ $\eta_4 = 1/8 \cdot [1 + (b_0/b)^2] \cdot (1 + 1/n^2)$ |

[1]) U glavnom po Const. Weber-u: Die Lehre von der Drehung sfestigkeit, Mitt. Forschungsarb. VDI, H. 249, Berlin 1921. — U ovoj raspravi dati su dalji oblici poprečnih preseka.

[2]) Mali polukružni žljeb ili mali oštri zarez na obimu samo neznatno smanjuje moment $M_t$, naprotiv napon $\tau$ se na tom mestu u prvom slučaju povećava do dvostruke vrednosti, a u drugom slučaju do vrednosti $\tau = \infty$.

**Tablica 14. Dozvoljeni momenti torzije, smičući naponi i uglovi torzije** (nastavak)

| Br. | Poprečni presek | Smičući napon $\tau$ i $\tau_{max}$<br>$\tau = \tau_t$ | Dozvoljeni moment torzije $M_t$<br>$\tau_{dozv} = \tau_{t\,dozv}$ | Moment torzije $M_t$ pri jediničnom uglu torzije $\vartheta$ | Jedinični ugao torzije $\vartheta$ pri max $\tau$; $\eta_4$ koefic. rada $A = M_t\,\vartheta l/2 = \eta_4\,V \max \tau^2/G$ (str. 836, 839) |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Proizvoljan prsten $s$ = const  | $F_a$ ($F_i$) — površina ograničena spoljnim (unutrašnjim) obimom poprečnog preseka. Srednja linija prstena polovi debljinu $s$<br>$F_m$ — površina ograničena srednjom linijom prstena,<br>$U_m$ — dužina srednje linije prstena (str. 840, tekst uz sl. 35). | $M_t = (F_a + F_i)\,s\,\tau_t$ | $M_t \approx 2\,(F_a + F_i) \cdot \frac{F_m\,s}{U_m}\,G\,\vartheta$ | $\vartheta = \frac{1}{2}\,\frac{U_m}{F_m}\,\frac{\tau_t}{G}$<br>$\eta_4 = \frac{1}{4}\,\frac{F_a + F_i}{F_m}$ |
| 6 | | max $\tau$ na sredini strana<br>U temenima je $\tau = 0$ | $M_t = 0{,}208\,h^3\,\tau_{dozv}$ | $M_t = 0{,}1404\,h^4\,G\,\vartheta$ | $\vartheta = 1{,}481 \cdot \frac{\max \tau}{G}\,\frac{1}{h}$<br>$\eta_4 = 0{,}154$ |
| 7 | <br>$h : b = n > 1$ | max $\tau = \tau_h$ na sredini strane $h$<br>$\tau_b$ na sredini strane $b$<br>$\tau_b = \eta_1\,\tau_h$. U temenima je $\tau = 0$; $\eta_1$ v. tablicu 14a | $M_t = \tau_{dozv}\,n\,b^3/\eta_2 = \tau_{dozv}\,h\,b^2/\eta_2$<br>$\eta_2$ v. tablicu 14a | $M_t = \eta_3\,n\,b^4\,G\,\vartheta = \eta_3\,h\,b^3\,G\,\vartheta$<br>$\eta_3$ v. tablicu 14a | $\vartheta = \frac{1}{\eta_2\,\eta_3}\,\frac{\max \tau}{G}\,\frac{1}{b}$<br>$\eta_4$ v. tablicu 14a |
| 7a | <br>$h \cdot b > 4$ | $\tau_h$ ($\tau_b$) = max $\tau$ na sredini duže strane,<br>$\tau_b \approx 0{,}74\,\tau_h$ | $M_t \approx \frac{h\,a^2}{3{,}3}\,\max \tau = (h\,a^2/3{,}3)\,\tau_{dozv}$ | $M_t \approx 3\,n\,G\,\vartheta\,b^4$ | $\max \tau \approx G\,\vartheta\,b$<br>$A \approx 0{,}15\,\frac{\max \tau^2}{G}\,V$ |
| 8 |  | Trougaoni i trapezni poprečni presek može se pri proračunu svesti na pravougaoni poprečni presek iste visine. Širina koju pri tome treba uneti u jednačine pod 7. dobiva se kad se iz težišta $S$ trapeza ili trougla povuku upravne $SE$, $SF$ na strane, a kroz tačke $E$, $F$ prave paralelne osi. To su strane zamenjujućeg pravougaonika. | | | |

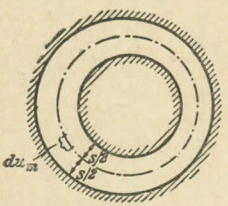
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | Površina $F$ | max $\tau$ na sredini strana | $M_i = 0{,}217\, d_m F \max \tau$ | $M_t = 0{,}133 \cdot d_m^2 F G \vartheta$ | $\vartheta = 1{,}635 \dfrac{\max \tau}{G} \dfrac{1}{d_m}$ <br> $\eta_4 = 0{,}1774$ |
| 10 |  Površina $F$ | max $\tau$ na sredini strana | $M_t = 0{,}223\, d_m F \max \tau$ | $M_t = 0{,}130 \cdot d_m^2 F G \vartheta$ | $\vartheta = 1{,}716 \dfrac{\max \tau}{G} \dfrac{1}{d_m}$ <br> $\eta_4 = 0{,}1913$ |
| 11 | Valjani profil ([ ⌶ ⌊ i +) koji se sastoje iz pravougaonika $d\,b$ | max $\tau$ na sredini pravougaonika, čija je debljina = max $d$ <br> $d$ — uža strana, $b$ — duža strana, svakog pravougaonika max $d$ — uža strana najdebljeg pravougaonika. <br> U tačkama obima izuzev na krajevima je $\tau = d\,G\,\vartheta$ <br> U zaobljenima je $\tau$ nešto veće | $M_t = \eta \dfrac{\Sigma (d^3 b)}{3 \cdot \max d}\, \tau_{dozv}$ | $M_t = \dfrac{1}{3}\, \eta\, \Sigma (d^3 b)\, G\, \vartheta$ <br> Vrednosti $\eta$ (po A. Föppl-u) <br> I $\eta = 1{,}30$ <br> ⌊ $\eta \approx 1{,}00$ <br> [ $\eta < 1{,}30$ <br> $> 1{,}00$ <br> + $\eta = 1{,}17$ | $\vartheta = \dfrac{\max \tau}{G} \dfrac{1}{\max d}$ <br> $\eta_4 = \dfrac{1}{6}\, \eta \dfrac{\Sigma (d^3 b)}{\Sigma (d\,b) \cdot \max d^2}$ |

**Tablica 14a. Vrednosti koeficijenta $\eta_1$ do $\eta_4$ za pravougaonik u tablici 14, 7**

| $n = h : b$ | Kvadrat 1 | 1,5 | 2 = | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 | ∞ Ploča |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\eta_1 =$ | 1,000 | 0,858 | 0,796 | 0,753 | 0,745 | 0,743 | 0,743 | 0,743 | 0,743 |
| $\eta_2 =$ | 4,81 | 4,33 | 4,07 | 3,74 | 3,55 | 3,35 | 3,26 | 3,2 | 3,0 |
| $\eta_3 =$ | 0,140 | 0,196 | 0,229 | 0,263 | 0,281 | 0,299 | 0,307 | 0,313 | 0,333 |
| $\eta_4 =$ | 0,154 | 0,136 | 0,132 | 0,136 | 0,141 | 0,149 | 0,154 | 0,156 | 0,167 |

**Primer:** Primena hidrodinamičke analogije (str. 919). Kružni poprečni presek sa ekscentričnim otvorom sl 35. opterećen sa $M_t$. Traži se najveći smičući napon max $\tau$ na mestu najmanje debljine zida i jedinični ugao torzije $\vartheta$.

Trajektorije smičućih napona = strujnice. $s$ — debljina zida na proizvoljnom mestu, $\tau$ — srednji smičući napon duž $s$. Spajanjem tačaka koje polove debljinu $s$ dobivena trajektorija smičućih napona zamenjena je krugom poupречnika $r_m$. Element obima — $du_m$. Pretpostavljeno je da se $\tau$ ne menja duž $s$. Za rešenje služe: a) jednačina kontinuiteta strujanja, str. 532 b) Stockes-ov stav, str. 531. c) Uslov za ravnotežu momenata: moment napona = momentu torzije.



Sl. 35

a) $\tau_s = \max \tau \cdot \min s = \text{const.} = K.$

b) Poprečni presek ispunjen sa $\tau$ je vektorsko polje na koje se može primeniti Stockes-ov stav o cirkulaciji; duž srednje trajektorije smičućeg napona je cirkulacija:

$$\oint \tau \, du_m = 2 G \vartheta F_m = \tau_m u_m.$$

gde je $F_m$ površina ograničena srednjom trajektorijom smičućeg napona, $u_m$ dužina srednje linije a $\tau_m$ srednja prednost $\tau$ duž $u_m$.

c) $$M_t = \int \tau s \, du_m \, r_m.$$

Sa $\tau = K/s$ će biti $\oint \tau \, du_m = K \int du_m/s = K \, u_m \, (1/s)_m$. Vrednost integrala treba odrediti računom ili grafički. c) daje: $M_t = K u_m r_m = \max \tau \cdot \min s \cdot u_m r_m$.

$r_a = 1{,}2$ cm, min $s = 0{,}2$ cm, $r_m = 1$ cm $u_m = 2\pi$ cm,
$r_i = 0{,}8$ cm, $e = 0{,}2$ cm, ekscentricitet, $F_m = \pi$ cm$^2$.

$$\oint du_m/s = 2\pi/0{,}2\sqrt{3}.^{1})$$

c) $$M_t = \max \tau \cdot 0{,}2 \cdot 2\pi \cdot 1 = 1{,}256 \max \tau,$$

b) $$2 G \vartheta \pi = \max \tau \cdot 0{,}2 \cdot 2\pi/0{,}3 \cdot 1{,}73),$$
$$\max \tau = 1{,}73 \, G \vartheta.$$

Ako se uzme u obzir da smičući naponi nisu duž $s$ jednako raspodeljeni, to se po S. Weber-u[1]) dobije tačnije:

$$M_t = 1{,}235 \max \tau \qquad \max \tau = 1{,}768 \, G \vartheta.$$

**Primer:** Merodavna je deformacija. Vratilo regulatora jedne turbine, dugačko $l = 600$ cm, vrši regulatorsko pomeranje od 60°; pri tome treba preneti moment torzije $M_t = 15\,000$ kgcm. Uvijanje početnog prema krajnjem poprečnom preseku vratila ne treba da bude veće od 1% ugla od 60°, da bi ovaj na regulatoru došao do punog izražaja. Odrediti prečnik vratila. Materijal: topljeni čelik $G = 800\,000$ kg/cm$^2$.

Ugao za regulatorsko pomeranje izražen u lučnoj meri: $60/57{,}3 = 1{,}047$. Dozvoljen ugao torzije pri elastičnom uvijanju vratila je prema tome $\vartheta_l = 0{,}01 \cdot 1{,}047 = 0{,}01047$ a jedinični ugao torzije $\vartheta$ prema jedn. (2) str. 836, sa $\vartheta = \vartheta_l/l = 0{,}01047/600$ je

$$\vartheta = M_t/G J_t.$$

---

[1]) C. Weber: Mitt. Forschungsarb. VDI 1921 sv. 249. str. 50 i 51.

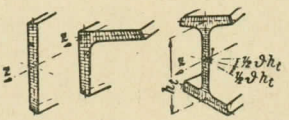
Odatle je potreban polarni moment inercije:

$$J_t = \frac{M_t}{G\vartheta} = \frac{15\,000 \cdot 600}{800\,000 \cdot 0{,}010\,47} = 1075 \text{ cm}^4.$$

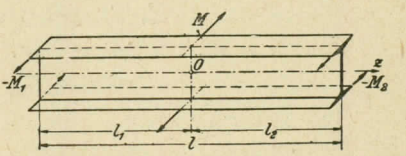
Ekvatorijalni moment inercije $J$ je jednak polovini polarnog momenta inercije $J_t$ (v. str. 809), dakle $J = 538$ cm$^4$, ovom podatku po tabl. 6 str. 807, odgovara $D = 10{,}2$ cm, ili, po tabl. 7 str. 808, kružni prsten sa $D = 11$ cm i debljinom zida $\delta = 16$ mm. Najveći smičući napon prema jedn. (1), str. 836, a s obzirom na str. 809 dole i podacima iz tabl. 6 i 7: iznosi 77 kg/cm$^2$, dakle mnogo je manji od dozvoljenog. Merodavna je prema tome deformacija. Može se primeniti St 40 do St 70, čiji modul klizanja $G$ ima približno istu vrednost.

**3. Vitoperenje poprečnog preseka i normalni naponi koji se pojavljuju usled vitoperenja**[1]). Usled smičućih napona i obrtanja podužnih vlakana oko ose štapa vitoperi se prvobitno ravan poprečni presek. Samo kružni i prstenasti poprečni preseci ostaju ravni. Sl. 36 a do c pokazuje vitoperenje uskog pravougaonika, ⌊-profila i I-profila.

Ako dva susedna dela grede imaju različite momente torzije, dakle, ako u poprečnom preseku deluje spoljni spreg sila, vitoperenja oba dela se ne poklapaju. Pojavljuju se sekundarni normalni naponi.



Sl. 36 a do c




Sl. 37

Ovi naponi su od značaja samo kod poprečnih preseka sa velikim vitoperenjem, na pr., kod prstenastih preseka sa prorezom, profila sa dva pojasa: I-, Z-, ⊏- profila i profila šina (t. zv. otvoreni preseci).

Kod I-nosača (sl. 37), koji je u poprečnom preseku $z = 0$ opterećen spregom $M = M_1 + M_2$, a na krajevima sa $-M_1$, odn. $-M_2$, je od $z = -l$, do 0 $M_t = -M_1$, od $z = 0$ do $l_2$ $M_t = M_2$. U svakom poprečnom preseku prenose deo momenta torzije $M_{tr}$ isključivo smičući naponi usled torzije (sl. 38a), a deo $M_{tf}$ transverzalne sile pojaseva $Q$ (sl. 38b). Jedinični ugao torzije je promenljiv:

$$\text{od } z = -l_1 \text{ do } 0\text{: } \vartheta = -\frac{M_1}{GJ_t} + \frac{M}{GJ_t}\,\frac{\operatorname{Sin}\omega l_2 \operatorname{Cof}\omega (l_1 + z)}{\operatorname{Sin}\omega l},$$

$$\text{od } z = 0 \text{ do } l_2\text{: } \vartheta = \frac{M_2}{GJ_t} - \frac{M}{GJ_t}\,\frac{\operatorname{Sin}\omega l_1 \operatorname{Cof}\omega (l_2 - z)}{\operatorname{Sin}\omega l},$$

$$\text{sa } \omega = \sqrt{GJ/EJ_y} \cdot 2\,h_t \text{ (za normalne profile} \approx 1/2{,}5\,h_t).$$

$J_t = 1{,}3 \cdot {}^1/_3 \cdot \Sigma (d^3 b)$

$J_y$ = moment inercije površine poprečnog preseka u odnosu na osu $y$ (sl. 38c),

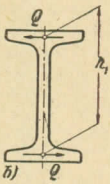
$h_t$ = visina nosača između sredine nožica (sl. 38b).

---

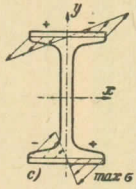
[1]) Timoshenko: Zf Math. u. Physik 58. (1910), str. 361. — C. Weber. ZAM. sv. 6 (1926). str. 85.

Za svaki deo grede biće $M_{tr} = \vartheta\, GJ_t, M_{tf} = M - M_{tr}, Q = M_{tf}/h_t$.

Sl. 38a




Sl. 38b




Sl. 38c

Gornnji i donji deo biće opterećeni momentima savijanja veličine $\mathfrak{M}_b$ oko ose $y$ poprečnog preseka a u suprotnim smerovima. Momenti $\mathfrak{M}_b$ opadaju sa $z$. Pri tome je $d\,\mathfrak{M}_b/dz = Q$. Za $z = 0$ je najveći moment savijanja za svaku polovinu poprečnog preseka:

$$\max \mathfrak{M}_b = \frac{M}{\omega h_t} \frac{\operatorname{Sin} \omega l_1 \operatorname{Sin} \omega l_2}{\operatorname{Sin} \omega l}$$

Najveći normalni napon usled savijanja u poprečnom preseku na krajevima pojaseva (sl. 38c): $\max \sigma = 2\,\mathfrak{M}_b/W_y$ gde je $W_y$ otporni moment za savijanje oko ose $y$ I-profila.

Pri složenom opterećenju rešenje se dobiva superpozicijom. Za $l_1 = l_2 = {}^1/_2 \cdot l$ i $M_1 = M_2 = {}^1/_2 \cdot M$ ostaje poprečni presek $z = 0$ ravan; taj slučaj odgovara potpuno uklještenom nosaču, kod koga se u uklještenom poprečnom preseku i pojasevi ne mogu poprečno savijati.

## E. Složeno naprezanje

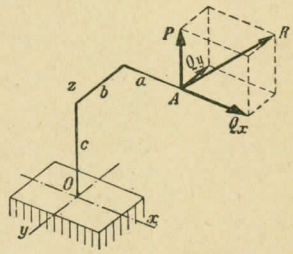
Oznake v. str. 775, 791, 831 i 835.

### a) Proizvoljno opterećenje

Ako je prav štap opterećen proizvoljnim silama i spregovima i ako se traži njihovo dejstvo na neki poprečni presek, treba ih razložiti u sile $P$ u pravcu ose štapa ($z$) — one izazivaju zatezanje ili pritisak — u sile $Q$ upravno na osu štapa a u pravcu osa ($x$ i $y$) poprečnog preseka — one izazivaju smicanje ili savijanje ili torziju — u spregove $M_x$ i $M_y$ oko osa $x$ i $y$ — oni izazivaju savijanje — i spreg oko ose štapa ($z$) koji izaziva torziju. U posmatranom poprečnom preseku treba smatrati da je štap uklješten a komponente sila i momenata koji dejstvuju na prepušteni deo štapa algebarski sabrati u rezultantnu aksijalnu silu $P$ kroz težište preseka, transverzalne sile $Q_x$ i $Q_y$ kroz težište preseka, u momente $M_{xb}$ i $M_{yb}$ i moment torzije $M_{zt}$.

Odgovarajuće napone treba izračunati metodama koje su date u odeljcima »Savijanje« (str. 792), »Smicanje« (str. 831), »Torzija« (str. 835). Treba oceniti najjače napregnuto mesto poprečnog preseka ili neko koje je približno jednako napregnuto a za proračun zgodnije. Jednorodne i kolinearne napone treba algebarski sabrati, konačno se dobiva rezultantno $\sigma$ i rezultantno $\tau$ za isti element površine. Pri ravnom stanju napona, koje je kod štapova najčešće, sabiraju se naponi prema odeljku **d)** (str. 856, upor. i str. 784) u jedan ukupni uporedni napon $\sigma_v$ i prosuđuje da li je dozvoljen.

Glavne ose poprečnog preseka koje padaju u ravan momenta savijanja mora da budu ose simetrije, inače ne važi uobičajena jednačina za savijanje. U praksi treba prvenstveno upotrebljavati poprečne preseke sa dve ose simetrije (str. 797).



Sl. 39 a

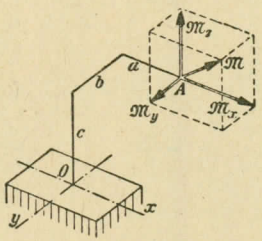
**Primer**[1]). Na sl. 39a uklješten je u $O$ poprečni presek štapa ili se smatra da je uklješten. Sila $R$ koja opterećuje štap napada u $A$. Normala na poprečni presek (osa $z$) tangira u tački $O$ osu grede, koja inače od $O$ do $A$ može da ima proizvoljan oblik. Redukovati silu $R$ na težište $O$ poprečnog preseka.

Pravougli koordinatni sistem $(x\,y\,z)$ je usvojen tako da su $x$ i $y$ glavne ose poprečnog preseka, a $z$ osa pada u osu grede u tački $O$. Sila $R$ je razložena u komponente $P$, $Q_x$ $Q_y$. Koordinate tačke $A$ u izabranom koordinatnom sistemu su $(a, b, c)$. Za posmatrani poprečni presek se dobiva:

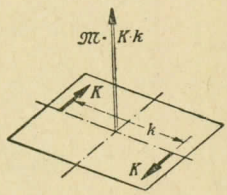
sila zatezanja $P$ transverzalna sila $Q_x$ transverzalna sila $Q_y$.

moment savijanja oko ose $x$ u $O$: $M_{xb} = Q_y c - P b$
moment savijanja oko ose $y$ u $O$: $M_{yb} = Q_x c - P a$
moment torzije: $M_{zt} = Q_x b - Q_y a.$

**Primer**[1]) Na sl. 39b su geometriski podaci isti kao i u prethodnom primeru. Opterećenje u tački **A:** spreg $\mathfrak{M}$ pretstavljen po veličini i položaju vektorom $\mathfrak{M}$ (prema sl. 39c). Kako dejstvuje ovaj spreg na poprečni presek u $O$?



Sl. 39 b



Sl. 39 c

Koordinatni sistem je usvojen kao i u prethodnom primeru. Spreg je razložen u komponente $\mathfrak{M}_x$, $\mathfrak{M}_y$, $\mathfrak{M}_z$. Ove komponente mogu biti date i neposredno.

Spreg sila koji napada čvrsto telo sme proizvoljno da se pomera paralelno sam sebi a da se pri tome njegovo dejstvo na mesto uklještenja (uklješteni presek u $O$) ne menja. Premeštanjem $\mathfrak{M}$ odn. njegovih komponenata u $O$ dobiva se

moment savijanja $\mathfrak{M}_x$ moment savijanja $\mathfrak{M}_y$ moment torzije $\mathfrak{M}_z$.

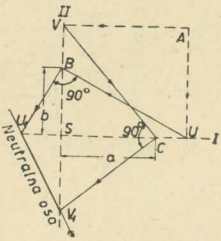
---

[1]) Dalje primere za objašnjenje i pomoćne prikaze v. Ensslin: Elastizitätslehre für Ingenieure, I. Sammlg. Göschen, sv. 519. 1921, str. 8 i 9. Leipzig u. Berlin 1921. — Irtenkauf: Schrägarm von Kurbelwellen, Maschbau 2 (1922/23), str. G 37

## b) Zatezanje (ili pritisak) i savijanje

### I. Materijal je otporan i prema zatezanju i prema pritisku

Prav štap opterećen je ekscentrično silom $P$ koja dejstvuje paralelno osi štapa. Na sl. 40a je $S$ težište a $SI$ i $SII$ su glavne težišne ose poprečnog preseka; u tački $A$ prodire napadna linija sile $P$ ravan preseka; $M_b = P(SA)$ je moment savijanja za poprečni presek. Odrediti položaj neutralne ose.



Sl. 40 a

**1. Određivanje neutralne ose za napadnu tačku** $A$. a) Po Mohr-u[1]) koristeći glavne poluprečnike inercije i $b$: Neka za prvu glavnu osu $SI$ bude: $J_1 = \max J = Fa^2$, za drugu glavnu osu upravnu na $SI$, $J_2 = \min J = Fb^2$. Od $S$ u pravcu $SI$ treba preneti $SC = a$ a od $S$ u pravcu $SII$ $SB = b$ i naći projekcije $U$ i $V$ tačke $A$ na $SI$ i $SII$; zatim povući $VC$ i $CV_1 \perp VC$ do preseka $V_1$ sa $SII$; isto tako povući $UB$ i $BU_1 \perp UB$ do preseka $U_1$ sa $SI$, onda je prava $U_1V_1$ neutralna osa. Voditi računa o poslednjem stavu pod **a)**. Na onoj strani od neutralne ose koja sadrži tačku $A$ vladaju u poprečnom preseku naponi pritiska, na drugoj strani naponi zatezanja.

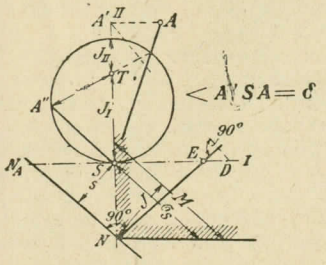
Konstrukcija neutralne ose po Mohr-u može se primeniti samo za ekscentrični pritisak, tj. kad savijanje koje prati pritisak potiče od pritiska, dakle, ona se ne može primeniti u svakom slučaju pritiska (ili zatezanja) i savijanja, u kome je savijanje nezavisno od pritiska (zatezanja), kao ni u slučaju kosog savijanja (ravan momenta savijanja ne sadrži ni jednu od glavnih osa poprečnog preseka). Primer za koso savijanje v. str. 859.

b) Po Land-u[2]), upotrebom kruga inercije (sl. 40b). Neutralna osa je paralelna pravoj $SA''$ koja prolazi kroz težište $S$, t. zv. konjugovanoj osi linije sile $AS$ a nalazi se na otstojanju $š = J' : Fp$ od ose $SA''$. Položaj neutralne ose zgodno se određuje pomoću preseka $N$ sa jednom od glavnih osa. Krug inercije treba tako ucrtati da dodiruje jednu glavnu osu koja prolazi kroz $S$, na pr., osu $SI$, pri čemu t. zv. centar inercije $T$ leži na drugoj glavnoj osi $SII$. Na $SI$ treba preneti otsečke $SE = J_1 : n$ i $SD = n : F$, oba u razmeri u kojoj je nacrtan poprečni presek; $n$ je podesno izabrana veličina trećeg reda (na pr., $n = 100\ \text{cm}^3$). Kad se povuče $AA'$ paralelno sa $SI$, $EN$ upravno na $DA'$, onda je neutralna osa

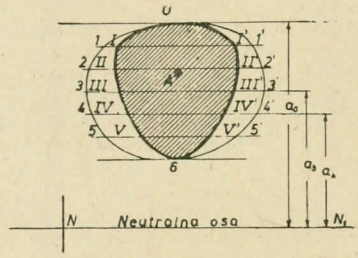
[1]) Mohr: Abhandlg. aus dem Gebiet der Techn. Mech., 2 izd., str. 270, Berlin 1913, Ernst & Sohn.

[2]) Land: Ermittlung der Spannungsverteilung . . . . Z f. Bauwes. (1892), str. 552 i dalje.

prava $NN_A$ paralelna $SA''$. — Ovaj je postupak naročito pogodan pri određivanju napona pod 2.




Sl. 40 b




Sl. 41

**Inverzija** oba postupka određuje pri datoj neutralnoj osi napadnu tačku $A$.

Često je dovoljno da se to odredi pomoću t. zv. »a k t i v n e p o v r š i n e«. Ta se površina dobiva na ovaj način: poprečni presek treba ispresecati pravim paralelnim neutralnoj osi i dobivene duži smanjiti u odnosu njihovog otstojanja i otstojanja krajnje tačke poprečnog preseka od neutralne ose, pa preneti na odgovarajuću pravu i krajnje tačke tih redukovanih duži spojiti; najudaljenija duž ostaje pri tome nepromenjena. Tako se za poprečni presek 0 1 2 3 4 5 6 5′ . . . 0 na sl. 41 dobiva »aktivna površina« 0 III 6 III′ 0 (osenčeni deo na sl. 41), kad se prenese, na pr., III III′ $= a_3/a_0 : (3\,3')$, IV IV′ $= a_4/a_0 \cdot (4\,4')$ itd. T e ž i š t e $A$ »aktivne površine« (treba ga odrediti, na pr., grafički) je tada napadna tačka kojoj odgovara neutralna osa $N N_1$.

**2. Određivanje napona.** Napon $\sigma_s$ u težištu ne zavisi od položaja napadne tačke sile (dakle i od veličine momenta $M = Pp$); $\sigma_s = P/F$ (i to je napon pritiska kada je sila $P$ pritisak i obrnuto), $\sigma_s$ je dakle prosečni napon u poprečnom preseku.

Naponi se dobivaju iz $\sigma = yM/J'$, gde je (sl. 40b) $J' = TA''$ a $y$ otstojanje ma koje tačke poprečnog preseka od neutralne ose $NN_A$.

**Najveći napon**

$$\max \sigma = eM/J', \text{ gde je } e = \max y.$$

$\max \sigma$ i $\min \sigma$ se određuju pomoću tačaka na konturi jezgra, v. pod **5**, ili slede iz proporcije kada je određena neutralna osa i prenet napon $\sigma_s = \sigma_m = P/F$.

**3. Zavisnost između napadne tačke sile i odnosne neutralne ose.** Ako se napadna tačka sile $P$ pomera po pravoj $AA_1$, onda se odnosne neutralne ose obrću oko tačke $N$, napadne tačke sile kojoj odgovara prava $AA_1$ kao neutralna osa, i obrnuto. Za napadnu tačku sile i odnosnu neutralnu osu se kaže da su s p r e g n u t e (konjugovane).

**4. Jezgro preseka** je površina u kojoj mora da se nalazi napadna tačka $A$ sile da bi u poprečnom preseku $F$ vladao napon isključivo jednog znaka. Ako $A$ leži izvan jezgra, onda se u pre-

seku pojavljuju kako naponi zatezanja tako i naponi pritiska; ako $A$ leži na konturi jezgra, onda se ivični naponi menjaju do vrednosti nula, a da pri tome ne promene znak. Granica jezgra je prema tome linija koju opisuje napadna tačka $A$ kada neutralna osa obilazeći oko preseka zauzme sve mogućne položaje koji obavijaju poprečni presek, ili, u skladu sa **3:** ako napadna tačka $A$ opisuje obvojnicu preseka (ne treba je zamenuti sa njegovom konturom), odnosne neutralne linije obavijaju jezgro preseka. Svakom temenu $E$ obvojnice preseka odgovara prava linija $e$ konture jezgra, koja je spregnuta sa pravcem što spaja težište $S$ sa temenom $E$. Obrnuto, svakoj pravoj $H$ obvojnice preseka odgovara teme $h$ jezgra i to $H$ i $S$ određuju spregnuti pravac pravcu $h$. Prema tome je jezgro jednog konveksnog $n$-to ugaonika takođe $n$-to ugaonik; kada postoje upadna temena, onda se broj strana jezgra smanjuje prema broju strana poprečnog preseka za broj tih uglova.

Tačke konture jezgra za datu liniju sile su presečne tačke konture jezgra sa linijom sile. Otstojanje $r$ (u cm) svake tačke konture jezgra od težišta $S$ zove se otstojanje tačke konture jezgra.

Za glavnu osu preseka kao liniju sile otstojanje tačke konture jezgra je $r = W/F$.

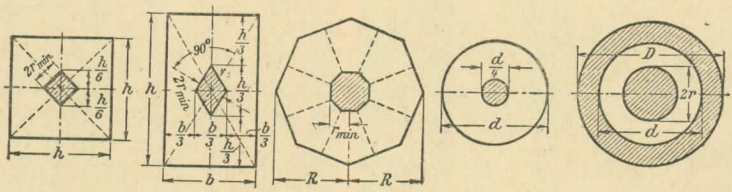
### Jezgro preseka i najmanje otstojanje tačke konture jezgra min $r$ nekih poprečnih preseka

**Kvadrat** (sl. 42) $\min r = h/(6\sqrt{2}) = 0{,}1179\,h.$

Dijagonale jezgra $= {}^1/_3 \cdot h.$

**Pravougaonik** (sl. 43) $\min r = b\,h/(6\sqrt{b^2 + h^2}).$

Dijagonale jezgra $= {}^1/_3 \cdot h$ i ${}^1/_3 \cdot b.$




Sl. 42 Sl. 43 Sl. 44 Sl. 45 Sl. 46

**Osmougaonik** (sl. 44) $\min r = 0{,}2256\,R.$

**Krug** (sl. 45) $r = d/8 = \text{const.}$

**Kvadratni prsten** (spoljna strana $= H$, unutrašnja strana $= h$). Jezgro preseka je kvadrat, slično onom na sl. 42.

$$\min r = H/6 \cdot 1/\sqrt{2} \cdot [1 + (h/H)^2] = 0{,}1179\,H\,[1 + (b/H)^2].$$

**Osmougaoni prsten** [poluprečnici opisanih krugova su $= R_a$ i $R_i$, debljina zida $= 0{,}9239\ (R_a - R_i)$. Jezgro preseka je osmougaonik, slično onom na sl. 44.

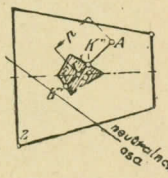
$$\min r = 0{,}2256\ R_a\,[1 + (R_i/R_a)^2].$$

**Kružni prsten** (sl. 46)

$$r = D\,[1 + (d/D)^2]/8 = \text{const.}$$

**I - profil.** Jezgro preseka je romb (kao kod pravougaonika). Za normalne profile je jezgro preseka dato u tablicama profila.

**5. Određivanje najvećih napona pomoću tačaka konture jezgra.** Ako su za datu liniju sile $AS$ (sl. 47) poznate tačke konture jezgra $K'$ i $K''$, onda su naponi $\max\sigma$ i $\min\sigma$ u preseku usled pozitivne sile $P$ u $A$ dati sa:



Sl. 47

$$\max\sigma = (1 + p/r')\,P/F, \qquad \min\sigma = (1 - p/r'')\,P/F,$$

gde je $SK' = r'$ a $SK'' = r''$.

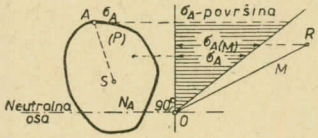
Vrednosti su ispravne samo za preseke čije su obe glavne ose ose simetrije ($r' = r''$).

**6. Uzajamnost napona.** Ako su $A$ i $B$ d v e proizvoljne tačke preseka, onda sila $P$ u $A$ izaziva napon u $B$ koji je jednak naponu u $A$ izazvanom silom $P$ u $B$. (Odavde proizilaze odnosi pod **3**).

**7. Uticajna površina za napon.** Ako se naponi $\sigma$ za neko proizvoljno naponsko stanje prenesu u odnosnim tačkama upravno na poprečni presek kao duži, onda njihove krajnje tačke određuju ravan, t. zv. p o v r š i n u n a p o n a, koja se može pretstaviti njenom poprečnom projekcijom (sl. 48).

Ako se, međutim, promenljiv napon $\sigma_A$ u nekoj stalnoj tački $A$ usled pokretne sile $P = 1$ t prenese u napadnoj tački sile, dobiće se uticajna površina za $\sigma_A$ ili kratko $\sigma_A$ - površina. Iz **6** proizilazi prema tome:

Uticajna površina za napon $\sigma_A$ jednaka je površini napona za slučaj da sila $P = 1$ t dejstvuje u $A$. Ova površina napona može se konstruisati prema sl. 40b (str. 845), pri čemu je $M = 1\text{t} \cdot SA$.

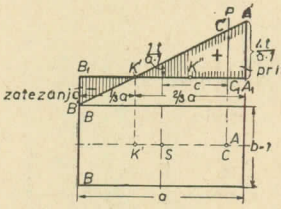


Sl. 48

**8. Pravougaonik.** Uticajna površina za ivični napon $\sigma_A$ pravougaonika dužine $a$, širine $b = 1$ m može se korisno primenuti kod zidova i svodova (sl. 49). Neka jedinica za silu bude 1 t. Granična prava $A'K'B'$, $\sigma_A$-površine, u odnosu na $A_1B_1$, prolazi

kroz tačku konture jezgra $K'$ ($K'A = {}^2/_3 \cdot a$) koja odgovara pravoj $A$ i otseca na vertikali kroz $S$ ordinatu $\sigma_s = 1\,t/(a \cdot 1)$ a na vertikali kroz graničnu tačku $A$ ordinatu $4\,t/(a \cdot 1)$. Ove ordinate treba preneti u razmeri za $\sigma$. Sila $P$ (u t) koja napada u proizvoljnoj tački $C$ izaziva tada u tački $A$ napon:

$$\sigma_A = P \cdot \overline{C_1 C'}.$$



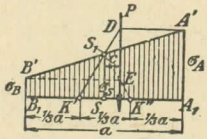

Sl. 49

U $A$ javiće se napon sa pozitivnim znakom samo dotle dok je napadna tačka sile $P$ na delu $AK' = {}^2/_3 \cdot a$.

Ivični naponi (najveći ivični pritisci) dobivaju se računski iz:

$$\sigma_A = 6\,M_k'/a^2 \quad \text{i} \quad \sigma_B = 6\,M_k''/a^2,$$

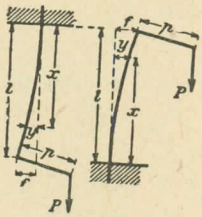
gde su $M_k'$ i $M_k''$ momenti od $P$, u odnosu na tačke $K'$ i $K''$ konture jezgra. Ako sila $P$ napada u $C$ (na $AS$, sl. 49) i ako se stavi da je ekscentricitet (otstojanje tačke $C$ od težišta $S$ preseka) $SC = c$, onda je




Sl. 50

$$\left.\begin{matrix}\sigma_A \\ \sigma_B\end{matrix}\right\} = \begin{matrix}\max \\ \min\end{matrix} \sigma = \frac{P}{a^2}(a \pm 6c) = \frac{P}{a}\left(1 \pm \frac{6c}{a}\right).$$

Ako presek treba da primi samo pritiske mora da bude $6c : a < 1$; dakle $c < {}^1/_6 \cdot a$, tj. sila $P$ mora da napada u srednjoj trećini $K'K''$ dužine poprečnog preseka.




Sl. 51 Sl. 52

Kako je kod pravougaonog poprečnog preseka $a\,b$

$$\sigma_A/\sigma_s = 1 + 6c/a = (a/6 + c) : (a/6),$$

to se dobiva sledeći jednostavan grafički postupak za određivanje ivičnih napona (sl. 50):

U težištu $S$ treba preneti prosečni napon $\sigma_s = P : a = SS_1$ upravno na $A_1B_1$ povući $K'S_1$ ($K'$ je tačka konture jezgra) do preseka $D$ sa pravcem sile $P$, zatim $DA'$ paralelno sa $B_1A_1$ i liniju $A'S_1B'$. Ordinate dijagrama napona $A'B'$ (površina $A'S_1B'B_1A_1$) pretstavljaju napone u poprečnom preseku usled sile $P$ a $A_1A'$ i $B_1B'$ ivične napone.

**9. Dugi štapovi** koji trpe primetne ugibe usled ekscentrične sile $P$ (sl. 51 i 52). Odnosne formule date su u tablici 15.

**Tablica 15. Dugi štapovi opterećeni ekscentričnom silom**

| Naziv | Pri ekscentričnom zatezanju (sl. 51) | Pri ekscentričnom pritisku (sl. 52) |
|---|---|---|
| Jednačina elastične linije[1]) | $y = \frac{p}{\mathfrak{Cos}\,\omega l}(\mathfrak{Cos}\,\omega x - 1)$ | $y = \frac{p}{\cos \omega l}(1 - \cos \omega x)$ |
| Najveći ugib (strela) | $f = p\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cos}\,\omega l}\right)$ | $f = p\left(\frac{1}{\cos \omega l} - 1\right)$ |
| Moment savijanja | $M_x = Pp\,(\mathfrak{Cos}\,\omega x)/(\mathfrak{Cos}\,\omega l)$ za $x = l$ je $\max M = Pp$ | $M_x = Pp\,(\cos \omega x)/(\cos \omega l)$ za $x = 0$ je $\max M = Pp/(\cos \omega l)$ |
| Najveći naponi | $\frac{\max}{\min}\sigma = \sigma_s\left(1 \pm \frac{pF}{W}\right)$ | $\frac{\max}{\min}\sigma = \sigma_s\left(1 \mp \frac{pF}{W \cos \omega l}\right)$ |

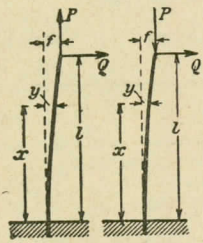
Značenje hiperboličke funkcije $\mathfrak{Cos}$ v. str. 99; tabl. 8, st. 47. i dalje. Veličina $\omega$ definisana je sa

$$\omega = \sqrt{P/EJ},$$

gde je $J$ (u cm$^4$) moment inercije poprečnog preseka $F$ u odnosu na težišnu osu od $F$, upravnu na ravan savijanja. $W$ je odnosni otporni moment preseka u cm$^3$.

Približne formule dobiće se kada se u prethodne stavi:

$\mathfrak{Cos}\,\omega l = 1 + Pl^2/2\,EJ$ i $\cos \omega l = 1 - Pl^2/2\,EJ$



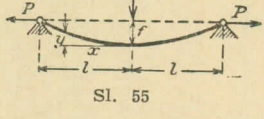
Sl. 53 Sl. 54

**10.** Umesto ekscentrične sile $P$ (pod 9) neka štap napada aksijalna sila $P$ i transverzalna sila $Q$ na njegovom slobodnom kraju (sl. 53 i 54). Značenje hiperboličkih funkcija $\mathfrak{Cos}$, $\mathfrak{Sin}$ i $\mathfrak{Tg}$ v. str. 99 i dalje. Veličina $\omega$ kao i pod **9.** Odnosne formule su date u tabl. 16.

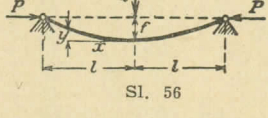
**Tablica 16. Štap opterećen aksijalnom i transverzalnom silom na slobodnom kraju štapa**

| Naziv | Sila zatezanja $P$ (sl. 53) | Sila pritiska $P$ (sl. 54) |
|---|---|---|
| Jednačina elastične linije | $y = \frac{Q}{P}\left(x - \frac{1}{\omega}\frac{\mathfrak{Sin}\,\omega l - \mathfrak{Sin}\,\omega(l-x)}{\mathfrak{Cos}\,\omega l}\right)$ | $y = \frac{Q}{P}\left(-x + \frac{1}{\omega}\frac{\sin \omega l - \sin \omega(l-x)}{\cos \omega l}\right)$ |
| Najveći ugib | $f = \frac{Q}{P}\left(l - \frac{\mathfrak{Tg}\,\omega l}{\omega}\right)$ | $f = \frac{Q}{P}\left(\frac{\operatorname{tg} \omega l}{\omega} - l\right)$ |
| Moment savijanja | $M_x = \frac{Q}{\omega}\frac{\mathfrak{Sin}\,\omega(l-x)}{\mathfrak{Cos}\,\omega l}$ za $x = 0$ je $\max M = (Q/\omega)\,\mathfrak{Tg}\,\omega l$ | $M_x = \frac{Q}{\omega}\frac{\sin \omega(l-x)}{\cos \omega l}$ za $x = 0$ je $\max M = (Q/\omega)\operatorname{tg} \omega l$ |
| Najveći naponi | $\frac{\max}{\min}\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{\max M}{W}$ | $\frac{\max}{\min}\sigma = -\frac{P}{F} \pm \frac{\max M}{W}$ |

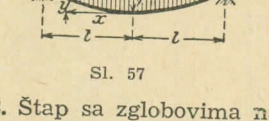
**11.** Štap sa zglobovima na krajevima, u s r e d i n i opterećen silom $2Q$ a sem toga aksijalnim silama $\pm P$ (sl. 55 i 56). Za ovaj slučaj važe formule pod **10.**



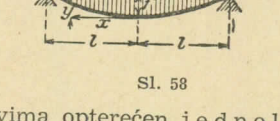

Sl. 55




Sl. 56




Sl. 57




Sl. 58

**12.** Štap sa zglobovima na krajevima opterećen j e d n o l i k o p o d e l j e n i m teretom $2Q$ na dužini $2l$ a sem toga aksijalnim silama $\pm P$ (sl. 57 i 58). Odnosne formule date su u tablici 17.

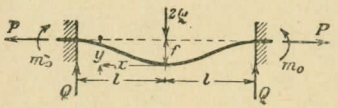
**Tablica 17. Štap opterećen aksijalnim silama i jednoliko podeljenim teretom**

| N a z i v | Sila zatezanja $P$ (sl. 57) | Sila pritiska $P$ (sl. 58) |
|---|---|---|
| Jednačina elastične linije | $y = \frac{Q}{P}\left(\frac{x^2}{2l} - \frac{1}{l\omega^2}\,\frac{\mathfrak{Cof}\,\omega x - 1}{\mathfrak{Cof}\,\omega l}\right)$ | $y = \frac{Q}{P}\left(-\frac{x^2}{2l} + \frac{1}{l\omega^2}\,\frac{1-\cos\omega x}{\cos\omega l}\right)$ |
| Najveći ugib | $f = \frac{Q}{P}\left[\frac{l}{2} - \frac{1}{l\omega^2}\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}\,\omega l}\right)\right]$ | $f = \frac{Q}{P}\left[-\frac{l}{2} + \frac{1}{l\omega^2}\left(\frac{1}{\cos\omega l} - 1\right)\right]$ |
| Moment savijanja | $M_x = \frac{Q}{l\omega^2}\left(1 - \frac{\mathfrak{Cof}\,\omega x}{\mathfrak{Cof}\,\omega l}\right)$ za $x = 0$ je $\max M = Q/l\omega^2 \cdot [1 - 1/(\mathfrak{Cof}\,\omega l)]$ | $M_x = \frac{Q}{l\omega^2}\left(\frac{\cos\omega x}{\cos\omega l} - 1\right)$ za $x = 0$ je $\max M = Q/l\omega^2 \cdot 1]/\cos\omega l) - 1]$ |
| Najveći naponi | $\frac{\max}{\min}\,\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{\max M}{W}$ | $\frac{\max}{\min}\,\sigma = -\frac{P}{F} \pm \frac{\max M}{W}$ |

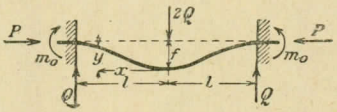
**Primedba.** Vrednost $\max M = (Q/l\omega^2)\,[1 - 1/(\mathfrak{Cof}\,\omega l)]$ teži kod dužih štapova vrlo brzo graničnoj vrednosti $M_0 = Q/l\,\omega^2$, kojoj odgovara najveći napon $\max \sigma = M_0/W = \frac{Q}{l}\,\frac{E}{P}\,\frac{J}{W} = q\,\frac{E}{P}\,e$, gde je $q$ opterećenje po 1 cm dužine štapa, a $e$ ostojanje najviše zategnutog vlakna od neutralne ose. Granična vrednost $\max \sigma$ je onaj normalni napon koji bi štap trpeo kada bi — bez ikakve krutosti — slobodno visio u obliku parabolične lančanice. Ovaj granični napon ne zavisi od raspona $2l$[1]).

[1]) ZVDI 41 (897), str. 955 i dalje.

13. Štap sa potpuno uklještenim krajevima opterećen na sredini silom $2Q$ a sem toga aksijalnim silama $\pm P$ (sl. 59 i 60). Odnosne formule date su u tablici 18.




Sl. 59




Sl. 60

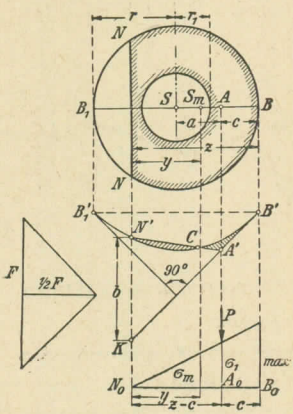
**Tablica 18. Na oba kraja uklješten štap opterećen aksijalnim silama i silom na sredini raspona**

| Naziv | Sila zatezanja $P$ (sl. 59) | Sila pritiska $P$ (sl. 60) |
|---|---|---|
| Jednačina elastične linije | $y=\frac{Q}{P\omega}\left[(\mathfrak{Cof}\,\omega x-1)\mathfrak{Tg}\frac{l\omega}{2}-\mathfrak{Sin}\,\omega x+\omega x\right]$ | $y=\frac{Q}{P\omega}\left[-(\cos\omega x-1)\operatorname{tg}\frac{l\omega}{2}+\sin\omega x-\omega x\right]$ |
| Najveći ugib | $f=\frac{Q}{P\omega}\left[l\omega-2\mathfrak{Tg}\frac{l\omega}{2}\right]$ | $f=\frac{Q}{P\omega}\left[2\operatorname{tg}\frac{l\omega}{2}-l\omega\right]$ |
| Moment savijanja | $M_x=\frac{Q}{\omega}\left[\mathfrak{Tg}\frac{l\omega}{2}\mathfrak{Cof}\,\omega x-\mathfrak{Sin}\,\omega x\right]$<br>za $x=0$ i $x=l$ je<br>$\max M=m_0=$<br>$=\pm(Q/\omega)\mathfrak{Tg}(l\omega)$ | $M_x=\frac{Q}{\omega}\left[\operatorname{tg}\frac{l\omega}{2}\cos\omega x-\sin\omega x\right]$<br>za $x=0$ i $x=l$ je<br>$\max M=m_0=$<br>$=\pm(Q/\omega)\operatorname{tg}(l\omega/2)$ |
| Najveći naponi | $\frac{\max}{\min}\sigma=\frac{P}{F}\pm\frac{\max M}{W}$ | $\frac{\max}{\min}\sigma=-\frac{P}{F}\pm\frac{\max M}{W}$ |

## II. Materijal je otporan samo prema pritisku (neotporan prema zatezanju)

Ova nepovoljna pretpostavka se čini radi sigurnosti pri ispitivanju običnih zidova, koji su opterećeni horizontalnim silama (pritiskom vetra, zemlje itd.), kod kojih se ne može očekivati da će malter prenositi zatezanja, već treba očekivati otvaranje spojnica ($\sigma_{dozv}$ v. III knj.). Pri tome se pretpostavlja da je, ukoliko sila pritiska $P$ napada izvan jezgra preseka, pritisnuti deo preseka (aktivni, radni presek) odvojen neutralnom osom $NN$ od dela koji u potpunosti ne radi, a da naponi pritiska rastu sa otstojanjem od neutralne ose.

Telo koje graniči površina napona i ravan preseka je klin (sl. 61). Njegova oštrica $N_0$ je neutralna osa a visina najveći ivični napon $\max \sigma$. $N_0$ i $\max \sigma$ treba tako odrediti da zapremina tog klina bude $= P$ i da se njegova vertikalna težina linija poklapa sa napadnom linijom sile $P$.




Sl. 61

Ako $S_1$ označuje moment, a $J_1$ moment inercije aktivnog dela preseka $F_1$ u odnosu na neutralnu osu $NN$, onda je otstojanje napadne tačke $A$ sile $P$ od neutralne ose $NN$:

$$x = J_1/S_1,$$

a dužina aktivnog dela preseka, merena duž ose $BB_1$: $z = c + J_1/S_1$, gde je $c$ otstojanje tačke $A$ od najbliže ivice $B$ preseka.

**Proizvoljan presek.** Napadna tačka $A$ sile pritiska $P$ leži na jednoj glavnoj osi $B S B_1$ koja je osa simetrije preseka (sl. 61). Po Mohr-u[1]) treba za dati (ceo) presek $F$, smatrajući ga kao površinu opterećenja, konstruisati odgovarajući verižni poligon a za pravac sila upravan na $BB_1$ a sa otstojanjem pola $\frac{1}{2} \cdot F$. Zatim treba povući $AA'$ upravno na $BB_1$ do preseka $A'$ sa tangentom u krajnjoj tački $B'$ i pravu $A'N'$ tako da obe osenčene površine budu jednake. Prava $NN$ upravna na $BB_1$ povučena kroz $N'$ je tada tražena neutralna osa. Ivični napon u $B$ biće

$$\max \sigma = 2Pz/Fb,$$

gde je $z$ otstojanje tačke $B$ konture preseka od neutralne ose $NN$, a $b = N'K$ mereno u razmeri za dužine.

Napon u težištu $S_m$ aktivnog dela preseka jednak je prosečnom naponu $\sigma_m = P/F_1$. Otstojanje težišta $S_m$ od neutralne ose $NN$, kao što je poznato, je $y = S_1/F_1$. $\sigma_1$ (na sl. 61) je napon u napadnoj tački $A$ sile $P$.

$$\sigma_1 = \sigma_m(z - c)/y = (z - c)\,P/y\,F_1 = P\,(z - c)/S_1.$$

Smanjivanje otstojanja pola na sl. 61 povećava tačnost crteža dogod se ne dobiju suviše kosi preseci.

**Postupak Jäcker-a**[2]). Ako kružni prsten ($D$, $d$, $\delta = d/D$) izložimo ekscentričnom pritisku i pretpostavimo da materijal prima: a) zatezanje i pritisak, b) samo pritisak, dobićemo da je najveći napon $\max \sigma$ jednak u oba slučaja dogod je ekscentricitet $a \leqq$ od otstojanja tačke konture jezgra $\omega_1 = D\,(1 + \delta^2)./8$. Pod pretpostav-

[1]) Mohr: Abhandl. loc. cit., 2 izd., str. 275. Sličan postupak dao je Grosche (sa primerom) Ztrlbl. Bauv. 31 (1911), str. 422. — Upor. nadalje Čalogović, Bu. E 18 (1919), str. 181, koji daje postupak zasnovan na osobini centrifugalnog momenta pritisnutog dela površine preseka.

[2]) Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1901, sv. 12 i 13.

kom a) $\max \sigma$ raste linearno sa ekscentricitetom a pri $a > w_1$: $\max \sigma_a = \sigma_0 [1 + (a/w_1)]$, gde je $\sigma_0 = R/F$. Ako važi pretpostavka b) onda $\max \sigma = f(a)$ raste brže, a neutralna osa $NN$ aktivnog dela preseka u kome vlada napon pritiska brže se pomera ka težišnoj osi preseka; obe se najposle poklapaju. Tada dejstvuje polovina površine kružnog preseka; ekscentrična sila dejstvuje u jednoj tački (udaljenijoj od $NN$) konture jezgra polovine površine kružnog preseka na otstojanju $a = w_2$. Jäcker naziva $w_2$ drugim otstojanjem tačke konture jezgra. Po teoriji savijanja je $w_2 = J_n/S_n = 0{,}294\ D\ (1 - \delta^4)\ (1 - \delta^3)$. Izračunamo li za $a = w_2$ a pod pretpostavkama a) i b) najveći napon $\max \sigma_a = \sigma_1$ i $\max \sigma_b$ dobićemo $\max \sigma_b = \max \sigma_a = -\min \sigma_a = \sigma_1 - \sigma_2$. Prema tome su na krivoj $\max \sigma = f(a)$ (dijagram, III knj., Odelj. Fabrički dimnjaci) određene dve tačke sa apscisama $a = w_1$ i $a = w_2$. Jäcker zamenjuje luk krive parabolom:

$$\max \sigma = \sigma_1 - \sigma_2 [(a - w_1)/(w_2 - w_1)]^2.$$

Pomoću nje se dobiva vrlo dobra približna vrednost za traženi maksimalni napon, a izračunavanje je svedeno na proračun po pretpostavci a). O drugim oblicima preseka v. III knj.

**Primer.** Kružni prsten $D = 351$ cm, $d = 251$ cm, $F = 47\,281$ cm², sila pritiska $G = 160\,685$ kg, ekscentricitet $a = 92{,}5$ cm. Otstojane tačke konture jezgra $w_1 = 66{,}4$ cm.

Pretpostavka a): $\delta = 0{,}715$; $\sigma_0 = G/F = 3{,}4$ kg/cm². $\max \sigma_a = \sigma_0 [1 + (a/w_1)] = 3{,}4\ (1 + 1{,}395) = 8{,}14$ kg/cm² pritisak $= \sigma_1$; $\min \sigma_a = \sigma_0 [1 - (a/w_1)] = 3{,}4\ (1 - 1{,}395) = -1{,}34$ kg/cm² zatezanje $= \sigma_2$.

Pretpostavka b): Drugo otstojanje tačke konture jezgra $w_2 = 0{,}249 \cdot 351\ (1 - 0{,}715^4)/(1 - 0{,}715^3) = 121$ cm. $\max \sigma = 8{,}14 + 1{,}34\ [(92{,}5 - 66{,}4)/(121 - 66{,}4)]^2 = 8{,}14 + 0{,}31 = 8{,}45$ kg/cm² najveći pritisak.

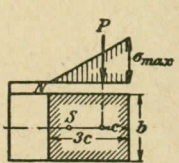
**Pravougaonik** (sl. 62). Ako sila $P$ dejstvuje u ravni glavne ose na ostojanju $c$ od obližnje ivice, onda je pritisak raspodeljen na dužini 3 $c$ (neutralna osa = $NN$), a na ivici je

$$\max \sigma = 2P/3bc.$$

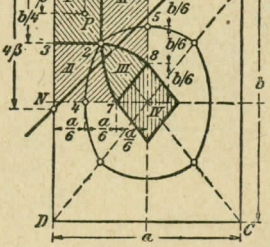
Dalje je (na otstojanju 1,5 $c$ od ivice) $\sigma_m = {}^1/_2 \cdot \max \sigma$; napon u napadnoj tački sile $P$ je

$$\sigma_1 = {}^2/_3 \cdot \max \sigma.$$

Ako napadna tačka sile $P$ leži unutar pravougaonika $A\ 1\ 2\ 3 =$ = I čije su strane jednake ¹/₄ strana $a$, $b$, onda je površina izložena pritisku trougao, tj. neutralna osa $NN$ prolazi kroz dve tačke na stranama $AB$ i $AD$ pravougaonika. Otstojanje ovih tačaka od $A$ iznosi $4a$



Sl. 62



Sl. 63

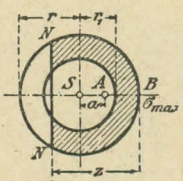
i 4 $\beta$, gde $\alpha$, $\beta$ označavaju otstojanja napadne tačke sile $P$ od $AD$, odn. $AB$. Najveći pritisak (u $A$) iznosi pri tome:

$$\max \sigma = 3P/8\alpha\beta.$$

Ako napadna tačka sile $P$ leži na duži 3 2, $NN$ prolazi kroz teme $D$, ako ona leži na duži 2 1, $NN$ prolazi kroz $B$. Ako $P$ napada u 2, onda se neutralna osa poklapa sa dijagonalom $DB$, a najveći pritisak (u $A$) iznosi

$$\max \sigma = 6P/ab.$$

Ako napadna tačka sile $P$ leži u delovima površine preseka koje su označene sa *II* i osenčene linijama nagnutim na levo, onda je površina izložena pritisku četvorougao, $NN$ seče dve naspramne strane pravougaonika; ako napadna tačka sile $P$ leži u delu *III* površina izložena pritisku je petougaonik, $NN$ preseca strane $DC$ i $BC$. Ako napadna tačka sile $P$ leži u *II* ili *III*[1]), onda je uopšte, $\max \sigma = 3P\xi/(8\alpha\beta)$, gde je približno $\xi = 1 - [(4\psi - 1)/3]^2$ a $\psi$ veće od obe vrednosti $\alpha/a$ i $\beta/b$. Za *II* je $\xi \lessgtr \frac{1}{0{,}89}$, za *III* je $\xi \lessgtr \frac{1}{0{,}026}$. Ako najzad napadna tačka sile $P$ leži u delu *IV* preseka — jezgru — onda je cela površina pravougaonika izložena pritisku. Granične linije između *II* i *III* su približno kubne parabole, koje se tangentno priljubljuju uz strane jezgra i strane pravougaonika *I*. Kriva 4 2 5 pretstavlja konturu »spoljnjeg jezgra preseka«, tj., konturu na kojoj treba da leži napadna tačka sile $P$ pa da polovina površine preseka bude njegova aktivna površina. Ako napadna tačka sile $P$ leži izvan »spoljnjeg jezgra preseka« tada dejstvuje manje od polovine površine pravougaonika, ako napadna tačka sile $P$ leži unutar »spoljnjeg jezgra preseka« tada je površina izložena pritisku veća od polovine površine pravougaonika. Poluose »spoljnjeg jezgra preseka« su $a/3$ i $b/3$; kriva 4 2 5 nije elipsa sa ovim poluosama, već leži izvan ove elipse.



Sl. 64.

Ako napadna tačka sile leži na liniji 7 8 jezgra biće, kao što je poznato, $\max \sigma = 2P/ab$. Ako one leže na konturi »spoljnjeg jezgra preseka« biće $\max \sigma = 4P/ab$ (tačke 4 i 5) do $6P/ab$ (tačka 2).

**Kvadratni prsten,** v. Preuß, Z. Arch. u. Ing.-Wes. 1903, str. 425.

**Kružni prsten** (sl. 64). U tablici 19 dat je položaj neutralne ose $NN$ (vrednosti $z : r$) za razne odnose $a : r$ i $r_1 : r$, gde je $r$ spoljni, $r_1$ unutrašnji po-

[1]) Engesser: Ztrlbl. Bauv. 39 (1919), str. 420. — Upor. dalje Pohl: Eisenbau 1918, str. 211; tamo su date i tablice za maksimalan napon (u $A$) za velik broj položaja napadne tačke sile $P$. — Upor. dalje Henkel: Ztrlbl. Bauv. 38 (1918), kao i Esling: Proc. Am. Soc. Civ. Eng. 1905/06, deo III.

luprečnik, $a = SA$ otstojanje sile pritiska od centra $S$ (ekscentricitet), $z$ otstojanje neutralne ose $NN$ od najudaljenije tačke $B$ konture.

**Tablica 19.** Vrednosti $z : r$ (položaj neutralne ose $N\,N$ v. sl. 64.)

| $a/r$ | $r_1/r =$ 0,0 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | $a/r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,25 | 2,00 | . | . | . | . | . | . | 0,25 |
| 0,30 | 1,82 | . | . | . | . | . | . | 0,30 |
| 0,35 | 1,66 | 1,89 | 1,98 | . | . | . | . | 0,35 |
| 0,40 | 1,51 | 1,75 | 1,84 | 1,93 | . | . | . | 0,40 |
| 0,45 | 1,37 | 1,61 | 1,71 | 1,81 | 1,90 | . | . | 0,45 |
| 0,50 | 1,23 | 1,46 | 1,56 | 1,66 | 1,78 | 1,89 | 2,00 | 0,50 |
| 0,55 | 1,10 | 1,29 | 1,39 | 1,50 | 1,62 | 1,74 | 1,87 | 0,55 |
| 0,60 | 0,97 | 1,12 | 1,21 | 1,32 | 1,45 | 1,58 | 1,71 | 0,60 |
| 0,65 | 0,84 | 0,94 | 1,02 | 1,13 | 1,25 | 1,40 | 1,54 | 0,65 |
| 0,70 | 0,72 | 0,75 | 0,82 | 0,93 | 1,05 | 1,20 | 1,35 | 0,70 |
| 0,75 | 0,59 | 0,60 | 0,64 | 0,72 | 0,85 | 0,99 | 1,15 | 0,75 |
| 0,80 | 0,47 | 0,47 | 0,48 | 0,52 | 0,61 | 0,77 | 0,94 | 0,80 |
| 0,85 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,36 | 0,42 | 0,55 | 0,72 | 0,85 |
| 0,90 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,32 | 0,49 | 0,90 |
| 0,95 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,25 | 0,95 |

Ivični naponi max $\sigma$ mogu se odrediti, na pr., prema poslednjoj alineji u 2, str. 845.

**Primedba.** Za manje vrednosti $a : r$ kojima odgovara $z : r = 2$ i veće, leži $A$ u jezgru preseka.

Za niže date vrednosti $a : r$ je $z : r = 1$, tj., neutralna osa $N\,N$ prolazi kroz težište $S$, odn. aktivna površina preseka je polovina kružnog prstena.

| $r_1 : r =$ | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a : r =$ | 0,589 | 0,595 | 0,631 | 0,654 | 0,682 | 0,713 | 0,748 | 0,786 |

### c) Savijanje i smicanje

nastupa u većini poprečnih preseka greda i vratila istovremeno, tako da su površinski elementi poprečnog preseka istovremeno napregnuti sa $\sigma_b$ i $\tau_s$. Uporedni napon $\sigma_v$ (str. 784 izračunat iz vrednosti $\sigma_b$ i $\tau_s$ može da dostigne maksimalnu vrednost između ivice i sredine poprečnog preseka. No $\sigma_v$ ne treba u većini slučajeva tačno odrediti. Konzola dužine $l$, opterećena na kraju silom $Q$, kružnog poprečnog preseka prečnika $d$ cm, može po C. Bach-u[1]) sa dovoljnom tačnošću da se proračuna uzimajući u obzir samo savijanje dok $l$ nije znatno manje od $d/4$. Međutim, ako je $l$ znatno manje od $d/4$ dovoljno je da se poprečni presek proračuna uzimajući u obzir samo smicanje. max $\sigma_v$ u prvom slučaju nije znatno veće od uporednog napona koji odgovara naponu max $\sigma_b$, a u drugom slučaju od uporednog napona koji odgovara naponu max $\tau_s$ v. dole. Ako je poprečni presek pra-

[1]) C. Bach: Elastizität u. Festigkeit, loc. sit., 7 izd., 1917., str. 465, § 52.

vougaonik granica je $l = 0{,}325\,h$. Rukavci ili čepovi sa $l > 0{,}325\,h$ ne smeju se proračunati uzimajući u obzir samo smicanje.

U poprečnom preseku oblika **I** koji je izložen savijanju i smicanju treba uporedni napon izračunati: 1. na ivici poprečnog preseka, 2. na mestu gde se pojas vezuje za rebro, 3. u sredini rebra. Ako je $\max \sigma_b$ najveći normalni napon na ivici poprečnog preseka (str. 794), $\max \tau_s$ najveći smičući napon u sredini rebra (str. 833, 5.), $\sigma_a$ i $\tau_a$ naponi na mestu veze i ako se ukupni uporedni napon izračuna na osnovu hipoteze o radu pri promeni oblika, onda se na ova tri mesta dobiva:

$$1.\ \sigma_v = \max \sigma_b \qquad 2.\ \sigma_v = \sqrt{\sigma_a^2 + (1{,}73\,\tau_a)^2} \qquad 3.\ \sigma_v = 1.73 \max \tau_s.$$

Pri tome, za odnosni slučaj opterećenja mora da bude $\max \sigma_v < \sigma_{dozv}$.

### d) Savijanje i torzija

Neka vratilo, ručica krivaje, kolenasta poluga bude izložena savijanju i torziji. Površinski elementi poprečnog preseka napregnuti su tada sa $\sigma$ i $\tau$ Stanje napona je ravno. Najveći uporedni napon po hipotezi o radu pri promeni oblika, str. 784:

$$\sigma_{v4} = \sqrt{\sigma^2 + (1{,}73\,\tau)^2}.$$

Ako $\sigma$ i $\tau$ potiču od različitih slučajeva opterećenja, to se po C. Bach-u[1]) uvodi t. zv. odnos uporednih napona:

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{dozv} \text{ za slučaj opterećenja koje daje } \sigma}{1{,}73\ \tau_{dozv} \text{ za slučaj opterećenja koje daje } \tau}$$

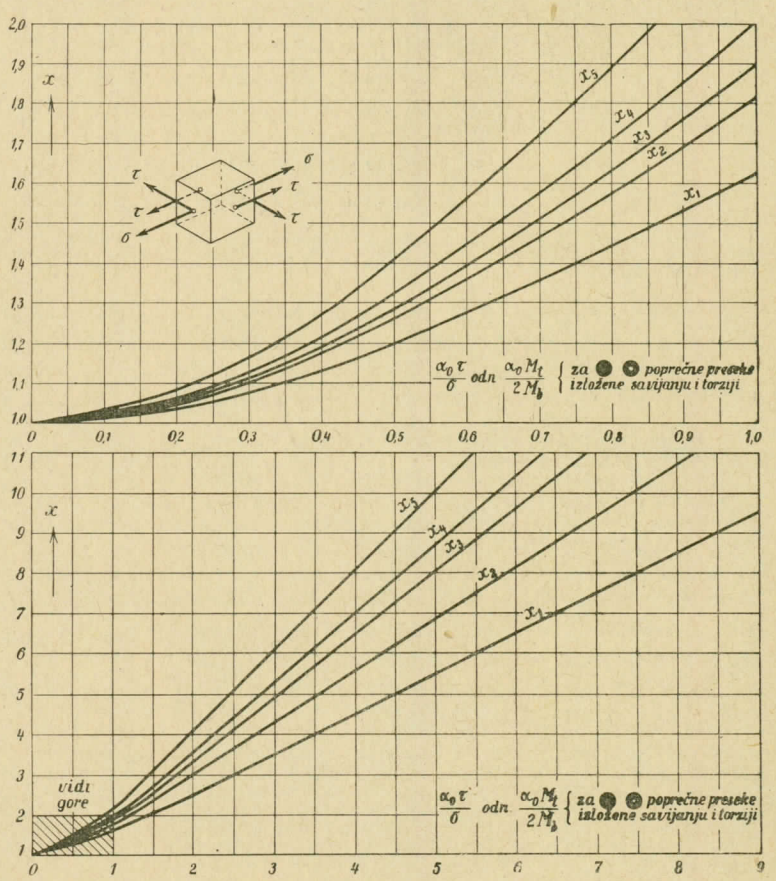
kao koeficijent uz $\tau$, tako da je

$$\sigma_{v4} = \sqrt{\sigma^2 + (1{,}73\,\alpha_0\,\tau)^2} = \sigma\sqrt{1 + (1{,}73\,\alpha_0\,\tau/\sigma)^2} = x_4\,\sigma.$$

$\sigma_{dozv}$ i $\tau_{dozv}$ treba uzeti iz tablice u kojoj je u skladu sa spomenutom hipotezom odnos $\sigma_{dozv}/\tau_{dozv}$ za isti slučaj opterećenja jednak 1,73. Tome odgovaraju vrednosti $\sigma_{b\,dozv}$ i $\tau_{t\,dozv}$ u tabl. 2, str. 940. Ako se $\sigma = \sigma_b$ i $\tau = \tau_t$ odnose na isti slučaj opterećenja, tada je $\alpha_0 = 1$. Množenjem sa $\alpha_0$ treba $\tau$ prevesti na slučaj opterećenja $\sigma$, prema tome treba i $\sigma_{v4}$ smatrati da se odnosi na isti slučaj opterećenja kao i $\sigma$. Kako je $\sigma_{v4}$ prema str. 784 normalni uporedni napon, to treba izabrati $\sigma_{v4\,dozv} = \sigma_{b\,dozv}$. Time je složeno naprezanje vratila svedeno na jedno-

[1]) Bach: Elastizität u Festigkeit. loc. cit., 7 izd., 1917. str. 455.

stavno savijanje. Normalni napon $\sigma_b = M_b/W$ treba pomnožiti sa $x_4 > 1$. Ovaj se faktor uvodi zbog torzije i zbog toga što $\sigma$ i $\tau$ potiču od različitih slučajeva opterećenja i dat je sa $x_4 = \sqrt{1 + 1{,}73^2 (\alpha_0 \tau/\sigma)^2}$. Dijagrami na sl. 65 i 66 daju $x_4$ u zavisnosti od $\alpha_0 \tau/\sigma$.




Sl. 65 i 66

U slučaju savijanja sa torzijom vratila kružnog i prstenastog poprečnog preseka biće $\alpha_0 \tau/\sigma = \alpha_0 M_t/2 M_b$, a $x_4 = \sqrt{1 + 1{,}73^2 (\alpha_0 M_t/2M_b)^2}$. Ako se vrednosti za $x_4$ čitaju neposredno sa sl. 65 ili 66 može se koristiti ista podela na apscisnoj osi.

**Primer:** Vratilo od St 50.11. Najjače napregnuti poprečni presek napadaju momenti $M_b = 9000$ kgcm i $M_t = 7000$ kgcm. $\sigma_b$ potiče od slučaja opterećenja III, $\tau_t$ od slučaja II. Odrediti najveći ukupni uporedni napon ako je prečnik vratila = 60 mm.

Prema tabl. 2, str. 940 je $\sigma_{b\,\mathrm{dozv}} \approx 800$ kg/cm², $\tau_{t\,\mathrm{dozv}} \approx 500$ kg/cm², prema tome je $\alpha_1 = 800/(1{,}73 \cdot 500) = 0{,}925$ i $\alpha_0\,\tau/\sigma = \alpha_0\,M_t/2M = 0{,}925 \cdot 7000/(2 \cdot 9000) = 0{,}328$. Sa sl. 65 $x_4 = 1{,}15$. Dalje je $W = 21{,}2$ cm³.

$$\sigma_b = M_b/W = 9000/21{,}2 = 425 \text{ kg/cm}^2.$$

$\sigma_{v\,4} = x_4\,\sigma_b = 1{,}15 \cdot 425 = 489$ kg/cm². Dozvoljeno 800 kg/cm².

**Primer.** Osnovni podaci, kao u prethodnom primeru. Koliki će biti prečnik za $\sigma_{b\,\mathrm{dozv}} = 800$ kg/cm² $= \sigma_{b\,4\,\mathrm{dozv}}$?

$$\sigma_{v\,4} = x_4\,\sigma_b = x_4\,M_b/M = \text{okr. } 10\,x_4\,M_b/d^3 = \sigma_{b\,\mathrm{dozv}},$$

$$d = \sqrt[3]{10\,x_4\,M_b/\sigma_{b\,\mathrm{dozv}}} = \sqrt[3]{10 \cdot 1{,}15 \cdot 9000/800} = \sqrt[3]{129} = 5{,}05 = 5 \text{ do } 5{,}5 \text{ cm}.$$

Ako se usvoji neka druga od hipoteza o slomu — navedenih na str. 784 — u prethodnom proračunu menja se samo vrednost $x$. Tako će biti prema:

hipotezi max $\sigma$: $\sigma_{v\,1} = 0{,}5\,\sigma + 0{,}5\sqrt{\sigma^2 + 4(\alpha_0\tau)^2} = [0{,}5 + 0{,}5\sqrt{1 + 4(\alpha_0\tau/\sigma)^2}\,]\,\sigma = x_1\,\sigma$

hipotezi max $\varepsilon$: $\sigma_{v\,2} = 0{,}35\,\sigma + 0{,}65\sqrt{\sigma^2 + 4(\alpha_0\tau)^2} = [0{,}35 + 0{,}65\sqrt{1 + 4(\alpha_0\tau/\sigma)^2}\,]\,\sigma = x_2\,\sigma$

hipotezi max $A_t$: $\sigma_{v\,3} = \sqrt{\sigma^2 + (1{,}61\,\alpha_0\tau)^2} = [\sqrt{1 + 1{,}61^2(\alpha_0\tau/\sigma)^2}\,]\,\sigma = x_3\,\sigma$

hipotezi max $\tau$ $\sigma_{v\,5} = \sqrt{\sigma^2 + (2\,\alpha_0\tau)^2} = [\sqrt{1 + 4(\alpha_0\tau/\sigma)^2}\,]\,\sigma = x_5\,\sigma.$

Dakle, vrednosti $x$ se mogu izračunati ili očitati sa sl. 65 ili 66.

**Treba obratiti pažnju** na to da kad se proračun vrši prema nekoj drugoj a ne prema gore upotrebljenoj hipotezi o slomu, na pr., po hipotezi najvećeg smičućeg napona max $\tau$, onda treba upotrebiti drugu tablicu za dozvoljene napone koja odgovara toj hipotezi, a u kojoj je $\sigma_{\mathrm{dozv}}/\tau_{\mathrm{dozv}} = 2$. U tom slučaju je ukupni uporedni napon $\sigma_{v\,5} = x_5\,\sigma$. Poslednja jednačina sadrži Bach-ov odnos $\alpha_0$ uporednih napona, on iznosi $\alpha_0 = \sigma_{\mathrm{dozv}}/2\,\tau_{\mathrm{dozv}}$. Tablica dozvoljenih napona mora se u datom slučaju samostalno načiniti time što će se uzeti vrednost $\sigma_{\mathrm{dozv}}$ iz tablice na str. 940 a prema njima izračunati $\tau_{\mathrm{dozv}} = \sigma_{\mathrm{dozv}}/2$.

Složeno naprezanje mašinskih delova sa brzom i sporom promenom opterećenja. Odnosom $\alpha_0$ uporednih napona, koji je uveo C. Bach u izraz za složeno naprezanje, vodi se računa o tome da $\sigma$ i $\tau$ ne potiču uvek od istog slučaja opterećenja, pri čemu se najmanje jedan od oba napona menja sa vremenom i dovodi do opasnosti od dinamičkog sloma. $\alpha_0$ se dakle primenjuje pri proračunu mašinskih delova koji su složeno napregnuti a izloženi opasnosti od dinamičkog sloma (brzohodna vratila, ručice krivaja, osovine motornih vozila i slično), čija se jačina pri dinamičkom opterećenju dostiže tek posle promene opterećenja nekoliko miliona puta.

Ako se, međutim, radi o sporoj promeni opterećenja, na pr., kod ručnih dizalica, presa sa vretenom, uopšte kod mašinskih delova kod kojih ne postoji opasnost od dinamičkog sloma uticajem složenog naprezanja, onda nisu merodavne jačine pri dinamičkom opterećenju, već jačina pri statičkom opterećenju, odn. granica razvlačenja. Naprezanje usled $\sigma$ i $\tau_0$ može se u računu smatrati kao statičko, tj. staviti $\alpha_0 = 1$.

**Primer.** Pravougaoni poprečni presek ručice krivaje izložen savijanju i torziji. Odrediti ukupni uporedni napon i

oceniti povećanje napona usled dejstva zareza u unutrašnjem uglu kolena. Materijal: St 60.11.

Duža strana $h = 175$ mm, uža strana $b = 72$ mm. Prva glavna osa poprečnog preseka (I) paralelna je sa $b$, druga (II) je paralelna sa $h$. Moment savijanja koji opterećuje poprečni presek razložen je na dve komponente: 1. $M_b$ oko I $M_{b\,\mathrm{I}} = 44\,670$ kgcm. 2. $M_b$ oko II $M_{b\,\mathrm{II}} = 16\,425$ kgcm. Moment torzije $M_t = 53\,800$ kgcm.

a) Normalni naponi usled $M_{b\,\mathrm{I}}$ i $M_{b\,\mathrm{II}}$ i njihovo sabiranje:

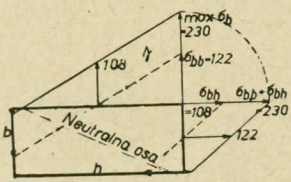
1. $M_{b\,\mathrm{I}}$ izaziva na celoj dužini kraće strane $b$ isti maksimalan napon:

$$\sigma_{bb} = M_{b\,\mathrm{I}}/(b\,h^2/6) = 44\,670 \cdot 6/7{,}2 \cdot 17{,}5^2 = 122\ \mathrm{kg/cm^2}.$$

2. $M_{b\,\mathrm{II}}$ izaziva na celoj dužini duže strane $h$ isti maksimalan napon:

$$\sigma_{bh} = M_{b\,\mathrm{II}}/(h\,b^2/6) = 16\,425 \cdot 6/17{,}5 \cdot 7{,}2^2 = 108\ \mathrm{kg/cm^2}.$$

Dijagram normalnih napona usled savijanja. Sabiranje. Neutralna osa. Normalni naponi, pretstavljeni otsečcima upravnim na ravan poprečnog preseka, oboreni su u ravan preseka, naponi zatezanja prema spolja: $\sigma_{bb}$ u pravcu strane $b$, $\sigma_{bh}$ u pravcu strane $h$. $\sigma_{bb}$ i $\sigma_{bh}$ raspodeljeni su po zakonu proporcionalnosti str. 794, jedn. (8) kako je pokazano na sl. 67 isprekidanim linijama. Naponi koji potiču od $M_{b\,\mathrm{I}}$ i $M_{b\,\mathrm{II}}$ sabiraju se algebarski. To daje u gornjem desnom temenu pravougaonika, sl. 67, ukupan maksimalan napon $\max \sigma_b = \sigma_{bb} + \sigma_{bh}$. Povučemo li na sl. 67 puno izvučene paralele, dobićemo konačne napone usled savijanja momentom $M_b$ u svim tačkama konture poprečnog preseka, među njima tačku konture gde je $\sigma_b = 0$. U sredini poprečnog preseka je takođe $\sigma_b = 0$. Prava koja spaja ove dve tačke određuje neutralnu osu usled savijanja momentom $M_b$. Ukupan maksimalan normalni napon usled savijanja $\sigma_b = \sigma_{b\,b} + \sigma_{b\,h} = 122 + 108 = 230$ kg/cm² pojavljuje se u dva naspramna temena, u jednom kao zatezanje u drugom kao pritisak.



Sl. 67

Napon u sredini duže strane $h$: 108 kg/cm²,
napon u sredini duže strane $b$: 122 kg/cm².

b) Smičući naponi usled $Mt = 53\,800$ kgcm.

$h/b = 17{,}5/7{,}2 = 2{,}4$. Po str. 838 i 839 ovome odgovara $\eta_1 = 0{,}78$ i $\eta_2 = 3{,}84$.

U četiri temena pravouglog poprečnog preseka je $\tau = 0$.

Sredina duže strane $h$: $\max \tau = \tau_{th} = \eta_2 M_t/h\,b^2 = 3{,}84 \cdot 53\,800/(17{,}5 \cdot 7{,}2^2) = 226\ \mathrm{kg/cm^2}$

Sredina kraće strane $b$: $\tau_{tb} = \eta_1 \tau_{th} = 0{,}78 \cdot 226 = 177\ \mathrm{kg/cm^2}$.

Tačan zakon raspodele smičućih napona duž strana pravougaonika nije jednostavan. C. Bach ga zamenjuje paraboličnim zakonom i stavlja približno $\tau_{th} = 4{,}5\ M_t/h\,b^2$ i $\tau_{tb} = 4{,}5\ M_t/h\,b^2$; odakle $\tau_{tb}/\tau_{th} = b/h$ (poslednja vrednost je tačna za eliptični poprečni presek). Po C. Bach-u dobilo bi se $\tau_{th} = 265$ kg/cm²; $\tau_{tb} = 118$ kg/cm². Opadanje smičućih napona od maksimalne vrednosti u sredini strane do vrednosti nula u jednom temenu po zakonu parabole je daleko brže od opadanja po stvarnom za-

konu raspodele tih napona. Prema tome se tačno rešenje može sravniti sa približnim rešenjem koje se često upotrebljava.

c) Ukupni uporedni napon po hipotezi o radu pri promeni oblika, str. 784. — Za površinski element u sredini duže strane $h$. Prema a) i b) je $\sigma_h = 108$ kg/cm² i $\tau_{th} = 226$ kg/cm². Određivanje veličine $\alpha_0 \tau/\sigma$: S obzirom na dejstvo sile u različitim položajima krivaje potiče normalni napon usled savijanja i smičući napon usled torzije u kolenastom vratilu od istog slučaja opterećenja, dakle, treba staviti $\alpha_0 = 1$. Prema tome je $\alpha_0 \tau/\sigma = 1 \cdot 226/108 = 2{,}05$: ovom odgovara na sl. 66 $x_4 = 3{,}7$ pa je ukupni uporedni napon u sredini strane $h$:

$$\sigma_{v\,4} = x_4\, \sigma = 3{,}7 \cdot 108 \approx 400 \text{ kg/cm}^2.$$

— Za površinski element u sredini uže strane $b$: Na isti način dobićemo $\sigma_b = 122$ kg/cm²: $\tau_{tb} = 177$ kg/cm².

$$\alpha_0 \tau/\sigma = 1 \cdot 177/122 = 1{,}45. \quad x_4 = 2{,}8. \quad \sigma_{v\,4} = x_4\, \sigma = 2{,}8 \cdot 122 = 342 \text{ kg/cm}^2.$$

U uglu u kome vlada najveći normalni napon je max $\sigma_b = 230$ kg/cm². Kako je na ovom mestu $\tau = 0$, to je $\alpha_0 \tau/\sigma = 0$, pa je $x_4 = 1$ a

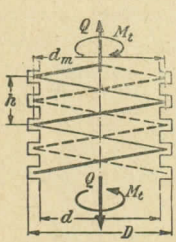
$$\sigma_{v\,4} = x_4\, \sigma = 1 \text{ max } \sigma_b = 230 \text{ kg/cm}^2.$$

d) Prelaz od ručice na rukavac krivaje. Unutrašnji ugao kolena je mesto gde je dejstvo zareza najveće. Tamo se, prema iskustvu, često pojavljuje slom usled dinamičkog opterećenja, Prema statističkim određivanjima na prelomljenim kolenastim vratilima. vrednost koeficijenta dejstva zareza je $\alpha_k = 3{,}5$ do 4. Visoka vrednost se dobiva zbog oštrog, nepovoljnog, prelaza[1]). Nominalan napon u sredini duže strane poprečnog preseka rukavca vratila: $\sigma_v = 400$ kg/cm². Kako taj presek leži na pomenutom mestu, to se napon usled zareza na tom mestu može proceniti na

$$\sigma_k = \alpha_k\, \sigma_v = 3{,}5 \cdot 400 = 1400 \text{ kg/cm}^2.$$

Ovaj proračun treba izvršiti i na mestu poprečnog preseka rukavca krivaje koji se sučeljava sa unutrašnjim uglom kolena.

Dozvoljeni uporedni napon. Za St. 60.11 treba po tabl. 4, str. 922 za jačinu pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju savijanjem uzeti 30 (28 do 33) kg/cm², čime se dobije 3000/1400 = 2,1-struki stepen sigurnosti.




Sl. 69

Sl. 68

**Eliptični poprečni presek** (sl. 68). Za izvestan broj tačaka konture poprečnog preseka treba odrediti $\sigma$ i $\tau$ pa izračunati $\sigma_v$ na osnovu odnosne hipoteze o slomu materijala. Tako se dovoljno tačno dobiva vrednost i mesto najvećeg uporednog napona.

## e) Zatezanje ili pritisak sa torzijom (sl. 69)

**Primer.** Zavojno vreteno od St. 60.11 za maksimalnu silu zatezanja $Q = 85{,}0$ t. Zavojnica je pljosnata, dvohodna; spoljni prečnik $D = 260$ mm; unutrašnji prečnik $d = 220$ mm; visina hoda $h = 86$ mm; visina

[1]) Lehr: ZVDI 78 (1934), str. 397

navrtke $H = 400$ mm. Navrtka je od fosforne bronze. Na jednom kraju vretena nalazi se grebenasto ležište, na drugom kraju je navrtka koja prenosi zatezanje. Navrtka se može podužno pomeriti ali se ne može obrtati. Koeficijent trenja $\mu = 0{,}15 = \operatorname{tg} \varrho$. Ugao trenja $\varrho = 8^0\,30'$, nagib zavojne linije $\operatorname{tg} \alpha = h/2\,\pi\,r = 86/\pi\,240 = 0{,}114$; $\alpha = 6^\circ\,30'$. Radi pomeranja opterećene navrtke uvodi se između grebenastog ležišta i navrtke obrtni moment. Vreteno je izloženo zatezanju i torziji. Odrediti najveći ukupni uporedni napon u jezgru, pod pretpostavkom da samo ono nosi, i specifičan pritisak u zavojnici.

a) Napon zatezanja u jezgru čiji je poprčeni presek $F = 22^2 \cdot 4/\pi = 380$ cm²:

$$\sigma_z = Q/F = 85\,000/380 = 224 \text{ kg/cm}^2.$$

b) Najveći smičući napon javlja na konturi poprečnog preseka jezgra vretena. Moment torzije koji napada jezgro vretena = obrtnom momentu potrebnom za pokretanje navrtke, opterećene sa $Q$ kg.

$$M_t = Q r \operatorname{tg}(\alpha + \varrho) = 85\,000 \cdot 12 \cdot \operatorname{tg}(6^\circ\,30' + 8^\circ\,30') = 85\,000 \cdot 12 \cdot 0{,}268 = 273\,000 \text{ kgcm}$$

$$\tau_t = 5\,M_t/d^3 = 5 \cdot 273\,000/22^3 = 129 \text{ kg/cm}^2.$$

c) Najveći ukupni uporedni napon $\sigma_v$ po hipotezi o radu pri promeni oblika, str. 784. Kako se opterećenje menja sporo to ne dolazi u obzir slom usled dinamičkog opterećenja. Naponi $\sigma_z$ i $\tau_t$ smatraće se u proračunu da potiču od statičkog opterećenja, te će biti stavljeno $\alpha_0 = 1$. Na najviše napregnutom mestu poprečnog preseka, na obimu, je $\alpha_0 \tau/\sigma = 1 \cdot 129/224 = 0{,}576$, čemu po sl. 65, str. 857 odgovara $x_4 = 1{,}41$.

Prema tome je najveći ukupni uporedni napon, str. 856:

$$\sigma_{v\,4} = x_4\,\sigma_z = 1{,}41 \cdot 224 = 315 \text{ kg/cm}^2.$$

Granica gnječenja za st 60.11 iznosi (0,55 do 0,65) $\sigma_{Bz} = 0{,}55 \cdot 60$ do $0{,}65 \cdot 60$ kg/mm² = 3300 do 3900 kg/cm², tako da postoji 3300/315 do 3900/315 = 10,5 do 12,4-struka sigurnost da neće biti dostignuta granica gnječenja, što je prema str. 787 dovoljno visoka vrednost.

d) Specifični pritisak u zavojnici. Broj hodova u navrtki $= 2 \cdot 400/86 = 93$. Opterećenje jednog hoda zavojnice: $P_1 = 85\,000/9{,}3 = 9150$ kg. Površina izložena pritisku (projekcija upravna na pravac ose) $F = \pi\,26^2/4 - \pi\,22^2/4 = 531 - 380 = 151$ cm².

$$\text{Specifičan pritisak } p = P_1/F = 9150/151 = 61 \text{ kg/cm}^2.$$

Zbog neuobičajeno visoke navrtke treba uzeti nižu vrednost za dozvoljen specifičan pritisak od 100 kg/cm², što se smatra dozvoljeno kod pokretnih zavrtnjeva (čelik po bronzi), tako da 61 kg/cm² ne treba smatrati za naročito nisku vrednost. Pritisak u zavojnici leži blizu dozvoljene granice, međutim naprezanje materijala leži daleko ispod te granice, dakle, dimenzije vretena kružnog poprečnog preseka uslovljene su specifičnim pritiskom u zavojnici.

**Primer.** Podaci su isti kao i u prethodnom primeru. Materijal treba bolje iskoristiti na taj način što će se izbaciti unutrašnji deo poprečnog preseka koji je pri torziji slabije napregnut. Dakle, usvojiti prstenast poprečni presek u kome naponi nisu tako nejednoliko raspoređeni kao kod punog kružnog poprečnog preseka. Odrediti unutrašnji prečnik kružnog prstena ako dozvoljeni napon treba da bude $\sigma_{v\,4\,\text{dozv}} = \sigma_d\,F/S = 3300/2 \approx 1600$ kg/cm². Spoljni prečnik jezgra $d$ cm, traženi unutarnji prečnik $d_0$ cm, njihov odnos $\delta = d_0/d$.

Pun poprečni presek jezgra $F = 380$ cm². Odnosni polarni otporni moment = 2 · ekvatorijalna $W$ (str. 809); $W_t = 2\,W = 2690$ cm³ (str. 807).

Kako je izračunavanje $d_0$ skopčano sa rešavanjem relativno složene jednačine, jednačine koja određuje uporedni napon, to se $d_0$ traži probanjem. Pri tome je celishodno da se račun izvrši u tablici koja pre-

gledno pokazuje uticaj dimenzija a može biti korisno upotrebljena u sličnim slučajevima.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $d =$ | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 cm |
| $d_0 =$ | 11 | 16 | 18 | 19 | 20 | 20,4 cm |
| $\delta = d_0/d =$ | 0,5 | 0,727 | 0,818 | 0,864 | 0,91 | 0,927 |
| $\delta^2$ | 0,25 | 0,528 | 0,67 | 0,747 | 0,828 | 0,86 |
| $\delta^4$ | 0,0625 | 0,279 | 0,45 | 0,558 | 0,688 | 0,74 |
| $380(1-\delta^2)$ | 380 · 0,75 | 380 · 0,472 | 380 · 0,33 | 380 · 0,253 | 380 · 0,172 | 380 · 0,14 |
| $= F$ | = 285 | = 179 | = 125 | = 96 | = 65,3 | = 53,2 cm² |
| $2090(1-\delta^4)$ | 2090 · 0,937 | 2090 · 0,721 | 2090 · 0,55 | 2090 · 0,442 | 2090 · 0,312 | 2090 · 0,26 |
| $= W_t$ | = 1960 | = 1510 | = 1150 | = 924 | = 653 | = 543 cm³ |
| $\sigma_z = 85\,000/F$ | 298 | 474 | 680 | 885 | 1300 | 1596 kg/cm² |
| $\tau_t = 273\,000/W_t$ | 139 | 181 | 237 | 295 | 418 | 503 kg/cm² |
| $\alpha_0 \tau_t/\sigma_z = 1\,\tau_t/\sigma_z$ | 0,47 | 0,38 | 0,35 | 0,33 | 0,32 | 0,315 |
| $x_4$ | 1,28 | 1,19 | 1,16 | 1,13 | 1,13 | 1,13 |
| $\sigma_{v4} = x_4 \sigma_z$ | 383 | 565 | 788 | 1000 | 1470 | 1800 kg/cm² |

U drugoj vrsti dat je usvojeni unutrašnji prečnik $d_0$ kružnog prstenastog poprečnog preseka, u poslednjoj odgovarajući ukupni uporedni napon $\sigma_v$ za zatezanje i torziju. Nanošenjem $d_0$ i $\sigma_v$ u pravougli koordinatni sistem dobio bi se vrlo tačno traženi unutarnji prečnik; zadovoljava $d_0 = 20$ cm. Iskorišćenje materijala osetno je bolje za odnos $\delta > 0{,}5$. Sopstvena težina vretena srazmerna je površini prstenastog poprečnog preseka.

## F. Izvijanje

Oznake (upor. i str. 775 i 791):

$F$ — površina poprečnog preseka [cm]²,

$l$ — dužina štapa [cm],

$l_{\text{norm}}$ — dužina štapa za slučaj slobodnog oslanjanja, slučaj 2, sl. 73 = normalna dužina [cm],

$J = i^2 F$ — najmanji moment inercije poprečnog preseka [cm⁴],

$i$ — poluprečnik inercije [cm],

$\lambda = l/i$ — vitkost,

$\sigma_S = \sigma_F$ — granica razvlačenja [kg/cm²]

$\varrho$ — poluprečnik krivine [cm],

$1/\varrho$ — krivina [cm⁻¹],

$K$ — sila izvijanja [kg].

$\sigma_K = K/F$ — napon izvijanja [kg/cm²],

$P$ — stvarni teret [kg].

$\sigma_d = P/F$ — napon pri čistom pritisku [kg/cm²].

$\sigma_{d\,\text{dozv}}^{\lambda}$ — dozvoljena vrednost za $\sigma_d$, zavisna od $\lambda$,

$E$ — modul elastičnosti [kg/cm²],

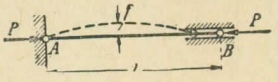
$S$ — stepen sigurnosti =

$$= K/P = \sigma_K / \sigma_{d\,\text{dozv}}^{\lambda},$$

$\sigma_{\text{dozv}}$ — dozvoljeni napon pri čistom pritisku, zatezanju ili savijanju [kg/cm²].

$$\omega = \sigma_{\text{dozv}} / \sigma_{d\,\text{dozv}}^{\lambda} \text{ - koeficijent izvijanja.}$$

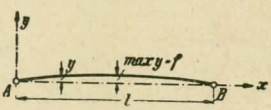
**1. Tok izvijanja.** Izvijanje nije problem otpornosti, već problem stabilnosti i zavisi od oblika, dimenzija, načina oslanjanja i materijala štapa. Izvitl se može osa vitkog štapa izložena pritisku, dalji slučajevi izvijanja v. primedbu[1]) na str. 868. Kratak pritisnut štap popušta kad je materijal napregnut do granice gnječenja ili sloma koje zavise samo od materijala štapa. Po-




Sl. 70

smatrajmo prav štap $AB$, pritsnut silama $P$ (sl. 70), koji je na krajevima oslonjen zglavkasto, a u tački $B$ može da se pomera u pravcu $AB$. Dok je $P$ manje od neke određene vrednosti $K$, štap se može izložiti i dejstvu neke poprečne sile usled čega se on savija, po prestanku dejstva te sile štap će se vratiti u svoj prvobitno prav oblik. To je onda stabilan ravnotežni oblik štapa. Pri određenoj veličini sile pritiska $P = K$ u bilo kom veoma bliskom savijenom obliku štap se nalazi u ravnoteži i ne vraća se u prvobitno prav oblik. Savijeni oblik štapa biće neodređen. Postane li $P > K$ štap je u labilnoj ravnoteži. I najmanji poremećaj dovodi štap do izvijanja. Štap koji je izgubio stabilnost ne može više nositi, jer se pri konstantnom teretu ili teretu koji je u porastu izvija. $P = K$ je t. zv. sila izvijanja.

**2. Sila izvijanja pritisnutog štapa konstantnog poprečnog preseka i konstantnog modula elastičnosti materijala.** Rešenje zadatka izvijanja. Traži se jednačina one elastične linije koja pri sili izvijanja $P = K$, koja se takođe traži, pretstavlja indiferentni ravnotežni oblik, pri čemu ugib $f$ može imati proizvoljnu ali malu vrednost.



Sl. 71

Diferencijalna jednačina elastične linije (sl. 71) za male ugibe [1]) $1/\varrho \approx d^2y/dx^2$), pri konstantnom $E$ i $F$ i sa $M = Py$ glasi:

$$1/\varrho = d^2y/dx^2 = -Py/EJ = -\varkappa^2 y, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

gde je $\varkappa^2 = P/EJ$. S obzirom na granične uslove: $x = 0$, $y = 0$; $x = l$, $y = 0$ dobiva se

$$y = f \sin \varkappa x. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Elastična linija ima sinusni oblik. Ako je zadovoljen uslov $\varkappa l = \pi$ ili $l^2P/EJ = \pi^2$, tj., ako je $P = \pi^2 EJ/l^2$, onda će za $x = l/2$ biti $y = f$. Pod ovim uslovom najveći ugib $f$ elastične linije može imati proizvoljnu vrednost; ravnoteža je indiferentna. Kada je vrednost sile

$$P = K = \pi^2 EJ/l^2, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

(Euler oko 1760) štap je na granici izvijanja.

Kad je $P > K$ ne važi više jedn. (1) jer se $y$ i $f$ ne mogu više smatrati malim veličinama. Za praksu je važno da se zna kolika je vrednost sile izvijanja $K$ a ne pojave pri $P > K$. Osim rešenja $\varkappa l = \pi$ jedn. (1) ima i rešenja $\varkappa l = n\pi$ sa $n = 2,3 \ldots$ kojima odgovaraju elastične linije sa $1, 2, \ldots, (n-1)$ čvorova, koji leže na spojnoj pravoj $AB$ iako štap u tim tačkama nije oslonjen. Ovim rešenjima odgovaraju veće vrednosti za $K$ od one date jedn. (3) tako da one ne dolaze u pitanje.

---

[1]) Za velike ugibe upor. R. Mayer: Knickfestigkeit Berlin 1921, Springer, str. 18 i dalje.

Po jedn. (3) je napon pritiska na granici izvijanja, t. zv. napon izvijanja

$$\sigma_K = K/F = \pi^2 EJ/l^2 F = \pi^2 E/\lambda^2, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

gde je $\lambda = l/\sqrt{J/F} = l/i$ vitkost pritisnutog štapa, a $i = \sqrt{J/F}$ poluprečnik inercije njegovog poprečnog preseka.

Kada se $\sigma_K$ nanese kao funkcija od $\lambda$ dobiva se Euler-ova hiperbola. $\sigma_K$ zavisi od materijala ($E$), vitkosti $\lambda$ i načina oslanjanja krajeva štapa, prema tome, nije karakteristika materijala kao što je $\sigma_{dozv}$ ili granica razvlačenja. Jedn. (3) i (4) važe samo ispod granice proporcionalnosti, u elastičnom području.

Sila $P$ koja se štapu poverava je $S$-ti deo sile izvijanja $K$. $S$ se zove stepen sigurnosti. Za odnosne napone pritiska $\sigma_d = P/F$ i $\sigma_K = K/E$ važi isto: $\sigma_d = \sigma_K/S$. Kada je izabran dozvoljen stepen sigurnosti $\sigma_d$ se zove dozvoljeni napon izvijanja. On, kao i $\sigma_K$ zavisi od vitkosti $\lambda$ te se obeležava sa $\sigma_{d\,dozv}^{\lambda}$. Dakle je

$$S = K/P = \sigma_K/\sigma_{d\,dozv}^{\lambda} \qquad \sigma_{d\,dozv}^{\lambda} = \sigma_K/S = K/FS. \quad . \quad . \quad (5)$$

Euler-ova formula (3), (4) i Euler-ova hiperbola važe samo dok je napon izvijanja ispod granice proporcionalnosti, dakle najviše do $\sigma_K = \sigma_P$, za koju se stavlja granica gnječenja ili 0,2-granica dilatacija $\sigma_{0,2\,d}$. Važnost prestaje na nekoj donjoj granici vitkosti koja je prema jedn. (4):

$$\lambda_{gr} = \pi\sqrt{E/\sigma_{Fd}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

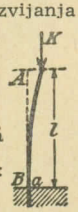
Pri većim vitkostima treba pritisnut štap proračunati na izvijanje, pri manjim na pritisak. Vitkost štapa konstantnog kružnog preseka, prečnika $d$ je $\lambda = l/i = 1/\sqrt{J/F} = 4\,l/d$.

Za St 42 je sa $\sigma_{Fd}$ = 2300 kg/cm² i $E$ = 2 100 000 kg/cm² vitkost na spomenutoj granici $\lambda_{gr} = 95$ a pri okruglom štapu $l \approx 25\,d$.

### 3. Slučajevi izvijanja prema Euler-u. Slučajevi oslanjanja 1 do 4. Normalni slučaj.

(Najveći moment savijanja u $a$)
Sila izvijanja $K$:

1. slučaj

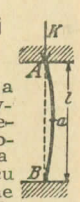


jedan kraj je uklješten a drugi slobodan:

Sl. 72

$K = {}^1/_4 \cdot \pi EJ/l^2$

2. slučaj



oba kraja su zglavkasto vezana i pomerljiva u pravcu prvobitne ose $AB$ štapa:

Sl. 73

$K = \pi^2 EJ/l^2$

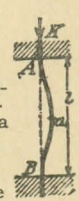
3. slučaj

jedan kraj je uklješten a drugi zglavkasto vezan i pomerljiv u pravcu prvobitne ose $AB$ štapa:

Sl. 74

$K \approx 2\pi^2 EJ/l^2$

4. slučaj



oba kraja su uklještena i pomerljiva u pravcu prvobitne ose $AB$ štapa:

Sl. 75

$K = 4\pi^2 EJ/l^2$

Slučaj 2 važi kao normalan, $l_2 = l_{norm}$ kao normalna dužina izvi-

janja (t. zv. slobodna dužina štapa). Svi se slučajevi mogu svesti na normalan slučaj. Sila izvijanja dobiva se iz jedn. (7):

$$K = \pi^2 EJ/l^2_{\text{norm}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

U slučajevima na sl. 72 do 74 treba staviti:

| $l_{\text{norm}} = 2\,l_1$ | $l_{\text{norm}} = l_2$ | $l_{\text{norm}} = l_3/\sqrt{2}$ | $l_{\text{norm}} = l_4/2$ |
|---|---|---|---|
| Važi do $\lambda_{gr} = 1/2 \times$ | $1 \times$ | $\sqrt{2} \times$ | $2 \times \pi\sqrt{E/\sigma_{Fd}}$ |

Način oslanjanja krajeva štapa jako utiče na silu izvijanja dok napon pri izvijanju ne prekorači $P$-granicu. U praksi način oslanjanja štapa je obično između slučaja 2 i 4 i mora se proceniti. U mnogim slučajevima je opravdano izabrati sredinu i računati prema slučaju (3).

Za dimenzionisanje poprečnog preseka daje jedn. (3), odn. (7) sa jedn. (5) potreban moment inercije $J_{\text{potr}} = S P l^2_{\text{norm}}/\pi^2 E$. Dimenzije poprečnog preseka se dobivaju posle izbora oblika. Pri tome se ne upotrebljavaju pojmovi $\sigma_K$ i $\lambda_0$. Oni služe samo za izračunavanje granice $\lambda_{gr}$ prema jedn. (6); v. tač. 7. Pri izvijanju u plastičnom području (str. 868) $\lambda$ se odnosi na slučaj 2.

**4. Uticaj transverzalne sile na silu izvijanja** biće pokazan na štapu konstantnog poprečnog preseka čiji materijal ima konstantan modul elastičnosti $E$ (upor. 2). Na početku izvijanja pojavljuje se prema sl. 71 moment savijanja $M_b = P\,y$ i usled toga transverzalna sila $Q = dM_b/dx = P\,y'$. Ugib $y$ se sastoji (str. 834) od $y_b$ usled $M_b$ i $y_Q$ usled $Q$. Štap se ranije izvija, sila izvijanja je manja od Euler-ove.

$$y''_b = -M_b/JE \quad \text{ili} \quad y''_b = -Py/JE$$
$$y'_Q = Q/GF' \quad \text{ili} \quad y''_Q = Py''/GF'.$$

Sabiranjem $y''_b$ i $y''_Q$, tj. $(y''_b + y''_Q = y'')$ dobije se

$$y'' = (-Py/JE)/(1 - P/GF').$$

Kao pod 2.:

$$y = f \sin(\varkappa x),\ \varkappa = \sqrt{(P/JE)/(1 - P/GF')};\quad \varkappa l = \pi;$$

$$P = K = \frac{\pi^2 EJ}{l^2} \cdot \frac{1}{1 + \pi^2 JE/(l^2 GF')} = \frac{\pi^2 EJ}{l^2} \cdot \frac{1}{1 + \pi^2 FE/(F' G \lambda^2)}.$$

Prvi faktor daje Euler-ovu silu izvijanja, drugi — smanjenje usled deformacije izazvane transverzalnom silom. Za $\lambda \geqq 100$, $F' = 2/3 \cdot F$ (kvadrat) i $F' \approx 0{,}5\,F$ (normalni I - profil) smanjenje je manje od 1%. Uticaj transverzalne sile može se zanemariti.

**5. Tok izvijanja pri malom početnom ekscentricitetu sile pritiska.** Promenljiv poprečni presek štapa. Sile pritiska napadaju različite tačke ose štapa.

Grafički postupak. Niže opisani postupak dovodi do grafičkog rešenja.[1])

Vertikalan štap uklješten u $a$ opterećen je silom pritsika $P$ koja dejstvuje na otstojanje $e$ od ose štapa. Usled momenta savijanja $M = Pe$ (jednake vrednosti za sve preseke) štap će se saviti. Usled toga rastu momenti savijanja. Porast momenta savijanja dovodi do porasta ugiba itd. Ukupan ugib se sastoji od beskrajnog zbira na ovaj način postupno dobivenih ugiba $y = y_0 + y_1 + y_2 + \ldots$, koji po iskustvu ima konačnu vrednost dok je sila $P$ manja od sile izvijanja $K$. Pri izračunavanju porasta ugiba jednog koraka, na pr. $y_3$, treba površinu dijagrama momenta savijanja prethodnog koraka (str. 801) smatrati za opterećenje. Ako se za ovaj korak konstruiše dijagram $M/J$, odredi odnosna površina $F_2'$ i otstojanje $x_{02}$ njenog težišta od slobodnog kraja štapa, onda je prema str. 800, jedn. (17a) $y_3 = a F_2' x_{02}$ slično je $y_2 = a F_1' x_{01}$. Kad se to izvrši, dobiva se da je $x_{01} = x_{02} = \ldots$; na osnovu toga je $y_3/y_2 = F_2'/F_1'$; nadalje se primećuje da je $F_2'/F_1' = y_2/y_1$, tako da je $y_3/y_2 = y_2/y_1 = \ldots = q = \text{const.}$ Zbir ordinata ugiba pri pojedinim koracima čini geometriski niz čiji je zbir konačan, dok je količnik $q < 1$. Za $q = 1$ dostignuta je granica izvijanja. $1/q$ - struko opterećenje daje silu izvijanja, $1/q$ je stepen sigurnosti $S$ prema izvijanju. Iz konstrukcije samo dva uzastopna ugibna koraka dobiva se iz $q = y_2/y_1$ ili $F_2'/F_1' \gtrless 1$ da li postoji opasnost od izvijanja ili ne. Tok postupka pokazuje da mala otstupanja od tačnog oblika elastične linije ne utiču znatno na tačnost rezultata.

Postupak važi samo u elastičnom području, upor. 7. Pri izvijanju u plastičnom području sila izvijanja zavisi od ekscentriciteta, v. M. Roš, izveštaj II Internacionalnog kongresa za mostove i zgrade u Beču 1928, 1929; približne formule dao je Chwalla, v. istu poblikaciju, Beč 1929.

Promenljiv moment inercije. Proračun za jedan specijalan slučaj. U elastičnom području (opterećenje prema sl. 71, str. 863) moment inercije u jedn. $y'' = Py/EJ$ je funkcija $x$-$a$.

Ako se $J$ menja po paraboli sa $x$, i ako ima maksimalnu vrednost $J_m$ u sredini štapa, a vrednost $J_0$ na krajevima,

biće
$$J = J_0 + 4\left(J_m - J_0\right) x\,(l - x),$$
$$K = \mu\, \pi^2\, J_m\, E/l^2.$$

Za je

| $J_0/J_m =$ | 0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\mu =$ | 0,81 | 0,86 | 0,90 | 0,94 | 0,97 | 1. |

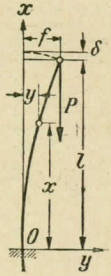
Proračun stubova od livenog gvožđa promenljivog poprečnog preseka prema propisima za železnice (BE) v. str. 872 i 873.

**6. Određivanje sile izvijanja pomoću potencijalne energije $U$ savijenog štapa i rada $A$ spoljnjih sila.** Uslov za izvijanje:

---

[1]) Vianello, ZVDI 42 (1898), str. 1436 — Euler-ove formule za štapove oslonjene u više tačaka v. Wittenbauer, ZVDI 46 (1902), str. 501; za štapove koji su osim toga u proizvoljnim tačkama opterećeni, ZVDI 47 (1903), str. 245 — O izvijanju štapova čiji se moment inercije menja u skokovima v. Elwitz, Ztrbl. Bauv. 37 (1917), str. 517; 38 (1918), str. 222.

$U = A$. U složenijim slučajevima je metoda energije od koristi. Po približnoj metodi tačno poznavanje elastične linije nije potrebno, dovoljno je zamenuti je linijom sinusnog oblika ili parabolom (upor. i 5). Određivanje elastične linije u odeljku 2. otpada. Traži se samo sila izvijanja. Dok je $P < K$ prav štap je pri čistom pritisku u stabilnom ravnotežnom položaju a rad spoljnje sile pritiska $P$ jednak je potencijalnoj energiji savijenog štapa. Ako se štap izvede iz prvobitno pravog oblika ustranu, savijeni oblik dobiva potencijalnu energiju $U$, a napadna tačka sile $P$ pomera se za $\delta$ u smeru sile. Pri ovom pomeranju sila $P$ se ne menja i vrši rad $A = P\delta$. Dok je $P < K$ štap će se, po uklanjanju sile koja ga savija, vratiti u prvobitno prav položaj. Uslov za to je: $U > A$. Kad je $P = K$ nastupiće indiferentna ravnoteža, pri čemu je $U = A$, a t. zv. energija sistema $U - A = 0$ (energetski uslov za određivanje granice izvijanja).



Sl. 76

Uzmimo da elastična linija savijenog štapa ima sinusni oblik

$$y = f\left(1 - \cos\frac{\pi x}{2l}\right).$$

Potencijalna energija savijenog štapa je prema str. 803, jedn. (19)

$$U = \frac{1}{2}\int_0^l \frac{M^2}{EJ}\,dx = \frac{1}{2}EJ\int\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2 dx = \frac{f^2\pi^4}{64\,l^3}EJ$$

Iz $d\delta = ds - dx = \sqrt{dx^2 + dy^2} - dx = dx\left[1 + \frac{1}{2}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 + \ldots\right] - dx \approx \frac{1}{2}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx$

dobiva se vertikalno pomeranje $\delta$ napadne tačke sile $P$.

$$\delta = \int_0^l \frac{1}{2}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx = \frac{f^2\pi^2}{16\,l},$$

pa je rad spoljnih sila:

$$A = P\delta = P \cdot f^2\pi^2/16\,l.$$

Iz $U = A$ proizilazi kao uslov za indiferentnu ravnotežu štapa

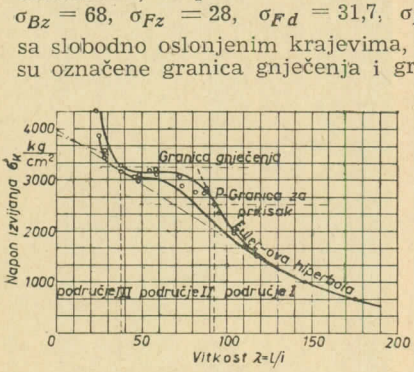
$$P = \pi^2/4 \cdot EJ/l^2 = K,$$

Euler-ova sila izvijanja za slučaj oslanjanja 1.

Usvajanjem parabole za elastičnu liniju $y = P\,x\,(3\,l - x)/6\,EJ$ ili $y = f\,x^2/l^2$ dobiva se $K = 2{,}5\,EJ/l^2$ umesto $K = 2{,}47\,EJ/l^2$. Dakle, rezultati koji se dobivaju ovim postupkom ne zavise mnogo od usvojenog oblika za elastičnu liniju. Međutim, treba uzeti u obzir ovo. Pri izračunavanju $U$ dobiva se ista vrednost iz $U = \frac{1}{2}\int \frac{M^2}{EJ}\,dx$ i iz $U = \frac{EJ}{2}\int\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2 dx$, kada se upotrebi tačna jednačina elastične linije. Međutim, ako se upotrebi, kao u prethodnom slu-

čaju, neka usvojena elastična linija, tada prvi izraz daje tačniju približnu vrednost za $U$ i za $K$ (Timoshenko)[1]).

**7. Napon izvijanja i vitkost pritisnutih štapova.** Rezultati Kármán-ovih[2]) ogleda izvijanjem pravougaonih, brižljivo centrisanih, štapova vitkosti $\lambda = 175$ do 30 od topljenog čelika $\sigma_{Bz} = 68$, $\sigma_{Fz} = 28$, $\sigma_{Fd} = 31{,}7$, $\sigma_{Pd} = 25$, $E_d = 21\,700$ kg/mm², sa slobodno oslonjenim krajevima, prikazani su na sl. 77. Na slici su označene granica gnječenja i granica proporcionalnosti pri naprezanju pritiskom. Za druge oblike poprečnog preseka dobiva se vidno ista linija $(\sigma_K, \lambda)$ čime je opravdan pojam napona izvijanja.




Sl. 77

Mogu se razlikovati tri područja:

1. $\sigma_K \leqq \sigma_{Pd}$, tzv. elastično područje. Vitki štapovi sa $\lambda > 91$ u slučaju čelika koji je ispitivan. Rezultati ogleda se slažu sa onima koji odgovaraju Euler-ovoj hiperboli.

2. $\sigma_{Fd} > \sigma_K > \sigma_{Pd}$. Plastično područje. Štapovi srednje vitkosti, $91 > \lambda > 40$. Vrednosti napona izvijanja dobivene ogledom su manje od onih koje se dobivaju iz Euler-ove formule.

3. $\sigma_K > \sigma_{Fd}$. Kratki, debeli štapovi, $\lambda < 40$.

Granica do koje važi Euler-ova hiperbola je prema ogledu $\lambda = 88$, prema jedn. (7) $\lambda = 93$. Usled malih grešaka u centrisanju (0,5% visine poprečnog preseka) dobiva se donja kriva; »granica proporcionalnosti za izvijanje«, granica do koje važi Euler-ova hiperbola, jako se snižava (upor. str. 783/4) i to na $\sigma_K \approx 10$ kg/cm² a $\lambda_{gr}$ se povećava na 143. Kod vitkih štapova »male greške u centrisanju« neznatno utiču na vrednost sile izvijanja, kod štapova srednje vitkosti (u plastičnom području) taj je uticaj utoliko veći ukoliko im je vitkost manja. Kruto uklještenje krajeva štapa znatno povećava silu izvijanja

---

[1]) Dalji primeri v. Timoshenko-Lessels: Festigkeitslehre, str. 160 i dalje, Berlin 1928, Springer. — Timoshenko: Theory of elastic stability, glava 2, New York-London, 1936, McGraw Hill Book Comp. — U poslednjem delu su obrađeni i ovi zadaci: Izvijanje iz ravni nosača pritisnute zone savijenih štapova; izvijanje lučnih nosača; izvijanje (iz svoje ravni) tankih ravnih zidova usled pritiska ili smicanja u toj ravni; izvijanje cevi sa tankim zidovima usled spoljnog natpritiska, isto usled torzije; izvijanje podužne ose dugog štapa usled torzije itd. — Izvijanje cilindričnih zavojnih opruga v. Grammel, ZAM 4 (1924), str. 384; Biezeno u. Koch, ZAM 5 (1925), str. 279, dalje Gross-Lehr-Speer: Die Federn, str. 94 i dalje, Berlin 1938 VDI-Verlag. U ovoj publikaciji se nalaze i podaci o stepenu sigurnosti. — F. Schleicher: Stabilität vollwandiger Stahltragwerke, Bauing. 15. (1934), sv. 51/52.

[2]) Mitt. Forschungsarb. VDI, sv. 81, Berlin 1910. — W. Rein: Versuch zur Ermittlung der Knickspannungen für verschiedene Baustähle. Ber. Aussch. Vers., Stahlbau (1930), sv. 4.

u području 1 (vrlo vitki štapovi), neznatno u području 2 (štapovi srednje vitkosti), dok se u području 3 (kratki štapovi) uvek može računati sa slučajem oslanjanja 2.

U plastičnom području Tetmajer zamenjuje krivu dobivenu ogledima pravom $\sigma_K = a - b\lambda$ (Tetmajer-ova prava), tako da ona, osim u izuzetnim slučajevima, daje niže, tj. sigurnije vrednosti $\sigma_K$ nego što se dobivaju ogledom. Za oglede Kármán-a sa najbrižljivijim centrisanjem jednačina prave glasi : $\sigma_K = 3700 - 12{,}2\ \lambda$, između $\lambda = 38$ i 91, a za oglede sa vrlo malom greškom u centrisanju $\sigma_K = 4000 - 20\ \lambda$ između $\lambda = 38$ i 115.

**Tablica 21. Vrednosti napona izvijanja dobivene ogledima**

| Materijal | III područje | | II područje | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $\sigma_K = \sigma_{dF}$ kg/cm² | $\lambda_{dF}$ | $\sigma_K$ kg/cm² | važi od $\lambda_{dF}$ | važi do $\lambda_{gr}$ |
| 1. Liveno gvožđe[1]) | $\sigma_{dB} = 7760$ | 0 | $7760 - 120\,\lambda + 0{,}53\,\lambda^2$ | 0 | 80 |
| 2. Topljeni čelik St 37 | 2400 | 60 | $2891 - 8{,}175\,\lambda$ | 60 | 100 |
| 3. Topljeni čelik St 48 | 3120 | 60 | $4691 - 26{,}175\,\lambda$ | 60 | 100 |
| 4. Topljeni čelik St 52 | 3600 | 60 | $5891 - 38{,}175\,\lambda$ | 60 | 100 |
| 5. 5% Ni-čelik | $(\sigma_{dF} \sim 4200)$ | (22) | $4700 - 23{,}05\,\lambda$ | 0 | 86 |

Tetmajer-ova jednačina nije pogodna za dimenzionisanje poprečnog preseka štapa izloženog izvijanju, pomoću nje se može proveriti stepen sigurnosti protiv izvijanja datog štapa. Kod vitkih štapova (I područje) merodavna karakteristika poprečnog preseka je najmanji moment inercije njegove površine, kod vrlo kratkih pritisnutih štapova je to površina poprečnog preseka, a kod pritisnutih štapova srednje vitkosti, kad se Tetmajer-ova prava upotrebljava kao izraz ponašanja materijala pri izvijanju, merodavnija je površina poprečnog preseka nego moment inercije. Kod štapova srednje vitkosti konstruktor treba brižljivo da pazi na centričnost opterećenja.

Radi objašnjenja izvijanja u plastičnom području Kármán superponira naponima usled normalne sile, koji su veći od napona gnječenja, napone usled savijanja (sl. 78 i 79) i koristeći nešto jednostavniju vezu između napona i deformacija od stvarne, nalazi da diferencijalna jednačina elastične linije savijanog štapa srednje vitkosti ima isti oblik kao kod vitkih štapova, jedn. (1):

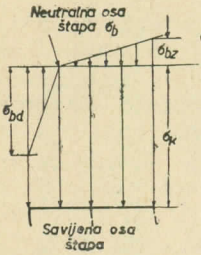
$$d^2y/dx^2 = -Py/TJ, \quad \ldots\ldots\ (8)$$

gde je $T$ »modul elastičnosti pri izvijanju u plastičnom području« i za dati poprečni presek se određuje primenom dijagrama $\sigma$ - $\varepsilon$. Slično kao kod jedn. (1) dobiva se za silu i napon izvijanja

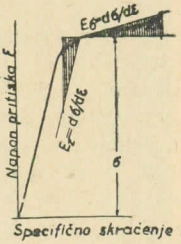
$$K = \pi^2 TJ/l^2 \qquad \sigma_K = \pi^2 T/\lambda^2 \ldots\ldots\ (9)$$

[1]) Po Tetmajer-u: Die Gesetze der Knickung usw. III izd., Leipzig u. Wien 1903, Deuticke, 2, do 4, DIN 1050; v. i napomenu [1]), na str. 873.

Prema ovoj jednačini je K á r m á n konstruisao linije na sl. 77. Vrednosti koje se dobivaju iz ovih dijagrama slažu se sa rezultatima ogleda (kružići). Proračun potvrđuje da kod štapova srednje vitkosti mali ekscentricitet tereta znatno smanjuje silu izvijanja. Štapovi srednje vitkosti se proračunavaju lakše i uz veći stepen sigurnosti po jednačinama T e t m a j e r-a, koje su uzete i za osnovu ω - postupka.




Sl. 78




Sl. 79

Sl. 77. i 78. i 79. pokazuje raspodelu napona na granici izvijanja u plastičnom području, sl. 79 dijagram σ—ε pri pritisku. Dilatacije vlakana koja su usled savijanja zategnuta su različite od dilatacija vlakana koja su usled savijanja pritisnuta. Dilatacije se približno mogu dobiti sa sl. 79. Neutralna osa ne prolazi kroz težište preseka.

**8. ω -postupak** (DIN 1050, str. 5, § 11) služi za dimenzionisanje poprečnog preseka pritisnutog štapa kada je dato: dužina, opterećenje, materijal štapa i stepen sigurnosti. Pri tome se ne mora obazirati na to da li je za proračun merodavna veličina pritiska s obzirom na otpornost materijala, ili s obzirom na opasnost izvijanja, niti da li je izvijanje u elastičnom ili plastičnom području. Dimenzionisanje se vrši mehanički, pomoću dijagrama i tablica, probnim izborom oblika i dimenzija poprečnog preseka. ω -postupak je p r o p i s a n z a p r o r a č u n č e l i č n i h k o n s t r u k c i j a z g r a d a. Niže je pokazana konstrukcija i primena ω-dijagrama. Za druge materijale i stepene sigurnosti se ω-dijagram može konstruisati slično dijagramu načinjenom prema propisima za čelične konstrukcije zgrada.

**Koeficijent izvijanja** $\omega$ je odnos dozvoljenog napona $\sigma_{\text{dozv}}$ $(= \sigma_{z\,\text{dozv}} = \sigma_{d\,\text{dozv}} = \sigma_{b\,\text{dozv}})$ i dozvoljenog napona $\sigma_K/S_K = \sigma^{\lambda}_{d\,\text{dozv}} = P/F$ ($P$ stvarni teret, $S$ stepen sigurnosti) koji zavisi od $\lambda$:

$$\omega = \sigma_{\text{dozv}}/\sigma^{\lambda}_{d\,\text{dozv}} \left[=\left(\sigma_{Fd}/S_d\right):\left(\sigma_K/S_K\right)\right]. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

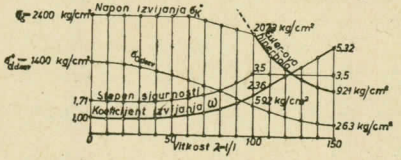
Unošenjem $\sigma^{\lambda}_{d\,\text{dozv}} = P/F$ dobiva se g l a v n a j e d n a č i n a ω-p o s t u p k a

$$\omega P = F\,\sigma_{d\,\text{dozv}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Ona ima oblik jednačine za dimenzionisanje pritisnutih ili zategnutih elemenata kod kojih je merodavna samo otpornost materijala pri pritisku ili zatezanju. Datu silu pritiska $P$ treba, dakle, pomnožiti sa koeficijentom (v. dole) i dalje računati ne vodeći računa o izvijanju.

**Konstruisanje ω-dijagrama** (sl. 80) (za najviše upotrebljavane građevinske čelike taj je dijagram konstruisan). Za određeni materijal nanose se u zavisnosti od vitkosti $\lambda$ : 1. Napon izvijanja $\sigma_K$, odn. granica gnječenja; 2. stepen sigurnosti $S$ prema granici gnječenja, odn. izvijanja; 3. $\sigma^{\lambda}_{d\,\text{dozv}} = \sigma_K/S$; 4. $\omega = \sigma_{\text{dozv}}/\sigma^{\lambda}_{d\,\text{dozv}}$.

ω - dijagram za St. 37 (sl. 80) 1. Napon izvijanja. Za $\lambda < 60$ je $\sigma_K = \sigma_{Fd} = 2400$ kg/cm². Za $60 < \lambda < 100$ važi $\sigma_K = (2891 - 8{,}175\,\lambda)$ kg/cm². Za $\lambda > 100$ je prema Euler-ovoj hiperboli $\sigma_K = (20\,726\,000/\lambda^2)$ kg/cm². Pre nanošenja treba izračunati koordinate presečne tačke Euler-ove hiperbole sa Tetmajer-ovom pravom i ove sa pravom $\sigma_K = 2400$ kg/cm². Ovo pojednostavljuje sl. 77.




Sl. 80. Stepen sigurnosti $S$ prema izvijanju

2. Stepen sigurnosti. U elastičnom području ($\lambda > 100$) je po propisima $S = 3.5$. Za St 37 je **prema tabl. 21** $\sigma_{dozv} = 1400$ kg/cm², **prema tome je** $S_d = \sigma_{Fd} / \sigma_{dozv} = 2400/1400 = 1{,}71$. **Ova vrednost** odgovara vrednosti $\lambda = 0$. Između $\lambda = 0$ i $\lambda = 100$ postoji izvesna sloboda u izboru $S$; određuje se prema usvojenoj promeni $\sigma_{d\,dozv}^{\lambda}$. Upor. 3.

3. Za $\lambda = 100$ je $\sigma_K = 2073$ kg/cm² i $\sigma_{d\,dozv}^{\lambda} = \sigma_K / S = 2073/3{,}5 = 591$ kg/cm². Za $\lambda = 0$ je $\sigma_{d\,dozv}^{\lambda} = 1400$ kg/cm². Za $0 \leqq \lambda \leqq 100$ **usvaja se** paraboličan prelaz između $\sigma_{d\,dozv}^{\lambda}$ i $\sigma_{d\,dozv}^{100}$. **Jednačina te parabole je** $\sigma_{d\,dozv}^{\lambda} = 1400 - 0{,}0808\,\lambda^2$. Sa ovim vrednostima mogu se izračunati odgovarajuće vrednosti $S$.

4. Deljenjem sledi $\omega = \sigma_{dozv} / \sigma_{d\,dozv}$. Sa sl. 80 dobivene brojne vrednosti date su u tablici 22. Iz izraza u uglastoj zagradi jedn. (10) se vidi da ovaj postupak zadovoljava zahtev da u pritisnutom štapu stepen sigurnosti $S$ prema pritisku (granici gnječenja) stoji u propisanom odnosu sa stepenom sigurnosti $S$ prema izvijanju, koji zavisi od $\lambda$.

**Tablica 22. Vrednosti koeficijenta izvijanja ω za topljeni i građevinski čelik**

$\lambda$ — vitkost, $\sigma_K$ — napon izvijanja, ω — koeficijent izvijanja

| $\lambda$ | $\sigma_K$ | ω | Topljeni čelik St 37 | $\lambda$ | $\sigma_K$ | ω | Topljeni čelik St 52 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2400 | 1,00 | | 0 | 3600 | 1 | |
| 10 | 2400 | 1,01 | $\sigma_S = 2400$ | 10 | 3600 | 1,02 | $\sigma_S = 3600$ kg/cm² |
| 20 | 2400 | 1,02 | $E = 2\,100\,000$ | 20 | 3600 | 1,04 | $E = 2\,100\,000$ kg/cm² |
| 30 | 2400 | 1,05 | | 30 | 3600 | 1,08 | |
| 40 | 2400 | 1,10 | Za $\lambda = 0$ do 60 je | 40 | 3600 | 1,15 | Za $\lambda = 0$ do 60 je |
| 50 | 2400 | 1,17 | $\sigma_K = 2400$ | 50 | 3600 | 1,23 | $\sigma_K = 3600$ |
| 60 | 2400 | 1,26 | | 60 | 3600 | 1,36 | |
| 70 | 2318 | 1,39 | | 70 | 3200 | 1,54 | |
| 80 | 2237 | 1,59 | Za $\lambda = 60$ do 100 je | 80 | 2820 | 1,82 | Za $\lambda = 60$ do 100 je |
| 90 | 2155 | 1,88 | $\sigma_K = 2890{,}5 - 8{,}175\,\lambda$ | 90 | 2430 | 2,28 | $\sigma_K = 5891 - 38{,}175\,\lambda$ |
| 100 | 2073 | 2,36 | | 100 | 2073 | 3,54 | |
| 110 | 1713 | 2,86 | | 110 | 1713 | 4,3 | |
| 120 | 1439 | 3,41 | Za $\lambda = 100$ do 150: | 120 | 1539 | 5,1 | Za $\lambda = 100$ od 150 je |
| 130 | 1226 | 4,00 | $\sigma_K = \frac{20\,726\,000}{\lambda^2}$ | 130 | 1226 | 6 | $\sigma_K = \frac{20\,726\,000}{\lambda^2}$ |
| 140 | 1057 | 4,64 | | 140 | 1057 | 7 | |
| 150 | 921 | 5,32 | | 150 | 921 | 8 | |

Štapove sa $\lambda = 150$ ne treba uopšte upotrebljavati.

Dimenzionisanje po ω-postupku vrši se probanjem.

Ako treba naći, na pr., poprečni presek pritisnutog štapa od St 37 kad je dato $P$, $l$ i $\sigma_{dozv}$, može se postupiti na sledeći način: U zavisnosti od $\lambda$ kao na sl.80, treba naneti $\omega$, $\omega P$ i $F = \omega P/\sigma_{dozv}$; zatim izabrati oblik profila i za nekoliko brojeva profila odrediti površine $F_1$ i obeležiti na prethodno nacrtanoj $F$-liniji; posle toga odrediti $J$ i izračunati $\lambda_1$, pa veličine $\lambda_1$ naneti na odgovarajuće ordinate od $F_1$. Na mestu gde je $\lambda_1 = \lambda$ dobiva se traženi profil, koji odgovara $\omega$-postupku[1]).

Dimenzionisanje olakšavaju ovi podaci:

Za $\lambda < 100$ je $\sigma_{dozv} = P/F_{pror} = (1400 - 0{,}0808\ \lambda^2)$ kg/cm² (za St 37).

Odatle je $F_{pror} = P/(1400 \text{ kg/cm}^2) + 0{,}577 \left(F^2_{pror}/J\right) l^2$. Brojna vrednost $k = F^2_{pror}/J = F_{pror}/i^2$ malo se menja za određeni oblik profila.

**Tablica 23. Približne vrednosti za $k$**

| Vrednosti $k$ za pritisnute štapove (približne vrednosti) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sa jednakim dužinama krakova | 6,0 | | | 7,0 | | Pravougaonik ($h > b$) | $12\,\frac{h}{b}$ |
| | dužina krakova $b$ i $h$ $b:h = 2:3$ | 7,0 | | na otstojanju 1 cm | 4,0 | | krug | $4\,\pi$ |
| | $b:h = 1:2$ | 11,0 | | na otstojanju 1 cm | 6,0 | | Kružni prsten | |
| | $b = 2h$ | 7,5 | | na takvom otstojanju da je $J_x = J_y$ | 1,2 | | debljina $\delta$, srednji poluprečnik $\varrho$ | |
| | $b = h$ | 5,0 | | 4 kvadrant-gvožđa bez umetaka | 1,8 | | kad je $\delta : \varrho = 0{,}05$ | 0,63 |
| | | | | | | | 0,10 | 1,25 |
| | | | | | | | 0,15 | 1,87 |
| | | | | | | | 0,20 | 2,50 |
| | | 10,0 | | kvadrat | 12,0 | | | |

**Tablica 24 Praktične formule za dimenzionisanje preseka (Opterećenje: samo glavne sile)**
(P u t, $l$ u m, $F_{pror}$ u cm² i $J_{pror}$ u cm⁴)

| | Praktične formule za pritisnute štapove | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Vitkost $\lambda$ | Topljeni čelik St. 37: $\sigma_{Fd} = 2400$ kg/cm²; $E = 2\,100\,000$ kg/cm² | Kval. građ. čelik St. 48: $\sigma_{Fd} = 3120$ kg/cm²; $E = 2\,100\,000$ kg/cm² | St. 52: $\sigma_{Fd} = 3600$ kg/cm²; $E = 2\,100\,000$ kg/cm² |
| | $\sigma_{dozv} = 1400$ kg/cm² | $\sigma_{dozv} = 1820$ kg/cm² | $\sigma_{dozv} = 2100$ kg/cm² |
| $\lambda \geqq 0$ $\lambda \leqq 100$ | $F_{pror} = \frac{P}{1{,}4} + 0{,}577\,k\,l^2$ | $F_{pror} = \frac{P}{1{,}82} + 0{,}675\,k\,l^2$ | $F_{pror} = \frac{P}{2{,}1} + 0{,}718\,k\,l^2$ |
| $\lambda \geqq 100$ | $J_{pror} = 1{,}69\,P\,l^2$ | $J_{pror} = 1{,}69\,P l^2$ | $J_{pror} = 1{,}69\,P\,l^2$ |

[1]) Kada se koristi nomogram za proračun štapova izloženih izvijanja od Unold-a, NBW-Verlag, Geislingen a. d. Steige, ne treba probati. Pri datoj sili i dužini izvijanja i kad je izabran oblik poprečnog preseka iz nomograma se neposredno može pročitati potreban profil.

**Liveno gvožđe**[1]). Prema pruskim Min. propisima od 25 februara 1925 treba za stubove od livenog gvožđa po Euler-ovoj formuli dokazati šestostruki stepen sigurnosti prema izvijanju: $J_{pror} = 6\,Pl^2$. (*J* u cm⁴, *P* u *t*, *l* u cm).

Za mostove važi za liveno gvožđe prema propisima nemačkih državnih železnica od 25 februara 1925 Euler-ova formula samo za $\lambda \leqq 80$. Sa $E = 1\,000\,000$ kg/cm² i $S = 6$ je

$$\sigma_{d\ dozv} = 1\,645\,000/\lambda^2\ [\text{kg/cm}^2].$$

Za $\lambda = 80$ je $\sigma^{80}_{d\ dozv} = 257$ kg/cm², za $\lambda = 0$ je $\sigma^{0}_{d\ dozv} = 900$ kg/cm². Između $\lambda = 0$ i $\lambda = 80$ usvojena je promena po paraboli:

$$\sigma_{d\ dozv} = 900 - 0{,}1005\,\lambda^2\ [\text{kg/cm}^2].$$

Koeficijent izvijanja $\omega = (900\ \text{kg/cm}^2)/\sigma_{d\ dozv}$. Vrednosti za ω **date su u tablici 25.**

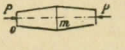
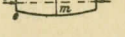
**Tablica 25. Koficijenti izvijanja za liveno gvožđe**

| za λ = | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ω = | 1,00 | 1,01 | 1,05 | 1,11 | 1,22 | 1,39 | 1,67 | 2,21 | 3,50 | 4,43 | 5,45 |
| $\sigma_{d\ dozv}$ = | 900 | 890 | 860 | 810 | 739 | 649 | 538 | 408 | 257 | 203 | 165 |

Stubove sa promenljivim poprečnim presekom treba računati sa $J_i = \mu J_m$ i $F_m$. Vrednost μ[2]) data je u tablici 26.

**Tablica 26.**

Koeficijent smanjenja momenta inercije μ za stubove sa neprekidno promenljivim poprečnim presekom

| Oblik stuba (sl. 82) | $J_i = \mu J_m$ | Oblik stuba (sl. 81) | $J_i = \mu J_m$ |
|---|---|---|---|
|  | $\mu = 0{,}34 + 0{,}66\sqrt{\frac{J_0}{J_m}}$ |  | $\mu = 0{,}61 + 0{,}39\sqrt{\frac{J_0}{J_m}}$ |

$J_m$ i $F_m$ odnose se na sredinu stuba, $J_0$ na kraj stuba. Upor. DIN 1050, str. 8.

**Drvo.** ω-postupak prema privremenim propisima nemačkih državnih železnica (BH) v. III knj. Dodatak.

Složeni štapovi v. literaturu[3]).

---

[1]) J. Bach: Stand des Knickproblems stabförmiger Körper, ZVDI 77 (1933), str. 642, sl. 9.

[2]) Bleich: Theorie und Berechnung der eiserner Brücken, Berlin 1924, Springer.

[3]) R. Mayer: Knickfestigkeit, Berlin 1925, Springer, str. 377 do 381, Verfahren von Engesser, Müller-Breslau, Krohn. — Elwitz, ZVDI 63 (1919), str. 168. — v. Mises, ZAM 5 (1925), str. 218 i 6 (1926), str. 181. DIN 1050 Nachtrag. — M. Roš: Knickung exzentrischer Stäbe; I Kongress d. intern. Vereinigung f. Brücken u. Hochbau 1932 in Zürich, Vorbericht, str. 57.

# III. Krivi štapovi

**Oznake** prema str. 775 i 791; sem toga (v. sl. 83):

$P$ — normalna sila [kg] u težištu $S$ poprečnog preseka, zatezanje pozitivno, pritisak negativan.

$M_b$ — moment savijanja [kgcm], pozitivan (negativan) je kad povećava (smanjuje) krivinu,

$J_0$ — moment inercije [cm⁴],

$r$ — prvobitni poluprečnik krivine srednje linije štapa u težište $S$ preseka $QQ$ [cm],

$Q$ — isto po dejstvu tereta,

$y$ — otstojanje tačke poprečnog preseka koja leži na $QSO$ od $S$; pozitivno je kad tačka leži između $S$ i spoljne strane; negativno je kada leži između $S$ i unutrašnje strane krivine,

$+e_a, -e_i$ — maksimalne vrednosti otstojanja $+y$ i $-y$,

$\sigma$ — normalni napon u tački na otstojanju $y$ usled $P$ i $M_b$,

$\sigma_a$, $\sigma_i$ — ivični naponi,

$\sigma = \sigma_N + \sigma_{b\,\mathrm{kr}}$ = deo $P/F$ usled normalne sile + deo usled momenta savijanja.

**1. Štapovi sa blagom krivinom.** Osa štapa je kriva linija čiji je poluprečnik krivine $r$ veliki u poređenju sa dimenzijom $e_i$ poprečnog preseka (v. niže). Približno važe jednačine za prav štap; treba samo paziti da osa štapa neprekidno menja svoj pravac[1]).

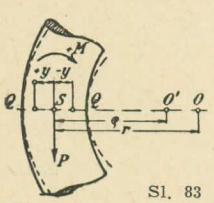
**2. Štapovi sa jakom krivinom.** Poluprečnik $r$ je neznatno veći od $e_i$ (v. niže). Na osnovu pretpostavke da preseci ostaju ravni dobiva se kod ovih štapova hiperbolična raspodela normalnih napona u poprečnom preseku, a ne linearna kao kod pravih štapova. Naponi na unutarnjoj strani krivine se povećavaju. Neutralna osa primiče se unutarnjoj strani krivine. Radijalni normalni naponi su zanemareni.

## A. Kriv štap u ravni. Opterećenje u ravni krive[2]). Savijanje

Srednja linija (osa) je kriva u ravni; u ravni krive leži glavna osa koja je i osa simetrije poprečnog preseka kao i napadnih linija spoljnjih sila i ravni spregova sila koji savijaju štap. Za poprečni presek $QQ$ (sl. 83) daju spoljne sile normalnu silu $P$. i moment savijanja $M_b$.

Na otstojanju $y$ od $S$ je

$$\sigma_{b\,\mathrm{kr}} = \sigma - \sigma_N = M_b/Fr + M_b y/\varkappa Fr(r+y) = M_b/Fr + M_b r y/J_0(r+y), \quad (1)$$



Sl. 83

gde je

$$\varkappa = -\frac{1}{F}\int \frac{y\,dF}{r+y}, \quad \ldots \quad (2)$$

$$r\int \frac{y^2\,dF}{r+y} = \varkappa F r^2 = J_0 \ldots \quad (3)$$

Integrali su uzeti po čitavom poprečnom preseku.

[1]) Unold: Kreisträger, Mitt. Forschungsarb. VDI, sv. 255, — A. Föppl: Vorles., Techn. Mech., sv. III, 10 izd. obradio O. Föppl: Berlin u. Leipzig 1927, Teubner, str. 213.

[2]) Među ostalim C. Bach: Elastizität und Festigkeit, 7 izd., Berlin 1917, Springer, str. 500.

Ovde je $\varkappa$ neimenovan broj koji zavisi samo od poprečnog preseka i krivine. $J_0$ zamenjuje moment inercije $J$ kod pravog štapa. Ako je $r$ veliko prema $y$, onda je $J_0 = J$.

Normalni naponi pri savijanju raspodeljeni su prema hiperboličnom zakonu. Najveći napon se uvek pojavljuje na unutarnjoj strani krivine.

Napon $\sigma$ je jednak nuli kad je $y = -\left[1+(Pr/M_b)\right]\varkappa r/(1+\varkappa)$, tj. kod krivih štapova prolazi neutralna osa samo onda kroz težište $S$ poprečnog preseka kad je $1+Pr/M_b = 0$ ili $M_b = -Pr$, tj. kad je poprečni presek opterećen silom koja prolazi kroz centar krivine $O$ a upravna je na poprečni presek.

Ivični naponi $\sigma_a$ i $\sigma_i$ za $y = +e_a$ i $-e_i$ su:

$$\sigma_a = \sigma_N + M_b/Fr + M_b e_a/[\varkappa Fr(r+e_a)] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

$$\sigma_i = \sigma_N + M_b/Fr - M_b e_i/[\varkappa Fr(r-e_i)] \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

**Poluprečnik krivine** $\varrho$. Promena krivine proporcionalna je momentu savijanja: $1/\varrho - 1/r = M_b/EJ_0$. Ako je $r$ veliko prema $y$, biće $J_0 = J$ i $1/r = 0$, pa je $1/\varrho = (-) M_b/EJ$ (str. 799). Dakle, kad je $r$ veliko određuju se naponi i promena krivine približno kao kod pravog štapa.

**Vrednosti $\varkappa = J_0/Fr^2$ za različite poprečne preseke**[1]).

**Pravugaoni poprečni presek.** $h = 2e$ mereno u pravcu $y$; sa $e/r = h/2r = \varphi$ biće

$$\varkappa = -1 + (1/2\varphi)\ln[(1+\varphi)/(1-\varphi)] = \varphi^2/3 + \varphi^4/5 + \varphi^6/7 + \ldots$$

**Kružni i eliptički poprečni presek.** Poluprečnik kruga $e$. Poluosa elipse u ravni štapa $e$; sa $e/r = \varphi$ biće

$$\varkappa = \varphi^2/4 + \varphi^4/8 + 5\varphi^6/64 + \ldots$$

**Trouglasti poprečni presek,** kontura jednakokraki trougao. Visina $h$ $e_i = h/3$ $e_i/r = h/3r = \varphi$:

$$\varkappa = -1 + (2/3\varphi)((0{,}67 + 0{,}33/\varphi)\ln[(1+2\varphi)/(1-\varphi)] - 1).$$

Ako je $\sigma_{b\,\mathrm{kr}\,i}$ najveći normalni napon na unutarnjoj strani krivine a $\sigma_{b\,\mathrm{pr}\,i} = \sigma_{ni}$ normalni napon na istom mestu izračunat prema obrascima koji važe za prav štap ($\sigma_{ni} = M_b/W_i = M_b e_i/J =$ = nominalni napon po Thum-u), može se jedn. (1) dovesti na oblik:

$$\sigma_{b\,\mathrm{kr}\,i} = \alpha_{ki}\,\sigma_{b\,\mathrm{pr}\,i} = \alpha_{ki}\,\sigma_{ni}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

gde je $\alpha_{ki}$ koeficijent oblika koji zavisi od krivine i oblika poprečnog preseka (slično koeficijentu $\alpha_k$ dejstva zareza pri proračunavanju napona kod štapova sa zarezom, Gl. IX, str. 939. U tablici 27 date su vrednosti $\alpha_{ki}$, izračunate pomoću jedn. (1), i vrednosti $\varkappa$ za poprečni presek čija je kontura jednakokraki trougao, pravougaonik, krug i elipsa a za različite vrednosti $\varphi = e_i/r$.

[1]) Grafičko određivanje $J_0$ za proizvoljan poprečni presek v. F. Rötscher, ZVDI 80 (1936), str. 1354. — Tolle: Regelung der Kraftmaschinen. Berlin 1921, Springer. — Bantlin, ZVDI 45 (1951), str. 164

**Tablica 27. Koeficijent oblika $\alpha_{ki}$ za unutarnju stranu krivine**

| $\varphi = e_i/r$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jednakokraki trougao | — | — | — | 1,43 | 1,64 | 1,95 | 2,24 | 2,88 | 4,5 |
| Pravougaonik | 1,07 | 1,14 | 1,25 | 1,37 | 1,53 | 1,74 | 2,26 | 2,59 | 3,94 |
| Krug, elipsa | 1,05 | 1,17 | 1,29 | 1,43 | 1,61 | 1,89 | 2,28 | 3 | 5 |

Normalni napon na unutarnjoj strani krivine dobiva se kad se izračuna normalni napon $\sigma_{b\,pri} = M_b / W_i$ na istom mestu za prav štap i pomnoži koeficijentom oblika $\alpha_{ki}$[1]).

Iz tablice 27 se vidi da koeficijent oblika $\alpha_{ki}$ ne zavisi jako od oblika poprečnog preseka. Kod svih oblika poprečnih preseka, dozvoljeno bi bilo računati sa jednom srednjom vrednosti $\alpha_{ki}$ uzete iz tablice 27. Vrednost ivičnog napona $\sigma_i$ po jedn. (5) i raspored napona po jedn. (1) je vrlo dobro potvrđen opitima Böttcher-a na krivom štapu sa pravougaonim poprečnim presekom do $\varphi \leqq 0{,}6$[2]).

Za oštar ugao $\varphi = e_i / r = 1$ daje jedn. (1) $\sigma_i = \infty$. Međutim, ogledi C. Bach-a na pljosnatim štapovima sa rebrima od livenog gvožđa sa oštrim i zaobljenim uglovima[3]) su pokazali da i štapovi sa oštrim uglovima mogu znatno da nose. Za vreme porasta $\sigma_i$ nastupa, u zavisnosti od veličine žilavosti (osetljivosti na zareze), izravnavanje napona, koje je pri razvlačećem teretu veće nego pri dinamičkom. Kod štapova sa rupom (Augenstäben) najveći napon zavisi uglavnom od toga da li je tesna ili labava veza osovinice, kod lanca najveći napon zavisi od naleganja na mestu prenosa sile. Ogledi sa štapovima sa rupom v. E. Lehr[4]). Karike lanca se praktično proračunavaju na zatezanje, prema $\sigma_{dozv} = 2\,P/2\,F$; prema iskustvu treba $\sigma_{dozv}$ izabrati niže, u zavisnosti od oblika, načina izvođenja, materijala, uslova rada; za St 34,12 je $\sigma_{dozv} = 6$; za oplemenjen $\sigma_{dozv} = 7{,}5$ [kg/mm$^2$].

**Deformacije**[5]). Proračun je potreban u statički neodređenim i sličnim zadacima[6]). Tanke krive cevi[7]). Opterećenje upravno na ravni krivih štapova, na pr. tzv. balkonski ili konzolni nosači[8]).

---

[1]) Pfleiderer je u ZVDI 51 (1907). str. 1507. dao približne formule za proračun ivičnih napona $\sigma_a$ i $\sigma_i$.

[2]) Böttcher. Mitt. Forschungsarb. VDI 1931, sv. 337.

[3]) C. Bach: Elastizität und Festigkeit, 7 izd., Berlin 1917, Springer, str. 565.

[4]) E. Lehr: Messung der unter Wirkung äusserer Kräfte in Konstruktionsteilen entstehenden Spannungen. Spannungsmessungen an Werkstücken, Leipzig 1938, Akad. Verlagsges.

[5]) Upor., na pr., napomenu [7]), str. 519 i dalje.

[6]) Vidi napomenu [7]) loc. cit. str. 527 i 543. — Timoshenko-Lessels. Festigkeitslehre, Berlin 1928. Springer str. 207, 215, 219, 221 i 225. — Ensslin. Samlg. Göschen, sv. 519 (1921), str. 140. — Promenljiv poprečni presek v. napomenu [7]) loc. cit. str. 523.

[7]) Kármán, ZVDI 55 (1911), str. 1889. — H. Lorenz, Dingler 1912, str. 577. — Bantlin, Federnde Ausgleichsrohre, ZVDI 54 (1910), str. 45.

[8]) Müller-Breslau: Neuere Methoden der Festigkeit, Leipzig 1904, 3 izd. — M. Koenen, D. Bauztg. 19 (1885), str. 607. — Unold, Mitt. Forschungsarb., VDI, sv. 235.

## B. Torzija (Uvijanje)

Kod krivog štapa izloženog torziji povećava se napon na unutarnjoj strani krivine u poređenju sa pravim štapom[1]).

**Kružni poprečni presek**, poluprečnik $a = d/2$; poluprečnik krivine ose štapa $R = D/2$; $a/R = d/D = \varphi$; sa $\tau_{pr} = 16\, M_t/\pi\, d^3 = 2\, M_t/\pi\, a^3$ je [2]):

$$\max \tau = \tau_{pr}\,(1 + 1{,}25\,\varphi + 0{,}875\,\varphi^2 + \varphi^3) \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

**Kvadratni poprečni presek**, strane $a$. Sa $\tau_{pr} = 4{,}8\, M_t/a^3$ je

$$\max \tau = \tau_{pr}\,(1 + 1{,}2\,\varphi + 0{,}56\,\varphi^2 + 0{,}5\,\varphi^3) \quad \ldots\ldots\ldots (8)$$

Jednačine su date za cilindrične zavojne opruge, $d$ = prečnik žice, $D$ = srednji prečnik namotaja. $M_t = P\,R$.

---

# IV. Opruge[3])

Obradio Dr.-Ing. H. Stark, Berlin

### Dozvoljeni naponi

Dozvoljeni naponi zavise od materijala, dimenzija (tanke opruge mogu da budu, uglavnom, jače napregnute nego deblje) i vrste naprezanja (statičko ili dinamičko). Potrebno je da se uvek proveri da napon pri velikim deformacijama ne poraste do granice razvlačenja.

**Tablica 28. Orijentacione vrednosti za približne proračune**

1. **Gibnjevi**

| | |
|---|---|
| Prednje opruge vozila . . . . . | $\sigma'_{dozv} = 40$ do 50 kg/mm² |
| Stražnje opruge . . . . . | $\sigma'_{dozv} = 55$ do 65 kg/mm² |
| Gibnjevi za vozila na šinama . . | $\sigma'_{dozv} =$ do 70 kg/mm² |

Vrednosti za puna kola u miru.

2. **Torzioni štapovi.** Pošto je površina vrlo glatka mogu se torzioni štapovi jako opteretiti . . . . . $\tau'_{dozv} = 70$ i više kg/mm².

3. **Zavojne opruge.** U približnom proračunu ne uzima se u obzir manji poluprečnik krivine žice, nego se računa sa jednostavnim obrascima za torzione štapove, pri čemu je $M_d = P\,D/2$ (sl. 16, str. 887).

| | |
|---|---|
| Zavojne opruge za veće oscilacije, na pr., kod vozila (u srednjem položaju) . . . . . | $\tau'_{dozv} = 40$ do 50 kg/mm², |
| za male, spore oscilacije . . . . | $\tau'_{dozv} = 45$ do 60 kg/mm², |
| ako ređe dolazi do udara . . . . | $\tau'_{dozv} =$ do 70 kg/mm². |

---

[1]) Gőhner, ZVDI 76 (1932), str. 269; sadrži i bibliografske podatke. Pitanje tačnosti.

[2]) Gőhner, Ing. Archiv 1 (1930), str. 619; 2 (1931), str. 1; 3 (1938), str. 355.

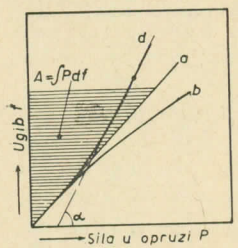
[3]) **Literatura.** — Castigliano: Theorie der Biegungs- und Torsionsfedern, Wien 1888, Gerold, — Gross-Lehr-Speer: Die Federn, Berlin 1938, VDI-Verlag. — Kreissig: Die Berechnung des Eisenbahnwagens, Köln 1937, Stauf.

**Oznake** (upor. i str. 775)

$f$ — ugib, skraćenje, odn. izduženje [cm],
$\varphi$ — ugao opruge, ugao uvijanja, ugao u lučnoj meri,
$P$ — sila u opruzi [kg],
$M$ — moment opruge [kgcm],
$D_1$, $d$ — prečnik [cm],
$p$ — visina isporučenja (strela) [cm, mm],
$i$ — broj zavoja,
$n$ — broj lamela (traka),
$\delta$ — koeficijent oblika,
$\eta_G$ — stepen iskorišćenja materijala opruge,
$\max \sigma' = \max \sigma_b$ — najveći normalni napon pri savijanju [kg/cm²],
$\sigma'_{dozv} = \sigma_{b\,dozv}$, $\tau'_{dozv} = \tau_{t\,dozv}$ — v. tablicu 28, str. 877,
$\max \tau' = \max \tau_t$ — najveći smičući napon pri torziji [kg/cm²],
$V$ — zapremina opruge [cm³],
$E$ — modul elastičnosti = 2 100 000 kg/cm²,
$G$ — modul klizanja = 800 000 kg/cm²,
$c = 1/C$ — krutost opruge [kg/cm].

## A. Osnovni pojmovi

**Karakteristika opruge** (bez trenja) ili dijagram sila-ugib je ili prava linija (Hooke-ova opruga, najčešći slučaj), ili kriva linija (sl. 1).




Sl. 1

Slučaj a) Ugib $f$ se povećava proporcionalno sili $P$ u opruzi, na pr., zavojna opruga, gibnjevi bez dejstva trenja opterećeni vertikalno, mali ugibi.

Slučaj b) Opruga postaje sa povećanjem deformacije kruća (progresivna elastičnost), na pr., opruga za odbojnike.

Slučaj d) Opruga postaje sa povećanjem deformacije mekša, na pr., tanjiraste opruge.

Nagib tangente na dijagram sila-ugib daje meru za mekoću opruge. Jedinični ugib (elastičnost)

$$\operatorname{tg}\alpha = C = \frac{df}{dP} \text{ u cm/kg, mm/100 kg, mm/t.}$$

Ako je karakteristika opruge prava (slučaj a) sl. 1), tada je $C = f/P = \text{const.}$

$1/C = c = \frac{dP}{df}$ često se zove krutost opruge (jedinična sila opruge), $c$ se samo onda naziva »konstanta opruge« (v. str. 435), kad je $c$ zaista konstantno, kao što je na sl. 1. slučaj a). $c$ se mnogo koristi u tehnici oscilacija (str. 294).

**Rad opruge je**

$A = \int P\,df$, ako na oprugu dejstvuje sila, na pr., kod gibnjeva,

a $A = \int M\,d\varphi$, ako na oprugu dejstvuje spreg sila, na pr., kod torzionih opruga.

Ako je karakteristika opruge prava $A = P f/2 = c f^2/2 = f^2/2\,C$ [kg cm] (osenčena površina na sl. 1).

Ako se rad $A$ napiše u obliku $A = \eta_G \frac{\max \sigma^2}{2E} V$ za fleksione opruge i $A = \eta_G \frac{\max \tau^2}{2G} V$ za torzione opruge, onda je $\eta_G$ merilo za stepen iskorišćenja materijala opruge. $\eta_G$ je odnos između stvarno izvršenog rada (deformacionog rada) i idealnog rada, skroz jednoliko napregnute zapremine opruge.

## B. Fleksione opruge

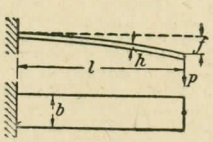
**a) Jednostavna prava fleksiona opruga** (smičući naponi su zanemareni).

**Pravougaona opruga** (sl. 2).

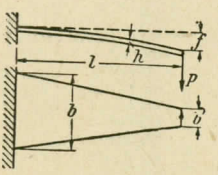
$$f = \frac{P l^3}{3 E J} = \frac{4 P l^3}{E b h^3} = \frac{2}{3} \frac{l^2}{h} \frac{\max \sigma'}{E}; \qquad C = \frac{f}{P} = \frac{l^3}{3 E J}.$$

Do $f/l \approx 0{,}2$ greška je manja od 4%.

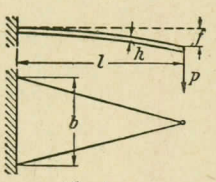
$\eta_G = 1/9$, tj. zapremina $b\,h\,l$ opruge izvršila bi devetostruki rad kad bi svaki presek upravan na pravu osu opruge bio jednoliko napregnut sa $\max \sigma$.




Sl. 2




Sl. 3




Sl. 4

**Trapezna opruga** (sl. 3). ;Približno je za male ugibe

$$f = \frac{P l^3}{(2 + b'/b)\,E J} = \frac{12 P l^3}{(2 + b'/b)\,E b h^3} = \frac{2 l^2 \max \sigma'}{(2 + b'/b)\,h E}; \qquad b' < b$$

$$C = f/P = l^3/[(2 + b'/b)\,E J].$$

Greška $\lesssim 4\%$.

Za veće ugibe, do $f/l \approx 0{,}2$, dodatna greška je manja od 4%.

$b'/b = 1$ . . . pravougaona opruga
$b'/b = 0$ . . . trougaona opruga

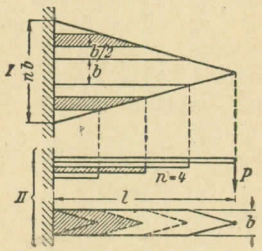
$$\eta_G \approx \frac{2}{3\,(2 + b'/b)\,(1 + b'/b)}$$

**Trougaona opruga** (sl. 4).

$$f = \frac{P l^3}{2 E J} = \frac{6 P l^3}{E b h^3} = \frac{l^2 \max \sigma'}{h E}; \qquad C = \frac{f}{P} = \frac{l^3}{2 E J}; \qquad \eta_G = \frac{1}{3}.$$

Do $f/l \approx 0{,}2$ greška je ispod 4%.

Nosač jednake otpornosti pri savijanju konstantne visine $h$. Elastična linija ≈ kružni luk.



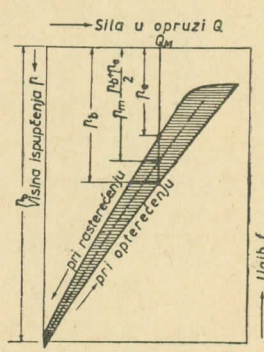

Sl. 5

### b) Složeni gibanj

Pomoću jednostavnih gibnjeva često se ne mogu zadovoljiti uslovi za mnoga područja primene. Tako se, na pr., od gibnjeva za vozila obično zahteva da imaju veliki jedinični ugib (elastičnost $C$ u mm/100 kg) a malu ukupnu širinu i veliku nosivost uz što bolje iskorišćenje materijala opruge. Jednostavan trougaoni gibanj ispunjava ove uslove, osim jednog — on je suviše širok. Stoga se on iseče na uzdužne trake (sl. 5, I), koje položene jedna na drugu čine složen trougaoni gibanj (sl. 5, II). Složen trougaoni gibanj je telo jednake otpornosti pri savijanju kao i jednostavan trougaoni gibanj širine $n\,b$. $n$ je broj traka (lamela).

$$f = \frac{6\,P\,l^3}{E\,n\,b\,h^3} = \frac{l^2 \max \sigma'}{h\,E}, \qquad C = \frac{f}{P} = \frac{6\,l^3}{E\,n\,b\,h^3}, \qquad \eta_G = 1/8.$$

Izvedeni složeni gibnjevi znatno otstupaju od osnovnog teoriskog oblika složenog trougaonog gibnja. Kraj najduže trake (glavna traka) nije šiljat; on je najčešće otsečen upravno na podužnu osu trake i često savijen u ušku u koju se umeće zavoranj. Druga traka, a često u izvesnoj meri i treća, jednake je dužine kao i glavna traka, čime je uška bolje oslonjena. Stoga dužine traka ne odgovaraju teoriskim dužinama traka trougaonog gibnja. Krajevi pojedinih traka nisu šiljati, nego uglavnom trapezasti, da bi se dobila dovoljna površina naleganja za prenošenje sile.




Sl. 6

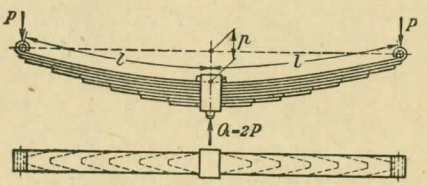
Pri radu složenog gibnja javlja se između pojedinih traka trenje, tako da se linije opterećenja i rasterećenja ne poklapaju (sl. 6). Površina između ovih linija određuje energiju koja se oduzima opruzi pri svakom ugibanju. Kako položaj srednje linije ne zavisi od veličine trenja to se radi karakterisanja složenog gibnja mora dati srednja visina ispupčenja $p_m$ pri propisanom mernom teretu $Q_M$. Sa povećanjem ugiba trenje uglavnom nešto raste i zavisi od brzine oscilovanja. Ispitivanja su pokazala da se amplitude uvek smanjuju za istu vrednost, pa se može smatrati da je trenje konstantno. Za sada još ne postoje praktične jednačine za izračunavanje trenja.

Visina ispupčenja $p$ složenog gibnja je najkraće otstojanje između prave koja spaja ose uški i spoljne ivice glavne

trake na sredini gibnja. Ako se usled opterećenja visina ispupčenja $p_0$ neopterećenog gibnja promeni na $p$ (usled trenja između traka često se mogu izmeriti različite vrednosti za $p_0$), tada je ugib

$$f = p_0 - p,$$

ako gibanj ima takvu krivinu da se sa povećanjem opterećenja smanjuje ugib, što je najčešći slučaj.




Sl. 7

**Primena.** Složeni gibnjevi sa trakama iste debljine, koje su stegnute u jednu celinu pomoću glavčine, navučene u vrućem stanju (sl. 7) primenjuje se naročito za vozila na šinama i teška teretna kola.

Za vertikalno opterećenje je vrlo približno [1])

$$f = 12\,P\,l^3/[(2 + n'/n)\,E\,n\,b\,h^3] = 2\,l^2 \max \sigma'/[(2 + n'/n)\,E\,h];$$

gde je $n'$ broj traka na kraju gibnja, a $n$ ukupan broj traka. Za primer na sl. 7 je $n' = 3$ i $n = 8$. Poređamo li trake jednu pored druge kao na sl. 5 nećemo dobiti trougao.

**Napomena.** Kod gibnjeva sa malom krivinom treba za dužinu $l$ uvrstiti razmak između uške i sredine glavčine (mereno po luku), jer se kod dugačkih gibnjeva uopšte ne može utvrditi u kojoj je meri opruga ukrućena glavčinom, dok je kod kratkih gibnjeva ukrućenje neznatno.

Ako trake gibnjeva nisu prednapregnute, tj. sve trake u neopterećenom stanju imaju istu krivinu, onda je srednji napon

$$\text{srednj. } \sigma = 6\,P\,l/n\,b\,h^2.$$

I ovde je uobičajeno da se računa sa dužinom $l$. S obzirom na to da oblik gibnja otstupa od praoblika (trougaoni gibanj), raspodela napona nije jednolika. Najkraća traka je najviše napregnuta. Karakteristike elastičnosti čelika za opruge v. na str. 921. Kod izbora dozvoljenih srednjih napona (str. 877) treba uzeti u obzir radne uslove.

**Brojni primer.** Simetričan gibanj male krivine koji se sastoji od traka jednake debljine. Opterećenje vertikalno.

Najveći teret na sredini gibnja $2\,P = 3280$ kg, pri tome je $\max \sigma' = 50$ kg/cm² kao srednja vrednost, ukupna dužina $2\,l = 1320$ mm. Jedinični ugib sveden na sredinu gibnja $C = 2{,}7$ do $3{,}0$ mm/100 kg.

Odrediti: debljinu trake $h$, širinu trake $b$ i broj traka $n$.

Iz $C = f/2\,P = 2\,l^2 \max \sigma'/[2\,P\,(2 + n'/n)\,Eh]$ je $h = 2\,l^2 \max \sigma'\,[2\,P\,(2 + n'/n)\,EC]$; $(2 + n'/n)$ je privremeno ocenjeno sa 2,3.

$h = 2 \cdot 66^2 \cdot 5000/(3280 \cdot 2{,}3 \cdot 2\,100\,000 \cdot 0{,}00285) = 0{,}96$ cm, izabrano $h = 10$ mm,

$n\,b = 6\,P\,l/(\max \sigma'\,h^2) = 0 \cdot 1640 \cdot 67/(5000 \cdot 1) = 130$ cm, izabrano $b = 100$ mm,

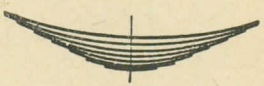
$n = 13$ traka, od toga $n' = 3$;

sa time je $(2 + n'/n) = 2{,}23$. Ponovnim proračunom dobivamo da je $C = 2{,}83$ mm/100 kg.

Gibnjevi sa trakama različite debljine (ukoliko je mogućno izbegavati!) primenjuju se katkada na motornim vozilima. Radi izjednačenja naprezanja u pojedinim trakama imaju trake u na-

[1]) Witzig, Schweiz. Bauztg. 72 (1918), str. 249.

pregnutom stanju različite krivine (sl. 8). Ovim se prednaprezanjem postiže i izvesno rasterećenje glavne trake od savijanja, jer se u njoj mogu pojaviti i sekundarni naponi usled torzije i zatezanja. Raspodela napona je usled raznih krivina i debljina traka vrlo složena a proračun zametan[1]). Stoga se vrednost srednjeg napona koji je dat izrazom:



Sl. 8

$$\text{srednj.}\sigma = 6\,P\,l/[b\,\Sigma\,h^2]$$

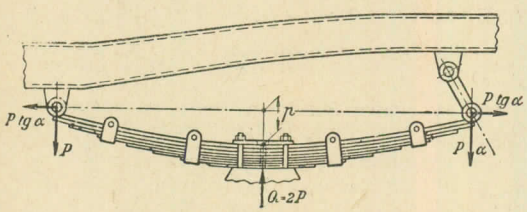
smatra kao dovoljan podatak za proračun. Ugib je

$$f = 12\,P\,l^3/[\delta\,E\,b\,\Sigma\,h^3].$$

Vrednost koeficijenta oblika $\delta$ varira kod većine gibnjeva između 2,3 i 2,4. Za teoriski trougaoni gibanj je $\delta = 2$, za četvorougaoni gibanj $\delta = 3$. Koeficijentu oblika $\delta$ odgovara, u slučaju opruge sa trakama jednake debljine, vrednost $(2 + n'/n)$.

Podatke o glatkom čeliku za opruge i podatke o trapeznom obliku krajeva traka v. DIN Kr 4151.

Dugački gibnjevi od pljošteg čelika, kod kojih su trake vezane sa dve stege umesto glavčinom, osiguravaju se protiv bočnog pomeranja obrazima (sl. 9). Čvrsto pritegnute stege u vezi sa podmetačima mogu da prouzrokuju primetno ukrućenje opruge.




Sl. 9

Gibnjevi se obično vešaju o kose spojke (sl. 9), tako da dodatna horizontalna sila $H = P\,\mathrm{tg}\,\alpha$ utiče na karakteristiku gibnja i raspodelu napona. Ovi gibnjevi se mogu tačno proračunati. Vidi primedbu sa bibliografskim podacima na str. 877. U prvoj ali gruboj aproksimaciji je

$$f = \frac{12\,P\,l^2(l + p\,\mathrm{tg}\,\alpha)}{(2 + n'/n)\,E\,n\,b\,h^3}$$ za gibnjeve sa trakama jednake debljine.

$$f = \frac{12\,P\,l^2(l + p\,\mathrm{tg}\,\alpha)}{\delta\,E\,b\,\Sigma\,h^3}$$ za gibnjeve sa trakama različite deljine.

Za $p$ se može smeniti visina ispupčenja $p_0$ neopterećenog gibnja, za $\alpha$ ugao nagiba spojke kad dejstvuje teret $P$. Karakteristika koso opterećenog gibnja nije potpuno prava. Njen oblik zavisi od početnog ugla $\alpha_0$ i položaja spojki, tj. da li su s gornje strane (kao na sl. 9) ili s donje strane. Zbog dodatnog horizontalnog opterećenja potrebno je prednaprezanjem rasteretiti glavnu traku a za dozvoljeni napon izabrati malu vrednost. Ugao $\alpha$ ne treba izabrati suviše veliki.

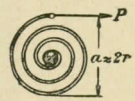
Područje primenljivosti obrazaca. Navedeni obrasci važe uz pretpostavku da na gibanj dejstvuju samo koncentrisani tereti u jednoj ravni a ne i spregovi sila (momenti), koji se mogu pojaviti kad u radu gibnja dođe do uklještenja, na pr., na osovini kola.

---

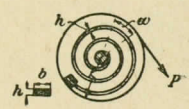
[1]) Stark: Ermittlung der Biegespannungee in Federn, ATZ 79 (1931), str. 751.

### c) Zavojne fleksione opruge

**Ravne zavojne opruge** (uglavnom Arhimedove spirale sa jednakim otstojanjima između zavojaka) treba po mogućnosti izložiti dejstvu spregova sila da bi u svim presecima dejstvovao jednak moment savijanja. Stoga je potrebno da, kako unutarnji (sl. 10), tako i spoljni kraj opruge (sl. 11) bude čvrsto vezan za vreteno. Ako je spoljni kraj opruge vezan pomoću zgloba na koji dejstvuje sila $P$ (sl. 10), onda je za taj najnepovoljniji slučaj najveći moment savijanja $\approx P\,2r$. Materijal nije jednoliko iskorišćen.



Sl. 10



Sl. 11

U slučaju da su oba kraja uklještena (sl. 11) $M = Pr$, pa je

$\max \sigma = k \cdot 6\,M/b\,h^2$ za pravougaoni poprečni presek,

$\max \sigma = k \cdot 32\,M/\pi\,d^3$ za kružni poprečni presek

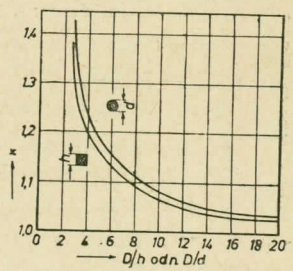
na mestu najveće krivine; na slici 11 na unutarnjem kraju opruge.

Koeficijent $k$ obuhvata uticaj krivine štapa i zavisi od odnosa prečnika krivine $D$ i najveće dimenzije preseka ($h$, odn. $d$) u radijalnom pravcu. Vrednosti $k$ date su na sl. 12. Promena ugla:

$\omega = M \cdot 12\,l/E\,b\,h^3$ za pravougaoni poprečni presek,

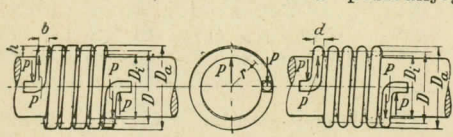
$\omega = M \cdot 64\,l/E\,\pi\,d^4$ za kružni poprečni presek,

gde je $l$ dužina odvijene opruge.



Sl. 12

**Prostorne zavojne fleksione opruge** (sl. 13). Na oba kraja opruge dejstvuje kao spoljnje opterećenje po jedna sila $P$. Pošto krajnji zavojak naleže na osovinicu, to na ivicu poslednjeg zavojka dejstvuje još sila $P$, tako da je moment savijanja $M \approx P\,r$. Naponi se izračunavaju kao kod ravne zavojne opruge. Promena ugla:

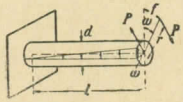

b
d
P
P
P

## C. Torzione opruge

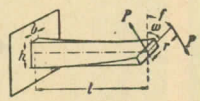
### a) Prăvi torzioni štapovi

Oni su izloženi isključivo dejstvu sprega sila čiji je moment $M = P\,r$, a koji dejstvuju u ravni upravnoj na osu štapa.

**Torzioni štap kružnog poprečnog preseka** (sl. 14)
$\max \tau' = 16\,M/\pi d^3$; $f = r\,\omega = M\,32\;\; r\,l/G\,\pi\,d = \max \tau' \cdot 2\,r\,l/Gd$, $\eta_G = 1/2$.



Sl. 14



Sl. 15

**Brojni primer.** Torzioni štap kružnog poprečnog preseka, $\max \tau' = 40$ kg/mm², $\max M = 5150$ kg cm. Jedinični ugao torzije $\omega/M = 0{,}00011$ [1/kgcm]. Treba odrediti: prečnik $d$ i dužinu $l$ štapa.

$d^3 = 16\,M/(\pi \max \tau') = 16 \cdot 5150/(\pi \cdot 4000) = 6{,}6$ cm³.

izabrano $d = 19$ mm;

$l = \omega/M \cdot M\,G\,d/(2 \max \tau') = 0{,}000\,11 \cdot 5150 \cdot 800\,000 \cdot 1{,}9/(2 \cdot 4000) = 108$ cm.

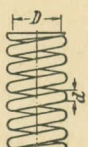
**Torzioni štap pravougaonog poprečnog preseka** (sl. 15). $h > b$.
$\max \tau' = M/\eta_2\,h\,b^2$, $f = r\,\omega' = M \cdot r\,l/(G\,\eta_3\,h\,b^3) = \max \tau' \cdot \eta_2\,r\,l/(\eta_3\,G\,b)$.

Vrednosti za $\eta_2$ i $\eta_3$ v. tab. 14a na str. 839.

### b) Zavojne opruge (prostorne zavojne torzione opruge) [1])

Kod zavojne opruge je ravan poprečnog preseka normalna na savijenu osu žice opterećenu sa

| | |
|---|---|
| normalnom silom $N = P \sin\alpha$ | momentom savijanja $M_b = Pr \sin\alpha$ |
| transverzal. silom $T = P \cos\alpha$ | momentom torzije $M_d = Pr \cos\alpha$. |



Sl. 16

U ovim izrazima je $P$ sila kojom je opterećena opruga a čija napadna linija veoma malo otstupa od podužne ose opruge, $r = D/2$ poluprečnik zavojaka, $\operatorname{tg}\alpha$ nagib zavojne linije. Pošto je nagib vrlo mali mogu se zanemariti normalni naponi (izazvani normalnom silom i momentom savijanja).

Ukupan broj zavojaka treba po mogućnosti da završava na ½ da bi krajnji zavojci ležali jedan prema drugom. Na svakom kraju opruge treba radi dobrog naleganja predvideti ¾ zavojka koji ne radi.

**Cilindrične zavojne opruge sa kružnim poprečnim presekom** (sl. 16). Dogod se radni zavojci ne dodiruju ugib je dovoljno tačno dat sa

$$f = P\,8\,i\,D^3/G\,d^4,$$

gde je $i$ — broj radnih zavojaka, $d$ — prečnik žice.

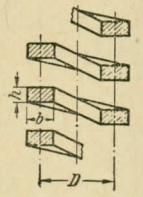
---

[1]) Izvijanje opruga, slobodne oscilacije opruga (ventilske opruge) v. str. 868 napomena[1]). Opterećenje usled dejstva centrifugalnih sila v. Tolle: Regelung d. Kraftmaschinen, Berlin 1921, Springer.

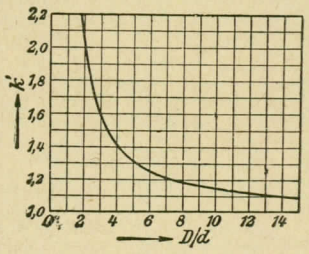
Kako žica nije prava to su smičući naponi po obimu žice različiti. Smičući naponi usled momenta torzije i transverzalne sile su najveći u tačkama poprečnog preseka koje su najbliže osi opruge:

$$\max \tau' = k' \, 8 \, D \, P / \pi \, d^3$$

$k'$ zavisi od odnosa $D/d$ i dat je na sl. 17.



Sl. 18

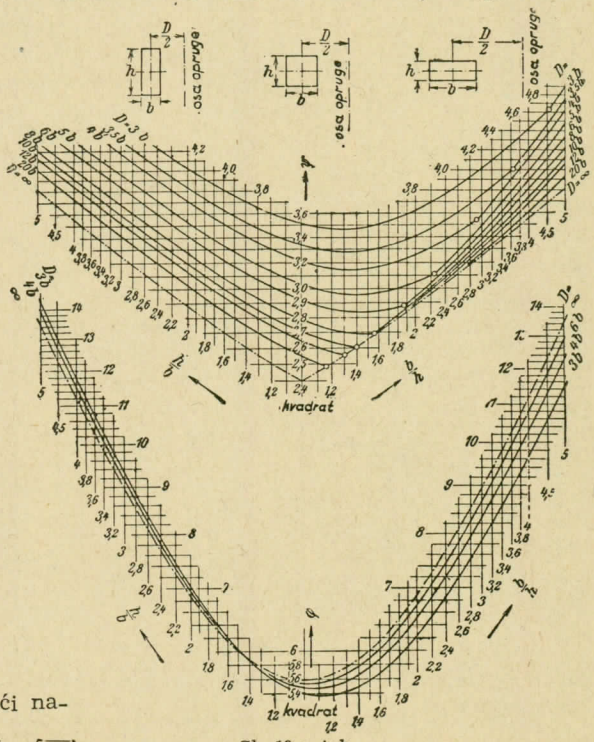


Sl. 17

**Cilindrična zavojna opruga pravougaonog poprečnog preseka** (sl. 18). Raspored napona u savijenom štapu pravougaonog poprečnog preseka koji je opterećen momentom torzije i transverzalnom silom ne zavisi samo od odnosa $h/b$ nego i od odnosa $D/b$. Sa $b$ je uvek obeležena strana pravougaonika upravna na osu opruge, a sa $h$ strana paralelna sa tom osom. Ugib $f$ može se vrlo tačno izračunati iz[1]):

$$f = \varphi \, i D^3 P / (G b^2 h^2).$$

$\varphi$ se dobiva iz dijagrama na sl. 19. U tom dijagramu su na levoj strani vrednosti za $\varphi$ za pravougaoni poprečni presek čija je duža strana paralelna sa osom opruge, na desnoi za pravougaoni poprečni presek čiia je duža strana upravna na osu opruge, a u sredini za kvadratni poprečni presek



Sl. 19 a i b

Najveći smičući napon je

$$\max \tau = \psi \, PD / (b h \sqrt{b h}).$$

Vrednosti za $\Psi$ dobivaju se iz dijagrama na sl. 19.

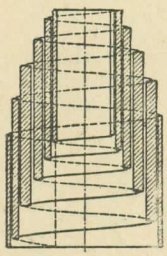
[1]) Liesecke-Göhner, ZVDI 77 (1933). str. 425 i 892.

**Konusne zavojne opruge kružnog poprečnog preseka** (sl. 20). Opruga nije jednoliko napregnuta. Najveći smičući napon javlja se u poprečnom preseku koji je najviše udaljen od ose opruge.

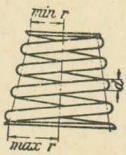
$$\max \tau = k' \, 16 \, \max r \, P/\pi \, d^3.$$

$k'$ treba uzeti iz dijagrama na sl. 17; $\max r$ — najveći poluprečnik zavojaka, $\min r$ — najmanji poluprečnik zavojaka.

Dovoljno tačno je $f = \dfrac{16 \, (\max r + \min r \, (\max r^2 + \min r^2) \, i}{G \, d^4} P$, dogod se pojedini zavojci ne dodiruju. $i$ je broj radnih zavojaka.



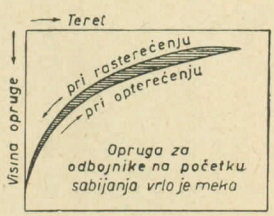
Sl. 21



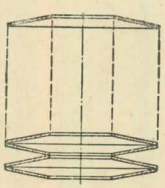

Sl. 20

**Opruge za odbojnike** (sl. 21) primaju velika opterećenja pri relativno malom sabijanju, a zauzimaju mali prostor. Presek je obično izduženi pravougaonik sa dužom stranom paralelnom osi opruge. Za vreme opterećivanja isključuju se delovi opruge iz daljeg deformisanja usled naleganja na podložnu ploču, tako da se radna zapremina stalno smanjuje. Opruga za odbojnike sa povećanjem opterećenja postaje kruća. Trenje između zavojaka može da bude vrlo veliko. Proračun je komplikovan; pomoću jednostavnijih obrazaca ne mogu se dobiti pouzdani podaci[1]). Karakteristika opruge jednog odbojnika prikazana je na sl. 22.

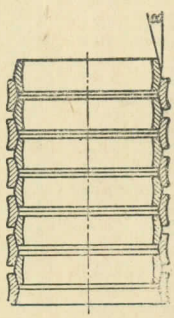
**Belleville-opruge** (sl. 23) se upotrebljavaju kad dejstvuju veoma velike sile. One su izrađene obično u obliku stuba načinjenog od više tanjira. Kako nema trenja, nema ni mogućnosti za amortizovanje. Proračun v. Z V D I 81 (1937), str. 1390.




Sl. 22



Sl. 23



Sl. 24

**Prstenaste opruge** (sl. 24) se upotrebljavaju kad dejstvuju veoma velike sile. U radu one apsorbuju veliki rad usled trenja.

[1]) S t a r k, ZVDI 79 (1935). str. 727.

Spoljni prstenovi su izloženi zatezanju, unutrašnji pritisku. Raspodela napona je veoma jednolika, te je materijal dobro iskorišćen.

$$\sigma = \frac{P}{F\pi \operatorname{tg}(\alpha + \varrho)}.$$

$F$ je površina poprečnog preseka unutrašnjeg ili spoljnjeg prstena, $\alpha$ iznosi, često, oko 14° a ugao trenja $\varrho = 6$ do 9°.

Da bi se uticalo na karakteristiku opruge izrade se, često, na nekoliko unutrašnjih prstenova podužni uski otvori; ti prstenovi su onda izloženi savijanju.

---

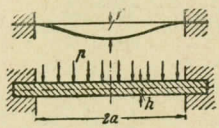
# V. Ploče i sudovi

## a) Ploče otporne prema savijanju[1])

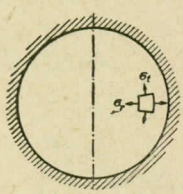
**1. Opšte.** Oznake:

$h$ — debljina ploče [cm],
$f$ — najveći ugib [cm],
$E$ — modul elastičnosti [kg/cm²],
$\mu$ — Poison-ov broj (str. 779); u formulama, koje su posle opštih formula date brojno, usvojeno je $\mu = 0{,}3$.
$N = E h^3/[12(1 - \mu^2)] = E h^3/10{,}92$ [kgcm],
$\sigma$ — napon u ravni ploče [kg/cm²],
$\sigma_r$ — radijalni, $\sigma_t$ — cirkularni } napon u kružnoj ploči [kg/cm²], prema sl. 2,
$\sigma_x$ — napon u $x$-pravcu, $\sigma_y$ — napon u $y$-pravcu } za eliptičku, pravougaonu ploču i ploču oslonjenu u pojedinim tačkama [kg/cm²], prema sl. 6 do 8.

**Pretpostavke:** Debljina ploče $h$ je mala u poređenju sa dimenzijama površine ploče. Ugib $f$ je mali u poređenju sa debljinom $h$ ploče.




**Naponi:** Naponi dati u **2.** do **9.** za različite slučajeve opterećenja i oblike ploča su najveći naponi koji se mogu pojaviti u tačkama gornje ravni ploče; za donju ravan ploče treba promeniti znak. Naponi $\sigma_z$ upravni na ravan ploče u tačkama spoljne površine jednaki su specifičnom spoljnjem opterećenju u tim tačkama. Na opterećenoj strani je $\sigma_z = -p$, na neopterećenoj $\sigma_z = 0$. Prema tome su za tačke gornje i donje

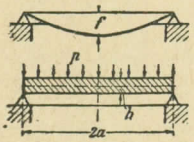



Sl. 1 i 2. Ugibi srednje ravni ploče pretstavljeni su uveličano

[1]) Beyer: Handbuch für Eisenbetonbau II, Berlin, Ernst & Sohn. — A. u. Föppl: Drang und Zwang, I sv., 2 izd., München u. Berlin 1924, Oldenbourg, str. 125 do 232. — Lewe: Pilzdecken, 2 izd., Berlin 1926 Ernst & Sohn, — A. Nádai: Elastische Platten, Berlin 1925, Springer.

spoljne površine ploče, za koje su u daljem dati podaci o naponima u ravni ploče, određeni glavni naponi[1]).

Ugibi srednje ravni ploče pretstavljeni su uveličani




Sl. 3

**2. Uklještena kružna ploča** opterećena jednolikim pritiskom $p$ (sl. 1 i 2). Ugib $f = p\,a^4/64\,N = 0{,}171\,p\,a^4/E\,h^3$.

Naponi u sredini ploče

$$\sigma_r = \sigma_t = -3\,(1+\mu)\,p\,a^2/8\,h^2 = -0{,}488\,p\,a^2/h^2.$$

Napon na rubu ploče

$$\sigma_r = 0{,}75\,p\,a^2/h^2; \quad \sigma_t = \mu\,\sigma_r = 0{,}225\,p\,a^2/h^2.$$

**3. Slobodno oslonjena kružna ploča** opterećena jednolikim pritiskom $p$ (sl. 3). Ugib $f = (5+\mu)\,p\,a^4/[64\,(1+\mu)\,N] = 0{,}696\,p\,a^4/E\,h^3$.

Naponi u sredini ploče

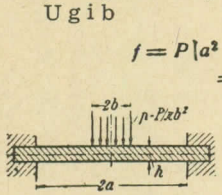
$$\sigma_r = \sigma_t = -3\,(3+\mu)\,p\,a^2/8\,h^2 = -1{,}24\,p\,a^2/h^2.$$

**4. Uklještena kružna ploča** opterećena u sredini teretom $P$, koji je jednoliko raspodeljen po površini kruga $\pi b^2$ (sl. 4); $b \geqq h/2$.

Na opterećenoj površini je $p = P/\pi b^2$.

Ugib

$$f = P[a^2 - 0{,}75\,b^2 - b^2 \ln(a/b)]/\pi\,16\,N$$
$$= 0{,}217\,P[a^2 - 0{,}75\,b^2 - b^2 \ln(a/b)]/E\,h^3.$$




Sl. 4

Naponi u sredini ploče

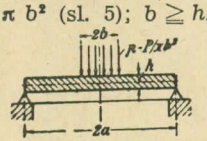
$$\sigma_r = \sigma_t = -3\,(1+\mu)\,P[(b/a)^2 + 4\ln(a/b)]/\pi\,8\,h^2$$
$$= -0{,}62\,P[\ln(a/b) + 0{,}25\,(b/a)^2]/h^2.$$

Naponi na rubu ploče

$$\sigma_r = 3\,P[1 - 0{,}5\,(b/a)^2]/2\pi\,h^2 = 0{,}477\,P[1 - 0{,}5\,(b/a)^2]/h^2,$$

$$\sigma_t = \mu\,\sigma_r = 0{,}3\,\sigma_r.$$

**5. Slobodno oslonjena kružna ploča** opterećena u sredini teretom $P$, koji je jednoliko raspodeljen po površini kruga $\pi\,b^2$ (sl. 5); $b \geqq h/2$.




Sl. 5

Na opterećenoj površini je $p = P/\pi b^2$.

$$f = P[(12+4\mu)\,a^2 - (7+3\mu)\,b^2$$
$$- 4\,(1+\mu)\,b^2 \ln(a/b)]/[\pi\,64\,(1+\mu)\,N]$$
$$= 0{,}217\,P[2{,}54\,a^2 - 1{,}52\,b^2 - b^2 \ln(a/b)]/E\,h^3.$$

[1]) Osnove za proračun klipa i flanši v. Ensslin, Dingler 318 (1903), str. 705 i 319 (1904), sv. 39 i ZVDI 76 (1911), str. 830. — ten Bosch: Maschinen-Elemente, Berlin 1929, Springer, V., str. 36.

Naponi u sredini ploče

$$\sigma r = \sigma_t = -3P[4 - (1-\mu)(b/a)^2 + 4(1+\mu)\ln(a/\varrho)]/\pi 8h^2.$$

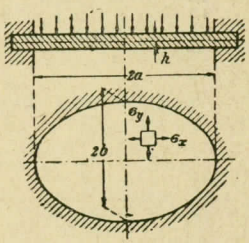
**6. Uklještena eliptička ploča** opterećena jednolikim pritiskom $p$ (sl. 6).

Bezdimenzioni koeficijent: $\zeta = 8/[3 + 2(b/a)^2 + 3(b/a)^4]$,

Ugib: $f = \zeta p b^4/64N = 0{,}171\,\zeta p b^4/Eh^3$.

Naponi u sredini ploče

$$\sigma_x = -3\zeta p b^2[(b/a)^2 + \mu]/8h^2,$$
$$\sigma_y = -3\zeta p b^2[1 + \mu(b/a)^2]/8h^2.$$



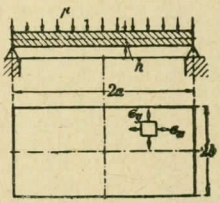
Sl. 6

Naponi na kraju male ose

$$\max\sigma = \sigma_y = 0{,}75\,\zeta p b^2/h^2,$$
$$\sigma_x = \mu\sigma_y.$$

Naponi na kraju velike ose

$$\sigma_x = 0{,}75\,\zeta p b^4/a^2h^2,$$
$$\sigma_y = \mu\sigma_x.$$



Sl. 7

**7. Slobodno oslonjena pravougaona ploča,** čiji su uglovi osigurani od odizanja zateznim silama, opterećena jednolikim pritiskom $p$, sl. 7, tabl. 29.

**Tablica 29. Slobodno oslonjena pravougaona ploča**

| Odnos strana $a/b$ | Ugib $f$ | Naponi u sredini ploče za $\mu = 0{,}3$ $\sigma_x$ | $\max\sigma = \sigma_y$ | Zatezna sila u svakom uglu |
|---|---|---|---|---|
| 1,0 | $0{,}065\,p b^4/N$ | $-1{,}16\,p b^2/h^2$ | $-1{,}16\,p b^2/h^2$ | $0{,}26\,p b^2$ |
| 1,5 | 0,123 " | − 1,15 " | − 1,95 " | 0,34 " |
| 2,0 | 0,162 " | − 1,10 " | − 2,44 " | 0,37 " |
| 3,0 | 0,195 " | − 0,96 " | − 2,86 " | 0,38 " |
| 4,0 | 0,205 " | − 0,91 " | − 2,98 " | 0,38 " |
| ∞ | 0,208 " | − 0,90 " | − 3,00 " | 0,38 " |

**8. Uklještena pravougaona ploča** opterećena jednolikim pritiskom $p$. Maksimalni napon se pojavljuje na ivici, na sredini

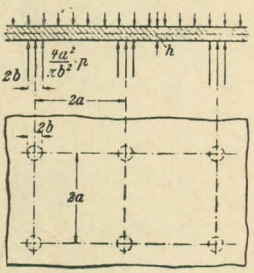
duže strane. U tablici 30 date su odnosne vrednosti za $a/b = 1$, $a/b = 1{,}5$ i $a/b = \infty$.

**Tablica 30. Uklještena pravougaona ploča**

| Odnos strana $a/b$ | Ugib $f$ | Naponi u sredini ploče za $\mu = 0{,}3$ $\sigma_x$ | $\sigma_y$ | Napon $\sigma_y$ u sredini duže strane*) |
|---|---|---|---|---|
| 1,0 | $0{,}0204\, p\, b^4/N$ | $-0{,}53\, p\, b^2/h^2$ | $-0{,}53\, p\, b^2/h^2$ | $1{,}24\, p\, b^2/h^2$ |
| 1,5 | 0,0352 " | −0,48 " | −0,87 " | 1,81 " |
| ∞ | 0,0417 " | −0,30 " | −1,00 " | 2,00 " |

*) $\sigma_x = 0{,}3\, \sigma_y$, max $\sigma = \sigma_y$

**9. Beskrajna ploča** opterećena jednolikim pritiskom $p$, poduprta silama koje deluju u temenima kvadratne mreže dužine polja $= 2a$, sl. 8.




Sl. 8

Ugib sredina kvadratnih polja

$$f = 0{,}092\, p\, a^4/N.$$

Ugib sredina strana

$$f_1 = 0{,}75\, f.$$

Naponi u sredini kvadratnih polja

$$\sigma_x = \sigma_y = -0{,}662\,(1+\mu)\, p\, a^2/h^2 = -0{,}861\, p\, a^2/h^2$$

Ako je sila $P = 4\, p\, a^2$ na mestima podupiranja raspodeljena po površini kruga $\pi b^2$ i ako je $a \geqslant b$ a $b \geqq h/2$, onda su naponi u sredini te površine

$$\sigma_x = \sigma_y \approx 3\,(1+\mu)\, P\,[\ln(a/b) - 0{,}12]/2\pi h^2 = 0{,}62\, P\,[\ln(a/b) - 0{,}12]/h^2.$$

### b) Tanke rotacione ljuske[1])

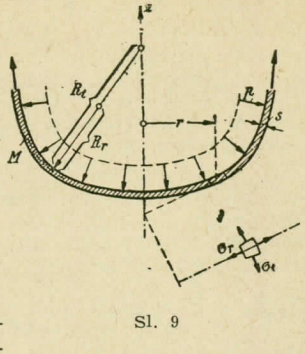
Rotaciona ljuska nastaje obrtanjem meridijanskog preseka $M$ (sl. 9) oko ose $z$. Ljuska je oslonjena u pravcu tangente na meridijan.

Oznake:

$r$ — otstojanje posmatranog elementa ljuske od ose rotacije [cm],
$R_r$ — poluprečnik krivine upravno na meridijanski presek [cm],
$R_t$ — otstojanje posmatranog elementa ljuske od ose rotacije [cm],

[1]) A. u. L. Föppl: Drang und Zwang, II. sv., 2. izd., str. 2 i dalje. — O naprezanju dna rezervoara usled pritiska v. Höhn u. Huggenberger, ZVDI 69 (1925), str. 155 i 159. — Geckeler, ZVDI 70 (1926), str. 163. — Siebel, St. u. E. 46 (1926), str. 1181.

$s$ — debljina zida, konstantna ili promenljiva sa $r$ [cm],
$p$ — jednoliki unutrašnji pritisak [kg/cm²],
$\sigma_r$ — napon u pravcu meridijanskog preseka [kg/cm²],
$\sigma_t$ — napon upravan na meridijansku ravan [kg/cm²],
$s \ll R_r$ i $R_t$.



Sl. 9

Naponi u ljusci su

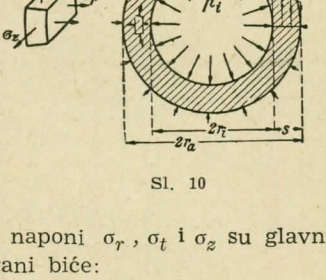
$$\sigma_r = p\,R_t/2\,s,$$
$$\sigma_t = p\,R_t\left(1 - R_t/2\,R_r\right)/s.$$

Ako se $R_r$ menja prekidno (ako je meridijanski presek korpasta linija), onda se prekidno menja i napon $\sigma_t$, što prouzrokuje normalne napone usled savijanja. Pogodni su meridijanski preseci sa postupnom promenom krivine, na pr., elipsa.

## c) Šupalj kružni cilindar

Oznake na sl. 10:

$r_i$ — unutrašnji poluprečnik [cm],
$r_a$ — spoljni poluprečnik [cm],
$s = r_a - r_i$ — debljina zida [m],
$p_i$ — unutrašnji pritisak [kg/cm²],
$p_a$ — spoljni pritisak [kg/cm²],
$\sigma_r$ — napon u pravcu poluprečnika [kg/cm²],
$\sigma_t$ — napon u pravcu tangente na krug [kg/cm²],
$\sigma_z$ — napon u pravcu ose cilindra [kg/cm²],
$Z$ — podužna sila [kg].



Sl. 10

Stanje napona je trodimenziono; naponi $\sigma_r$, $\sigma_t$ i $\sigma_z$ su glavni naponi (str. 777). Na unutrašnjoj strani biće:

$$\sigma_t = p_i\left(r_a^2 + r_i^2\right)/\left(r_a^2 - r_i^2\right) - 2\,p_a\,r_a^2/\left(r_a^2 - r_i^2\right),$$
$$\sigma_r = -p_i;$$

na spoljnoj strani biće:

$$\sigma_t = 2\,p_i\,r_i^2/\left(r_a^2 - r_i^2\right) - p_a\left(r_a^2 + r_i^2\right)/\left(r_a^2 - r_i^2\right),$$
$$\sigma_r = -p_a.$$

Podužna sila $Z$ se deli jednoliko po poprečnom preseku prstena:

$$\sigma_z = Z/\left[\pi\left(r_a^2 - r_i^2\right)\right].$$

Ako $Z$ nastaje samo usled pritisaka $p_i$ i $p_a$ na odnosnim kružnim površinama biće:

$$\sigma_z = \left(r_i^2\,p_i - r_a^2\,p_a\right)/\left(r_a^2 - r_i^2\right).$$

Najveći naponi su u tačkama unutrašnjeg omotača cilindra.

Ako je debljina zida $s$ mala prema $r_i$ biće $r_i \approx ra \approx r$ pa je

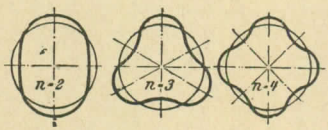
$$\sigma_t \approx (p_i - p_a)\, r/s,$$ a $\sigma_r$ je beznačajno.

Ako Z nastaje samo usled pritiska $p_i$ i $p_a$ na krajnjim kružnim površinama biće

$$\sigma_z \approx (p_i - p_a)\, r/2\, s.$$

**Izvijanje cilindra usled spoljnjeg pritiska.** Šupalj kružni cilindar pritisnut spolja izvija se pri kritičnom pritisku $p_K$. Ako su podužna vlakna zglavkasto vezana po krugovima čije se tačke mogu pomerati samo u pravcu ose, biće[1])

$$p_K = \frac{E}{(n^2-1)\,[1+(n\,l/\pi\,r)^2]^2}\,\frac{s}{r} + \frac{E'}{12\,(1-\mu^2)}\left[n^2 - 1 + \frac{2\,n^2-1-\mu}{1+(n\,l/\pi\,r)^2}\right]\frac{s^3}{r^3}$$




Sl. 11 Sl. 12 Sl. 13

U ovoj jednačini označuje:
$r$ — poluprečnik unutrašnjeg omotača cilindra [cm],
$s$ — debljina zida cilindra [cm],
$l$ — dužina cilindra [cm],
$E$ — modul elastičnosti [kg/cm²], po Engesser-u, tačnije, modul elastičnosti pri izvijanju u plastičnom području (T), str. 869,
$n$ — broj polutalasa koji nastaju pri izvijanju (sl. 11—13). a pri kojima je $p_K$ najmanje (v. tabl. 31 b).

**Tablica 31 a. Vrednosti $p_K$ (u kg/cm²)**

za različite debljine $s$ zida i dužine $l$ cevi pri $E = 2\,000\,000$ kg/cm²

| $100\,s/2\,r =$ | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $r/l=0$ | 0,035 | 0,28 | 0,95 | 2,25 | 4,4 | 7,6 | 12 | 18 | U tablici su u desnom donjem uglu oivičene vrednosti $p$ kojima odgovara srednji napon pritiska $p\,r/s \geqq 1800$ |
| 0,1 | 0,18 | 1,0 | 2,9 | 6,6 | 12,3 | 17 | 23 | 31 | |
| 0,2 | 0,37 | 2,1 | 5,9 | 13 | 21 | 32 | 47 | 66 | |
| 0,3 | 0,56 | 3,2 | 9,3 | 18 | 32 | 51 | 76 | 111 | |
| 0,4 | 0,76 | 4,5 | 11,6 | 25 | 45 | 70 | 101 | 140 | |
| 0,5 | 0,97 | 5,5 | 15 | 32 | 55 | 87 | 132 | 190 | |

**Tablica 31 b.**

$n$-broj talasa koji nastaju pri izvijanju

| $100\,s/2\,r =$ | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $r/l=0$ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | U tablici su u desnom donjem uglu oivičene vrednosti $n$ kojima odgovara srednji napon pritiska $p\,r/s \geqq 1800$. |
| 0,1 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| 0,2 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| 0,3 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| 0,4 | 7 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | |
| 0,5 | 8 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | |

Za beskrajno dugu cev biće $n = 2$ a $p_K = 0{,}25\,E(s/r)^3/(1-\mu^2)$.

[1]) v. Mises, ZVDI 58 (1914), str. 750.

### d) Šupalj ovalni cilindar

Ako je cilindar ovalnog poprečnog preseka, sa poluosama $a$ i $b$ ($a > b$), smatran kao beskrajno dug, opterećen pritiskom sa unutrašnje i spoljne strane, u zidu se pojavljuju normalni naponi usled normalnih sila i momenata savijanja. Najopasniji poprečni presek leži u krajnjim tačkama veće ose. Ukupni normalni napon je prema Mayer-Mita[1])

$$\max \sigma = p\,[a/s + 3\,(1 - i_p^2/a^2)\,a^2/s^2],$$

gde $s$ znači debljinu zida a $i_p$ poluprečnik inercije koji odgovara polarnom momentu inercije $J_p$ linije prstena.

Za razne odnose $b/a$ može se za elipse: $i_p/a$, odn. $(1 - i_p^2/a^2)$ uzeti iz tabl. 32.

### e) Šuplja lopta

Oznake:

$r_i$ — poluprečnik unutrašnjeg omotača [cm].

$r_a$ — poluprečnik spoljnjeg omotača [cm].

$s = r_a - r_i$ — debljina zida [cm].

$p_i$ — unutrašnji pritisak [kg/cm²],

$p_a$ — spoljnji pritisak [kg/cm²],

$\sigma_r$ — napon u pravcu poluprečnika [kg/cm²],

$\sigma_t$ — napon upravno na pravac napona $\sigma_r$ [kg/cm²].

Tablica 32

| $b/a$ | $i_p/a$ | $1 - i_p^2/a^2$ |
|---|---|---|
| 1 (Kreis) | 1,000 | 0,000 |
| 0,984 81 | 0,992 | 0,016 |
| 0,939 69 | 0,970 | 0,059 |
| 0,866 03 | 0,933 | 0,130 |
| 0,766 04 | 0,883 | 0,220 |
| 0,642 79 | 0,822 | 0,324 |
| 0,500 00 | 0,752 | 0,434 |
| 0,342 02 | 0,678 | 0,540 |
| 0,173 65 | 0,611 | 0,627 |
| 0 (prăva) | 0,576 | 0,667 |

Stanje napona je trodimenziono.

Jedan glavni napon je $\sigma_r$ druga dva glavna napona proizvoljnog pravca u ravni upravnoj na pravac napona $\sigma_r$ su jednaka $\sigma_t$.

Najveći naponi su u tačkama unutrašnjeg omotača lopte:

$$\sigma_r = -p_i,$$

$$\sigma_t = \{p_i\,[1 + 2\,(r_i/r_a)^3] - 3\,p_a\}/2\,[1 - (r_i/r_a)^3].$$

Ako je $s \ll r_i$ biće $r_i \approx r_a \approx r$, pa je

$$\sigma_t = (p_i - p_a)r/2s, \text{ a } \sigma_r \text{ je beznačajno.}$$

---

[1]) ZVDI 58 (1914), str. 649.

# VI. Naprezanje usled centrifugalnih sila[1])

Oznake:

$\gamma$ — specifična težina materijala [kg/cm³],
$v$ — linearna brzina [cm/s],
$\omega$ — ugaona brzina [1/s],
$g$ — ubrzanje Zemljine teže = 981 cm/s²,
$E$ — modul elastičnosti [kg/cm²]
$\mu$ — Poisson-ov broj (str. 779),
$\sigma$ — normalni napon [kg/cm²],
$\varepsilon$ — dilatacija.

**1. Prsten.** U poprečnim presecima prstena, poluprečnika $r$, koji se obrće oko svoje poprečne ose, tako da je brzina tačaka na rastojanju $r$ od ose jednaka $v$, pojavljuju se usled centrifugalnih sila naponi zatezanja

$$\sigma = v^2 \gamma / g.$$

Specifična promena dužine poluprečnika je

$$\varepsilon = \sigma / E = \gamma v^2 / g E.$$

Poluprečnik $r$ se pri tome izdužio za:

$$\Delta r = \varepsilon r = r \gamma v^2 / g E.$$

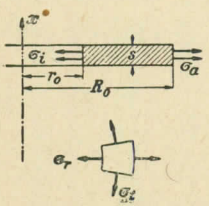
**2. Štap.** Najveći napon zatezanja u prizmatičnom štapu dužine $2r$, koji se obrće oko srednje poprečne ose, a čije krajnje tačke imaju brzinu $v$, iznosi u srednjem poprečnom preseku:

$$\max \sigma = \gamma v^2 / 2 g.$$

Izduženje štapa od sredine do krajnje tačke iznosi:

$$\Delta r = r \gamma v^2 / 3 g E,$$

tj. samo jednu trećinu izduženja poluprečnika prstena. Dakle, ako su prsten i štapovi čvrsto međusobno vezani, onda štapovi sprečavaju povećanje poluprečnika prstena, pa je ovaj, usled toga, između štapova izložen dopunskom savijanju. Štapovi koji moraju da prime centrifugalne sile prstena su jače napregnuti nego što je gore dato.




Sl. 14

**3. Disk konstantne debljine**

Oznake u t. 3 i 4:

$R_0$ — poluprečnik spoljnjeg obima diska [cm],
$r_0$ — poluprečnik unutrašnjeg obima diska [cm],
$s$ — debljina diska [cm],
$r$ — proizvoljan poluprečnik [cm],
$\sigma_a$ odn. $\sigma_i$ — naponi zatezanja u radijalnom pravcu na spoljnjem, odn. unutrašnjem obimu diska [kg/cm²],
$B$, $b$ — širina glavčine, odn. venca [cm],
$H$, $h$ — debljina glavčine, odn. venca [cm].

[1]) Većim delom po R. Baumann-u u Bach-u: Elastizität und Festigkeit, 9 izd., str., 636 i dalje. — Upor. ZVDI 84 (1940), str. 359, i Ing. Arch. X (1939), str. 339.

Normalni napon u pravcu ose je $\sigma_x = 0$. U unutrašnjosti se pojavljuju naponi $\sigma_r$ i $\sigma_t$ (sl. 14):

$$\sigma_t = \frac{\gamma}{g}\frac{\omega^2}{8}\left\{(3+\mu)\left(R_0^2 + r_0^2 + \frac{R_0^2 r_0^2}{r^2}\right) - (1+3\mu)r^2\right\} +$$
$$+ \sigma_a \frac{R_0^2}{R_0^2 - r_0^2}\left(1 + \frac{r_0^2}{r^2}\right) - \sigma_i \frac{r_0^2}{R_0^2 - r_0^2}\left(1 + \frac{R_0^2}{r_e^2}\right), \quad . \quad . \quad (1)$$

$$\sigma_r = \frac{\gamma}{g}\frac{\omega^2}{8}(3+\mu)\frac{(R_0^2 - r^2)(r^2 - r_0^2)}{r^2} +$$
$$+ \sigma_a \frac{R_0^2}{R_0^2 - r_0^2}\left(1 - \frac{r_0^2}{r^2}\right) + \sigma_i \frac{r_0^2}{R_0^2 - r_0^2}\left(\frac{R_0^2}{r^2} - 1\right). \quad . \quad . \quad (2)$$

Prvi članovi u izrazima $\sigma_t$ i $\sigma_r$ su rezultat dejstva centrifugalnih sila, drugi i treći su rezultat sila zatezanja na spoljnjem, odn. unutrašnjem obimu diska.

Za puni disk treba u ovim jednačinama staviti $r_0 = 0$.

Usled isključivog dejstva centrifugalnih sila pojavljuje se najveći napon zatezanja na unutrašnjoj ivici u pravcu tangente:

$$\sigma_t = \frac{\gamma}{g}\frac{\omega^2}{4}[(3+\mu)R_0^2 + (1-\mu)r_0^2] \approx \frac{\gamma}{g}\frac{\omega^2}{4}(3+\mu)R_0^2$$

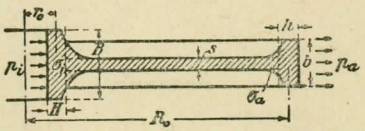
gde se izraz iza znaka $\approx$ odnosi na slučaj kad je rupa mala, odn. kad je $r_0/R_0$ malo prema 1.

Naponi $\sigma_r$ i $\sigma_x$ su jednaki nuli na unutrašnjem obimu diska, pa je u tim tačkama stanje napona linearno.

Kod punog diska pojavljuju se, međutim, u centru ($r = 0$) naponi u dva pravca:

$$\sigma_t = \sigma_r = \frac{\gamma}{g}\frac{\omega^2}{8}(3+\mu)R_0^2.$$

Ovaj napon je upola manji od napona $\sigma_t$ u slučaju diska sa malom rupom.




Sl. 15

**4. Disk sa vencem i slabom glavčinom.** Poluprečnici spoljnjeg i unutrašnjeg obima kako glavčine tako i venca malo se razlikuju, pa se pretpostavlja da su naponi i dilatacije jednoliko raspodeljeni po poprečnom preseku kako glavčine tako i venca. Za poluprečnik unutrašnjeg obima diska se usvaja srednji poluprečnik glavčine $r_0$, a za poluprečnik spoljnjeg obima srednji poluprečnik venca $R_0$. Dimenzije v. sl. 15.

Za glavčinu opterećenu unutrašnjim pritiskom $p_i$, spoljnim zatezanjem $\sigma_i$ i centrifugalnom silom biće:

$$\sigma_n = p_i r_0/H + \gamma\omega^2 r_0^2/g + \sigma_i s\, r_0/BH. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3$$

Za venac opterećen spoljnim zatezanjem $p_a$, unutrašnjim zatezanjem $\sigma_a$ i centrifugalnom silom biće:

$$\sigma_k = p_a R_0/h + \gamma \omega^2 R_0^2/g - \sigma_a s R_0/b h. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Za disk važe jedn. (1) i (2); za unutrašnju ivicu:

$$\sigma_{ti} = \frac{\gamma}{g} \frac{\omega^2}{4} [(3 + \mu) R_0^2 + (1 - \mu) r_0^2] + \sigma_a \frac{2 R_0^2}{R_0^2 - r_0^2} - \sigma_i \frac{R_0^2 + r_0^2}{R_0^2 - r_0^2}, \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

$$\sigma_{ri} = \sigma_i,$$

za spoljnu ivicu:

$$\sigma_{ta} = \frac{\gamma}{g} \frac{\omega^2}{4} [(3 + \mu) r_0^2 + (1 - \mu) R_0^2] + \sigma_a \frac{R_0^2 + r_0^2}{R_0^2 - r_0^2} - \sigma_i \frac{2 r_0^2}{R_0^2 - r_0^2}, \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

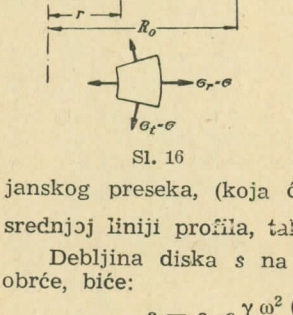
$$\sigma_{ra} = \sigma_a.$$

Kako je dilatacija unutrašnjeg obima diska jednaka dilataciji glavčine, a dilatacija spoljnjeg obima diska dilataciji venca, to je:

$$\sigma_n = \sigma_{ti} - \mu \sigma_i, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

$$\sigma_k = \sigma_{ta} - \mu \sigma_a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Kad su date dimenzije diska treba iz šest jedn. (3) do (8) naći šest nepoznatih veličina $\sigma_n$, $\sigma_k$, $\sigma_i$, $\sigma_a$, $\sigma_{ti}$ i $\sigma_{ta}$.



Sl. 16

Da bi se na mestima veze diska sa glavčinom i vencem izbegla povećanja napona treba izvesti postupne prelaze.

5. **Disk jednake otpornosti.** Ako je disk poluprečnika $r = R_0$, koji se obrće oko poprečne svoje ose, opterećen radijalnim silama zatezanja (sl. 16), koje raspodeljene po debljini $s_a$ daju napon $\sigma$, onda se disku može dati takav oblik da se u svim tačkama pojavljuju naponi $\sigma_r = \sigma_t = \sigma$. Pri tome je pretpostavljeno da granična linija meridijanskog preseka, (koja će se dobiti), nije jako nagnuta prema srednjoj liniji profila, tako da se svuda može staviti $\sigma_x = 0$.

Debljina diska $s$ na otstojanju $r$ od ose oko koje se disk obrće, biće:

$$s = s_a e^{\gamma \omega^2 (R_0^2 - r^2)/2 \sigma g} \quad \text{sa } e = 2{,}71828$$

Zavisnost između opterećenja na spoljnoj ivici diska, dimenzija, opterećenja i napona u vencu ista je kao kod diska konstantne debljine [upor. jedn. (4) i (8)]:

$$\sigma_k = \frac{p_a R_0}{h} + \gamma \frac{\omega^2}{g} R_0^2 - \frac{\sigma s_a R_0}{b h}$$

i

$$\sigma_k = \sigma (1 - \mu).$$

**6. Disk jednake otpornosti sa rupom i jakom glavčinom.** Ako disk jednake otpornosti ima rupu. onda naponi $\sigma_t$ na unutrašnjem obimu postaju približno dvaputa veći. Disk mora dobiti jaku glavčinu, tako da se na mestu veze diska i glavčine pojavi radijalni napon zatezanja $\sigma$, jednak naponu koji se javlja i na ostalim mestima, koji se javlja i na ostalim mestima, važe u odgovarajućem smislu jedn. (1) i (2), str. 895.

Za glavčinu (sl. 17) koja se smatra diskom konstantne debljine, važe u odgovarajućem smislu jedn. (1) i (2), str. 895.

Oznake:

$r_{i_0}$ — poluprečnik unutrašnjeg obima glavčine [cm],

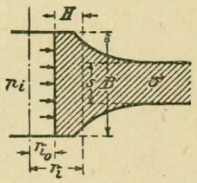
$r_i$ — poluprečnik spoljnjeg obima glavčine = = poluprečnik priključka na disk jednake otpornosti [cm],

$p_i$ — radijalni unutrašnji napon [kg/cm²],

$\sigma$ $s/B$ — radijalni spoljni napon [kg/cm²].

$s$ — debljina diska na mestu priključka [cm],

$B$ — dužina glavčine [cm].




Sl. 17

Naponi na spoljnjem obimu glavčine $\sigma_{ti}$ i $\sigma_{ri}$ daju dilataciju $\sigma_{ti}/E - \sigma_{ri}\,\mu/E$, koja mora da bude jednaka dilataciji untrašnjeg obima diska $\sigma\,(1 - \mu)/E$. Odatle je

$$\frac{\gamma}{g}\frac{\omega^2}{4}\left[(3+\mu) r_{i_0}^2 + (1-\mu) r_i^2\right] + \sigma \frac{s}{B} \frac{r_i^2 (1-\mu) + r_{i_0}^2 (1+\mu)}{r_i^2 - r_{i_0}^2} + p_i \frac{2 r_{i_0}^2}{r_i^2 - r_{i_0}^2} = \sigma (1-\mu).$$

Kad se izabere $r_{i_0}$ i $r_i$ može se iz ove formule odrediti širina $B$.

Najveći naponi u glavčini se pojavljuju na unutrašnjem obimu:

$$\sigma_{t i_0} = \frac{\gamma}{g}\frac{\omega^2}{4}\left[(3+\mu) r_{i_0}^2 + (1-\mu) r_0^2\right] + 2\sigma \frac{s}{B} \frac{r_i^2}{r_i^2 - r_{i_0}^2} + p_i \frac{r_i^2 + r_{i_0}^2}{r_i^2 - r_{i_0}^2};$$

$$\sigma_{r i_0} = -p_i.$$

Da bi se na mestu veze diska i glavčine izbeglo povećanje napona treba izvesti p o s t u p a n p r e l a z.

# VII. Pritisak dva tela

**1. Pretpostavke Hertz-ovih jednačina.** Dva tela sa krivim spoljnim površinama, koja jedno drugo pritiskuju, dodiruju se po eliptičkoj površini. Strogo rešenje je dao Hertz[1]) pod ovim pretpostavkama:

a) Dimenzije površine po kojoj se tela dodiruju su vrlo male u poređenju sa dimenzijama oba tela (uključujući poluprečnike krivine).

b) Granica proporcionalnosti se ne prekoračuje.

c) Na površini po kojoj se tela dodiruju pojavljuju se samo naponi pritiska a ne pojavljuju se smičući naponi.

*E* modul elastičnosti. Ako su tela od različitog materijala ($E_1$ i $E_2$) ,onda u jednačinama treba staviti $1/E = 1/2 \cdot (1/E_1 + 1/E_2)$.

**2. Pritisak lopte na ploču** (sl. 18).

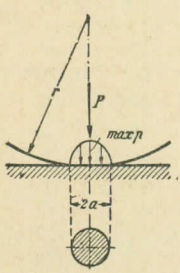
Oznake:

$r$ — poluprečnik lopte [cm],

$a$ — poluprečnik kruga po kome se lopta i ploča dodiruju [cm],

$P$ — sila pritiska [kg], raspodeljena je tako da je dijagram pritisaka obrtni elipsoid.

Najveći napon pritiska u telima



Sl. 18

$$\max p = 1{,}5\, P/\pi a^2; \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

dalje je

$$a^3 = 1{,}5\,(1 - \mu^2)\, P r/E \quad . \; . \; . \quad (2)$$

$$\max p^3 = 1{,}5\, P E^2/\pi^3 r^2 (1 - \mu^2)^2; \quad . \quad (3)$$

sa

$$\mu = 0{,}3$$

$$\max p^3 = 0{,}0584\, P E^2/r^2.$$

Tela se uzajamno približuju. Veličina približavanja $u$ nastaje poglavito usled deformacije u blizini mesta dodira:

$$u^3 = 2{,}25\,(1 - \mu^2)^2\, P^2/r E^2. \quad . \; . \; . \quad (4)$$

**3. Dve lopte** proizvoljnog poluprečnika $r_1$ i $r_2$. Površina po kojoj se lopte dodiruju je takođe krug poluprečnika $a$. Ovaj slučaj se može svesti na **2.** Pritisak lopte na ploču. Poluprečnik ekvivalentne lopte dobiva se iz:

$$1/r = 1/r_1 + 1/r_2. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

Ovu vrednost treba smenuti u jednačine (1) do (4).

---

1) Hertz: Ges. Werke, sv. 1, Leipzig 1894, Barth.

U slučajevima 2 i 3 pojavljuje se u sredini površine po kojoj se tela dodiruju a u pravcu sile $P$ maksimalan napon pritiska $= \max p$ a upravno na pravac ovog napona naponi pritiska $0{,}5\,(1+2\,\mu)\max p$.

**4. Pritisak tela sa graničnom površinom proizvoljne krivine na ploču.** Glavni poluprečnici krivine u tački dodira su $r$ i $r'$, $(r > r')$, glavne krivine (str. 140 i 171) su $1/r$ i $1/r'$ (sl. 19). Površina po kojoj se tela dodiruju je elipsa sa poluosama $a$ i $b$. Sila pritiska raspodeljena je tako da je dijagram pritiska elipsoid. Najveći pritisak:

$$\max p = 1{,}5\,P/\pi\,a\,b. \qquad (6)$$

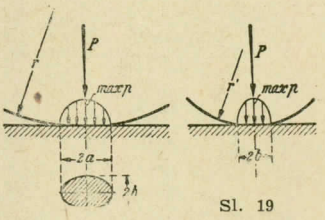
Poluose $a$ i $b$ treba izračunati iz:

$$a^3 = \xi^3\,3\,(1-\mu^2)P/E\,(1/r'+1/r), \qquad (7)$$

$$b^3 = \eta^3\,3\,(1-\mu^2)P/E\,(1/r'+1/r), \qquad (8)$$

Vrednosti $\xi$ i $\eta$ date su u tabl. 33 a pomoćni ugao $\vartheta$ treba izračunati iz:

$$\cos\vartheta = (1/r' - 1/r)/(1/r' + 1/r). \qquad (9)$$



Sl. 19

Usled deformacije u blizini mesta dodira tela se približavaju za

$$u = \psi\,1{,}5\,(1-\mu^2)\,P/E\,a \qquad (10)$$

**Tablica 33. Vrednosti za $\xi$, $\eta$ i $\psi$**

| $\vartheta$ | 90° | 80° | 70° | 60° | 50° | 40° | 30° | 20° | 10° | 0° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\xi$ | 1 | 1,128 | 1,284 | 1,486 | 1,754 | 2,136 | 2,731 | 3,778 | 6 612 | $\infty$ |
| $\eta$ | 1 | 0,893 | 0,802 | 0,717 | 0,641 | 0,567 | 0,493 | 0,408 | 0,319 | 0 |
| $\psi$ | 1 | 1.12 | 1,25 | 1,39 | 1,55 | 1,74 | 1,98 | 2,30 | 2,80 | $\infty$ |

**5. Pritisak dva tela sa proizvoljnim graničnim površinama.** U tački dodira neka budu glavni poluprečnici krivine jednog tela $r_1$ i $r_1'$, drugog tela $r_2$ i $r_2'$ (sl. 20), pri čemu je $r_1 > r_1'$ i $r_2 > r_2'$. Ugao između ravni u kojima leže $r_1$ i $r_2$ neka bude $\varphi$. Ovaj se slučaj može svesti na slučaj 4:

$$1/r' + 1/r = 1/r_1' + 1/r_1 + 1/r_2' + 1/r_2. \qquad (11)$$

$$1/r' - 1/r = \sqrt{(1/r_1' - 1/r_1)^2 + (1/r_2' - 1/r_2)^2 + 2\,(1/r_1' - 1/r_1)(1/r_2' - 1/r_2)\cos 2\varphi}. \qquad (12)$$

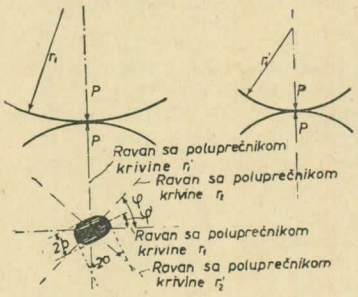
Sa ovim vrednostima važe jedn. (6) do (10) i tablica 33.

Osa $a$ leži između ravni poluprečnika $r_1$ i $r_2$. Ugao $\varphi'$ između $a$ i $r$-ravni dobiva se iz:

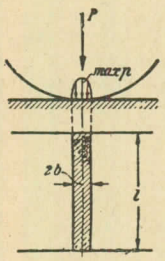
$$(1/r' + 1/r)\sin 2\varphi' = (1/r_1' - 1/r_1)\sin 2\varphi \qquad (13)$$

Ako je profil konkavan naviše, onda su odnosni poluprečnici negativni (— $r_2$ u sl. 21). Vrednost po jedn. (12) ne sme pri tom da bude veća od vrednosti po jedn. (11).

Pri izvođenju jednačina je pretpostavljeno da su poluprečnici krivine $r_1$, $r_1'$, $r_2$ i $r_2'$ veliki u poređenju sa poluosama $a$ i $b$.

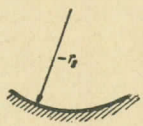



Sl. 20




Sl. 22

**6. Pritisak valjka na ploču.** Ako je $P = 0$ tela se dodiruju po




Sl. 21

pravoj liniji. Usled sile pritiska $P$ tela se dodiruju po pravougaonoj površini širine $2b$ i dužine $l$ (= dužina valjka), $l \gg b$ (sl. 22). Dijagram po kome se pritisak raspodeljuje po širini je elipsa. Najveći napon pritiska biće:

$$\max p = 2P/\pi b l \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

Dalje je:

$$b^2 = 8Pr(1-\mu^2)/\pi El \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

$$\max p^2 = PE/[2\pi l r(1-\mu^2)]; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

sa

$$\mu = 0{,}3$$

$$\max p^2 = 0{,}175\, PE/l r.$$

Približavanje tačaka tela ne zavisi samo od deformacije u blizini mesta dodira, tako da se ne može dati formula koja bi imala opštu važnost.

**7. Pritisak dva valjka sa paralelnim osama.** Kao i u **6**, dobiva se da je površina po kojoj se tela dodiruju pravougaonik širine $2b$ dužine $l$ (= dužina valjka). Poluprečnici valjaka su $r_1$ i $r_2$. Ovaj se slučaj može svesti na slučaj **6** kad se stavi $1/r = 1/r_1 + 1/r_2$. Sa ovom vrednosti za $r$ važe jedn. (14) do (16).

Najveći napon pritiska u slučaju **6** i **7** javlja se u sredini površine po kojoj se tela dodiruju a u pravcu sile $P$ i upravno na ovaj — u pravcu $b$. Međutim, u pravcu $l$ napon pritiska $= 2\mu \max p$.

# VIII. Koncentracija napona usled zareza i rupa[1])

**1. Opšte.** Zarezi na spoljnoj površini mašinskih delova (ovde spadaju oštri zaseci, promene poluprečnika sa malim zaobljenjem i sl.) i rupe u unutrašnjosti mašinskih delova izazivaju lokalnu koncentraciju napona. Za najvažnije slučajeve koji se mogu analitički rešiti dati su i primeri za primenu. Povećanje napona koje se dobiva računski važi samo za homogen materijal; stvarni, samo prividno homogeni materijali sastoje se od pojedinih kristala, tako da već unapred postoji neka nejednolikost u raspodeli napona. Usled toga je uticaj zareza i rupa manji od onog što daje proračun. Ukoliko je materijal sitnozrniji utoliko se stvarno povećanje napona više približava računskim rezultatima. Kad napon pri statičkom opterećenju prekorači napon na granici razvlačenja, materijal se razvlači tako da se povećanje napona rasprostire na veće područje. Pri dinamičkom opterećenju, naročito kad sila menja smer, uticaj zareza može da dovede do sloma.

**2. Povećanje napona usled nagle promene normalnih napona.**

I. slučaj. Ploča sa malom eliptičkom rupom čija je poluosa u pravcu $y$-ose $2a$ a u pravcu $x$-ose $2b$, opterećena je tako da je $\sigma_x = \sigma_1$ i $\sigma_y = \sigma_2$ (sl. 23 a). Javljaju se naponi

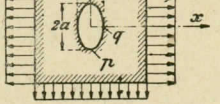
$$\text{u } p\text{:}\quad \sigma_x = \sigma_1 (1 + 2\,a/b) - \sigma_2, \qquad \sigma_y = 0$$

$$\text{u } q\text{:}\quad \sigma_x = 0, \qquad \sigma_y = \sigma_2 (1 + 2\,b/a) - \sigma_1$$

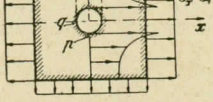
II. slučaj. Za $a = b$ dobiva se kružna rupa (sl. 23). Iz prethodnih jednačina proizlazi

$$\text{u } p\text{:}\quad \sigma_x = 3\,\sigma_1 - \sigma_2, \qquad \sigma_y = 0$$

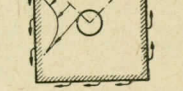
$$\text{u } q\text{:}\quad \sigma_x = 0, \qquad \sigma_y = 3\,\sigma_2 - \sigma_1$$




Sl. 23 a




Sl. 23 b




Sl. 24

III. slučaj. Ako je $a = b$ a $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$, onda je ploča u svim pravcima jednoliko zatezana, pa će u svim tačkama na konturi rupe biti

$$\sigma_t = 2\,\sigma, \qquad \sigma_r = 0.$$

IV. slučaj. Ako je $\sigma_2 = -\sigma_1$ stanje napona u ploči je isto kao u slučaju kad je ploča opterećena silama smicanja $\tau = \sigma_1$ prema sl. 24. Na konturi rupe se javlja:

[1]) Vidi i Neuber: Kerbspannungslehre, Berlin 1937. Springer, — upor. i str. 938 i dalje.

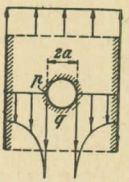
u $p$: $\sigma_x = 4\sigma_1$, $\sigma_y = 0$

u $q$: $\sigma_x = 0$, $\sigma_y = -4\sigma_1$

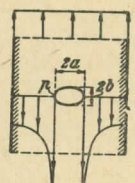
**3. Primene.** Pljosnat štap, širine $B$, debljine $s$, zategnut je silom $S$. U neoslabljenom poprečnom preseku vlada napon $\sigma = S/B\,s$. Ako je štap oslabljen malom kružnom ili eliptičkom rupom, kao na sl. 25 odn. 26, prečnika $2a$ u pravcu upravnom na osu štapa, napon se povećava kako zbog smanjenja poprečnog preseka tako i zbog dejstva zareza (slučaj I ili II). Biće

$$\sigma = S\,(1 + 2\,a/b)/(B - 2\,a)\,s$$

Za veće rupe daje ova formula suviše veliki napon jer se povećanje napona usled dejstva zareza ne ispoljava potpuno.




Sl. 25

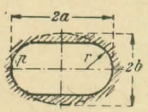



Sl. 26

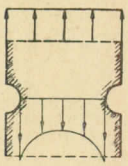
Rupe prema sl. 27 daju povećanje napona koje je približno jednako povećanju napona usled eliptičke rupe jednake širine i jednakog poluprečnika krivine u tački $p$ (dakle $b = \sqrt{r\,a}$).

Ista tolika povećanja pojavljuju se kod štapova sa polukružnim ili polueliptičkim ivičnim zarezima prema sl. 28 i 28a. Kod štapova sa suženim poprečnim presekom prema sl. 29 povećanja napona su manja.

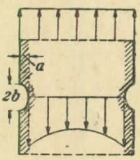
Kod zavoranja izloženih zatezanju ili pritisku i kod štapova izloženih savijanju javlja se odgovarajuće povećanje napona.



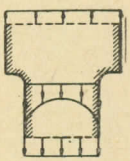

Sl. 27



Sl. 28



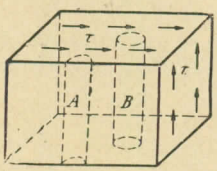

Sl. 28 a



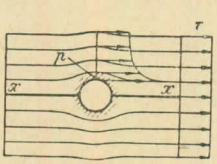
Sl. 29

Stanje napona u tankoj cevi izloženoj torziji odgovara slučaju IV. Isto važi i za druge štapove sa poprečnom rupom napadnute momentima torzije

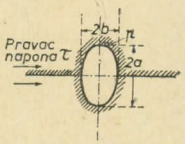
**4. Povećanje napona usled nagle promene smičućih napona.** Ako je telo izloženo dejstvu smičućih napona kao na sl. 30,




Sl. 30




Sl. 31



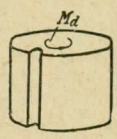

Sl. 32

pelukružni žljeb $A$ i rupa $B$ (prikazani tačkastim linijama) prouzrokuju nagle promene u veličini i raspodeli smičućih napona.

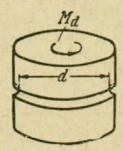
Dobivaju se trajektorije i dijagrami smičućih napona kao što su prikazani na sl. 31 sa $\max \tau = 2\tau$. Ako je polukružni žljeb na ivici, onda je deblje izvučena prava $x - x$ na sl. 31 ivica tela a povećanje napona je isto.

Kad je poprečni presek rupe elipsa (sl. 32), odn. poprečni presek žljeba poluelipsa biće $\max \tau = \tau\,(1 + a/b)$. Produbljene polukružne žljebove treba zameniti polueliptičkim žljebovima dubine $a$ sa poluosom $b = \sqrt{ra}$.

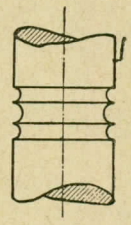
**5. Primene.** Povećanje napona se javlja kod štapova izloženih torziji usled bušotina u podužnom pravcu, podužnih i poprečnih žljebova (sl. 33 i 34). Kod cilindra sa poprečnim žljebovima treba najpre izračunati smičuće napone za cilindar prečnika $d$ i toj vrednosti dodati povećanje napona. Kod vratila sa suženim poprečnim presekom je povećanje napona manje.



Sl. 33



Sl. 34


Sl. 35

Kod niza žljebova poređani jedan do drugog (sl. 35) pojavljuje se takođe manje povećanje napona (žljebovi za rasterećenje). Ovo važi kako pri torziji tako i pri zatezanju, pritisku ili savijanju.

---

# IX. Ispitivanje čvrstoće. Koeficijenti čvrstoće

Obradio prof. Dr.-Ing. E. Siebel i Dipl.-Ing. W. Steurer, Stuttgart

## A. Ispitivanje čvrstoće[1])

Za čvrstoću materijala karakteristični su:

a) granični naponi pri kojima se pojavljuju trajne deformacije ili se materijal lomi (napon na granici razvlačenja, jačina pri zatezanju, jačina pri dinamičkom opterećenju);

---

**Literatura:** Martens: Handb. d. Materialienkunde für den Maschinenbau, deo I, Berlin 1898, Springer. — Wawrziniok: Handb. d. Mat.-Prüfungswesens für Maschinen- und Bauingeniure, 2 izd., Berlin 1923, Springer. — Bach u. Baumann: Elastizität und Festigkeit, 9 izd., Berlin 1924, Springer. — Das Materialprüfungswesen, izdao Memmler, 2 izd., Stuttgart 1924, Enke. — Moser: Die Werkstoffprüfung, Handb. d. Eisenhüttenwesens, Walzwerkwesen. Düsseldorf, Berlin 1929, Stahleisen, Springer. — Goerens u. Mailänder: Die technischen Verfahren zur Prüfung und Untersuchung der Metalle und Legierungen, Handb. d. Experimentalphysik. Leipzig 1930, Akad. Verlagsges. — Handb. d. Werkstoffprüfung, sv. II, izdao E. Siebel, Berlin 1939, Springer.

b) granične deformacije pri slomu (kontrakcija preseka, izduženje, granično prigušivanje oscilacija);

c) elastičnost (modul elastičnosti, poprečna dilatacija, granica elastičnosti).

Vrednosti ovih karakteristika utvrđuju se ispitivanjem čvrstoće.

Kako se svojstva materijala s obzirom na čvrstoću menjaju s vrstom opterećenja, treba ispitivanja vršiti pri različitim vrstama opterećenja. Različita ispitivanja čvrstoće (u zavisnosti od načina dejstva sile) data su u tablici 1. Ispitivanje čvrstoće može biti statičko ili dinamičko, tj. pri opterećenju koje postupno raste ili pri promenljivom (naizmeničnom) opterećenju.

Za ispitivanje su najpogodniji prizmatični štapovi izloženi što je moguće jednostavnijem dejstvu sile. Ogledi sa dejstvom sile u više pravaca dolaze u obzir za razjašnjenje teoriskih pitanja iz otpornosti materijala.

U većini slučajeva su naprezanja u delovima konstrukcija komplikovana, zato se na osnovi rezultata ispitivanja materijala ne može uvek sa sigurnošću zaključiti o ponašanju materijala u konstrukciji.

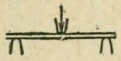
U tom slučaju treba izvršiti ispitivanje cele konstrukcije, opterećene prema stvarnim uslovima statičkim ili dinamičkim opterećenjem.

**Tablica 1. Ispitivanje čvrstoće**

| Dejstvo sile | Shema | Način ispitivanja | Karakteristike čvrstoće[1]) | Najpovoljnija primena |
|---|---|---|---|---|
| Zatezanje | | Ispitivanje zatezanjem | Jačina pri zatezanju ($\sigma_B$), dilatacija pri slomu ($\delta$) i kontrakcija preseka ($\psi$) | Ispitivanje metala |
| | | Ispitivanje trajne čvrstoće na višim temperaturama | Trajna čvrstoća na višim temperaturama $\sigma_D$ | Ispitivanje metala u zagrevanom stanju |
| | | Ispitivanje udarom | Specifičan rad pri slomu usled udara | Retko se primenjuje |
| | | Ispitivanje naizmeničnim opterećenjem | Jačina pri naizmeničnom opterećenju ($\sigma_W$) | Ispitivanje metala |

[1]) Standardne oznake za jačinu prema DIN 1602, 4. izd. mart 1936, nisu još u celosti uvedene u mašinogradnji. Za one koji se služe ovom knjigom date su, radi olakšanja, pored ranije uobičajenih oznaka standardne oznake. Oznake u zagradama su upotrebljavane u ranijim izdanjima DIN 1602.

**Tablica 1. Ispitivanje čvrstoće** (nastavak)

| Dejstvo sile | Shema | Način ispitivanja | Karakteristike čvrstoće[1]) | Najpovoljnija primena |
|---|---|---|---|---|
| Pritisak | | Ispitivanje pritiskom | Jačina pri pritisku ($\sigma_{dB}$) | Ispitivanje građevinskog materijala, kamena, itd. |
| | | Ispitivanje gnječenjem | Specifičan rad pri slomu usled udara | Primenjuje se retko za metale |
| | | Ispitivanje izvijanjem | Kritičan napon ($\sigma_K$) | Ispitivanje delova konstrukcija |
| Savijanje |  | Ispitivanje savijanjem | Jačina pri savijanju ($\sigma_{bB}$), ugib pri slomu ($f$) | Ispitivanje građevinskih materijala, livenog gvožđa |
| | | Ispitivanje udarom | Specifičan rad pri slomu usled udara (Jačina pri savijanju udarom) | Ispitivanje veštačkih plastičnih materijala, itd. |
| | | Ispitivanje udarom primerka sa zarezom. | Specifičan rad pri slomu usled udara (Žilavost pri udaru primeraka sa zarezom) | Ispitivanje čelika |
| | | Dinamičko ispitivanje savijanjem | Jačina pri naizmeničnom opterećenju savijanjem | Ispitivanje metala |
| Torzija (uvijanje) | | Ispitivanje torzijom | Jačina pri torziji ($\tau_{tB}$) | Retko se primenjuje |
| | | Ispitivanje naizmeničnim opterećenjem torzijom | Jačina pri naizmeničnom opterećenju torzijom | Ispitivanje metala |
| Čisto smicanje | | Ispitivanje čistim smicanjem | Jačina pri čistom smicanju ($\tau_{aB}$) | Ispitivanje livenog gvožđa |
| Lokalni pritisak | | Ispitivanje tvrdoće | Otpor protiv prodiranja (tvrdoća $H$) | Ispitivanje metala |

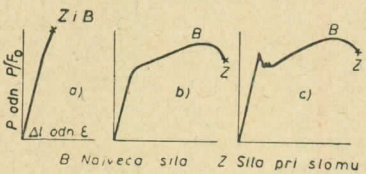
| Oznake | prema DIN 1602 | dosad uobičajeno u mašinogradnji |
|---|---|---|
| Jačina pri zatezanju . . | $\sigma_B$, $\sigma_{zB}$ | $K_z$ |
| Jačina pri pritisku . . . | $\sigma_{dB}\,(\sigma_{-B})$ | $K$ |
| Jačina pri savijanju . . | $\sigma_{bB}\,(\sigma'_B)$ | $K_b$ |
| Jačina pri torziji . . . | $\tau_{tB}$ | $K_d$ |

[1]) Vidi napomenu na str. 904.

## a) Statičko ispitivanje čvrstoće

**1. Ispitivanje zatezanjem (DIN 1605)** [1]. Pri ispitivanju zatezanjem se probni štapovi postupno zatežu u mašini za ispitivanje do kidanja (sloma). Pri tome se promatraju odnosne sile i izduženja.

Za različite vrste materijala dobivaju se različiti oblici dijagrama sila ($P$) - izduženje ($\Delta l$) (v. sl. 1), odn. napon ($\sigma$) - dilatacija ($\varepsilon$), ako se sila svede na jedinicu prvobitnog preseka $F_0$, a izduženje na jedinicu prvobitne dužine štapa $l_0$.




Sl. 1. Dijagram

a) Dijagram $P$-$\Delta l$ za krt materijal (liveno gvožđe, bronza). Sila neprekidno raste do vrednosti $P_B$ pri slomu. Nema granice razvlačenja, ni znatnijih plastičnih deformacija.

b) Dijagram $P$-$\Delta l$ za žilav materijal bez granice razvlačenja (bakar, mesing). Sila raste uglavnom najpre proporcionalno sa izduženjem (po Hooke-ovom zakonu). Pri daljem povećanju sile, ona raste sporije od izduženja. Kriva nema tačaka prekidnosti. Posle najveće sile $P_B$ kriva opada do sloma, pri čemu se dalje izduženje ograničava na područje kontrakcija na mestu sloma.

c) Dijagram $P\Delta l$ za žilav materijal sa granicom razvlačenja (topljeni čelik). Za topljeni čelik postoji maksimalna i minimalna sila u području razvlačenja ($P_{F_o}$ odn. $P_{F_u}$).

Jednostavnim ispitivanjem zatezanjem dobivaju se ove karakteristike:

1. jačina pri zatezanju $\sigma_B$ — napon pri slomu: $P_B/F_0$ u kg/mm²;

2. granica razvlačenja $\sigma_F$ — napon na početku velikih izduženja: $P_F/F_0$ u kg/mm²;

3. dilatacija pri slomu $\delta$ — razlika $\Delta l$ merne dužine $l_B$ u trenutku sloma i njene prvobitne dužine $l_0$, izražena u procentima dužine $l_0$.

$$\delta = (l_B - l_0)/l_0 \cdot 100 = \Delta l/l_0 \cdot 100 \text{ u } \%;$$

4. kontrakcija $\psi$ preseka — razlika $\Delta F$ površine $F_B$ štapa na mestu sloma i prvobitne površine $F_0$, izražena u procentima površine $F_0$.

$$\psi = (F_0 - F_B)/F_0 \cdot 100 = \Delta F/F_0 \cdot 100 \text{ u } \%.$$

Da bi se dobili podaci koji se mogu upoređivati standardizovani su u Nemačkoj prizmatični probni štapovi za ispitivanje zatezanjem. Di-

[1] Sachs u. Fiek: Der Zugversuch, Leipzig 1926, Akad. Verlagsges.

menzije probnih štapova date su u tablici 2. Kako se kod krtih materijala ne meri dilatacija pri slomu, to nije potrebno označiti mernu dužinu na štapu. Zato se pri ispitivanju livenog gvožđa i cementa zatezanjem primenjuju štapovi sa jako suženim poprečnim presekom na kome nastupa slom (DIN A 109, odnosno 1164).

**Tablica 2**

**Oblici probnih štapova koji se primenjuju u Nemačkoj (DIN 1605)**

| | Prečnik $d$*) mm | Merna dužina $l_0$ mm | Odnos $l : d$ |
|---|---|---|---|
| Normalan štap, dug . . . . | 20 | 200 | 10 |
| Normalan štap kratak . . . | 20 | 100 | 5 |
| Proporcionalan štap, dug . . | — | $10\,d = 11{,}3\sqrt{F}$ | 10 |
| Proporcionalan štap, kratak . | — | $5\,d = 5{,}65\sqrt{F}$ | 5 |
| Dug štap . . . | — | 200 | neodređeno |
| Kratak štap . . | — | 100 | neodređeno |

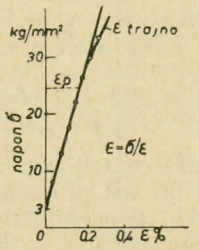
*) Kod poprečnih preseka koji nisu kružni $d$ je prečnik kruga koji ima jednaku površinu $F$ kao poprečni presek.

Radi određivanja elastičnih karakteristika materijala treba precizno meriti izduženja. Pri određivanju modula elastičnosti $E$ i granice proporcionalnosti $\sigma_P$ postupa se ovako: od neke male početne vrednosti, opterećenje štapa se povećava u skokovima. Odnosna ukupna izduženja, merena Martens-ovim instrumentom sa ogledalom unose se u dijagram (kao na sl. 2). U intervalu u kome važi Hooke-ov zakon leže sve tačke na jednoj pravoj liniji. Tangens nagiba prave određuje vrednost modula elastičnosti

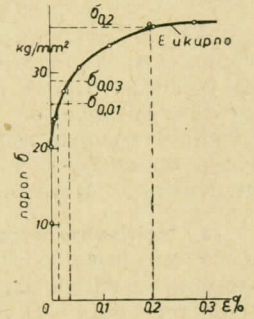
$$E = \Delta\sigma/\Delta\varepsilon, \text{ odnosno } \alpha = 1/E = \Delta\varepsilon/\Delta\sigma.$$

Produžimo li Hooke-ovu pravu naviše moći ćemo da odredimo granicu proporcionalnosti kao onaj napon pri kome kriva povučena kroz tačke dobivene merenjem počinje da otstupa od Hooke-ove prave.

Radi određivanja granice elastičnosti povećava se sila počevši od neke male početne vrednosti u skokovima, pri čemu se posle svakog opterećenja probni štap rastereti do na prethodnu vrednost sile i izmeri odnosna trajna dilatacija. Ako se vrednosti dobivene merenjem unesu u koordinantni sistem prema slici 3. dobiva se granica elastičnosti kao onaj napon pri kome trajne dilatacije dostignu određenu vred-




Sl. 2. Tok ukupnih dilatacija




Sl. 3. Tok trajnih dilatacija

nost. Kao tehnička granica elastičnosti usvaja se obično granica pri kojoj su trajne dilatacije 0,01% i 0,03% ($\sigma_{0,01}$, odn. $\sigma_{0,03}$.) Slično se dobiva granica razvlačenja materijala koji nemaju prirodnu granicu razvlačenja kao onaj napon pri kome trajne dilatacije iznose 0,2%. Za merenje trajnih dilatacija od 0,2% koriste se precizni merni insrumenti sa prenosnim odnosom 50 : 1 (Kennedy-ev uređaj).

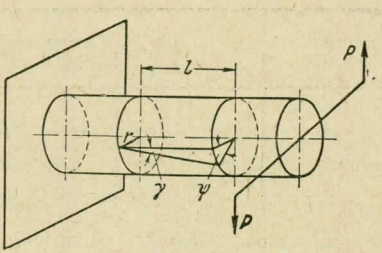
**2. Ispitivanje pritiskom.** Za ispitivanje metala upotrebljavaju se cilindrična probna tela, prema privremenoj normi A 106, visine $h = D$ (za precizna merenja $h = 2{,}5$ do $3\,D$), koja se izlažu pritisku između dve ravne površine. Normirana probna tela za ispitivanje cementa i kamena imaju oblik kocke (DIN 2105). Ako materijal ima područje tečenja, može se pri ispitivanju pritiskom odrediti napon na granici gnječenja. Pri ispitivanju pritiskom materijal se lomi samo ako je krt. Iz najveće sile $P_B$ može onda da se izračuna jačina materijala pri pritisku $\sigma_{dB} = P_B/F_0$.

**3. Ispitivanje savijanjem** primenjuje se po pravilu samo za liveno gvožđe, pošto se žilavi materijali ne lome pri savijanju. U slučaju žilavog materijala može se odrediti samo napon na početku razvlačenja (granica razvlačenja pri savijanju $\sigma_{bF}$) kao količnik odgovarajućeg momenta savijanja $M_F$ i otpornog momenta $W$ preseka. Na sličan se način određuje jačina pri savijanju $\sigma_{bF}$ krtih materijala kao količnik momenta savijanja $M_B$ i otpornog momenta. Kako raspodela napona pri slomu ne odgovara više raspodeli po teoriji elastičnosti, to je jačina pri savijanju, izračunata na ovaj način, uglavnom uvek znatno veća od jačine pri zatezanju.

Ako se ispitivanje savijanjem izvodi kao tehnološko ispitivanje, onda se ne meri sila, nego se samo utvrđuje da li dolazi do prskotina na delu izloženom zatezanju (probni štap se savija za određeni ugao oko valjka određenog prečnika). Varijante ispitivanja savijanjem su ispitivanje u užarenom stanju, radi utvrđivanja obradljivosti materijala u toplom stanju, i proba naglim hlađenjem sa istovremenim savijanjem.

**4. Ispitivanje torzijom.** Ispitivanjem torzijom žilavih materijala, na probnim štapovima kružnog ili prstenastog preseka, može da se odredi napon na početku razvlačenja (granica razvlačenja pri torziji $\tau_{tF}$) kao količnik odnosnog momenta torzije $M_t$ i polarnog otpornog momenta $W_t$ preseka. Za krte materijale određuje se iz momenta torzije pri slomu, na isti način, jačina pri torziji $\tau_{tB}$.

Ako se pri ispitivanju torzijom meri osim momenta torzije $M_t$ i ugao torzije $\psi$ (prema sl. 4), tj. relativno obrtanje dvaju paralelnih poprečnih preseka upravnih na osu a na razmaku $l$, odn. specifičan ugao torzije $\vartheta = \psi/l$, može da se konstruiše dijagram $M_t$-$\psi$.




Sl. 4. Ispitivanje torzijom

Klizanja na spoljnoj površini okruglog štapa mogu da se odrede iz odnosa $\gamma = \vartheta\, r$ i odgovarajućih napona u elastičnom području $\tau = M_t\, W_t$. Modul klizanja $G$ i koeficijent klizanja $\beta$ izračunavaju se tada iz

$$G = \tau/\gamma = M_t\, l/W_t\, \psi\, r,$$

odn. $\beta = 1/G = \gamma/\tau$.

**5. Ispitivanje čistim smicanjem i probijanjem.** Za probu čistim smicanjem duž dva preseka upotrebljavaju se cilindrična probna tela poprečnog preseka $F$, na koja se navuku tri ploče tačno obrađene prema profilu cilindra. Ako se srednja ploča pomeri prema krajnjim, onda se iz sile $P_B$ pri slomu može izračunati jačina pri čistom smicanju $\tau_{aB} = P_B/2F$.

Pri ispitivanju probijanjem stavlja se proba u vidu ploče debljine $a$ na kaljen čelični prsten, čistog otvora $d_1$, pa probija kaljenim probojcem prečnika $d \leqq d_1$. Jačina pri čistom smicanju, kad se zanemare sekundarni naponi, iznosi:

$$\tau_{aB} = P_B/\pi\, d\, a.$$

**6. Ispitivanje tvrdoće.** Ovim ispitivanjem određuje se otpor koji telo pruža prodiranju drugog, tvrđeg tela u njegov površinski sloj. Pri ispitivanju pomoću kugle, metodom Brinell-a (DIN 1605), utiskuje se kugla od kaljenog čelika određenom silom u površinu predmeta koji se ispituje, pa se, po rasterećenju površine meri utisnuta površina. Ako je prečnik kugle $D$, sila $P$ i prečnik utisnute površine $d$, onda je tvrdoća $H$ po Brinell-u:

$$H = 2P/[\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})] \text{ [kg/mm}^2\text{]}.$$

Silu $P$ treba izabrati prema tablici 3, tako da je prečnik površine utiskivanja $d = 0{,}2$ do $0{,}5\,D$. Za topljeni čelik uzima se uvek sila $P = 30\,D^2$. Za legure lakih metala preporučuje se $P = 5\,D^2$. Trajanje opterećenja pri maksimalnoj vrednosti sile treba po pravilu da iznosi 30 s. Sila treba da raste postepeno, a ne, da dejstvuje udarom.

Treba uvek naznačiti uslove pod kojima je vršeno merenje, na pr., $H\,5/250/30$ = tvrdoća dobivena pomoću kugle prečnika 5 mm, opterećenjem 250 kg u toku 30 s.

Varijante ispitivanja po Brinell-u su ispitivanje tvrdoće po Ludwik-u i Vickers-u, kod kojih se umesto kugle primenjuje dijamantski konus, odn. dijamantska piramida (ugao pri vrhu iznosi 136°).

Tvrdoća po Brinell-u karakteriše srednju vrednost otpora materijala protiv prodiranja drugog, tvrđeg tela, jačina pri zatezanju karakteriše srednju vrednost otpora protiv deformisanja materijala. Kako otpor protiv prodiranja pretstavlja samo jednu vrstu otpora protiv deformisanja, između tvrdoće i jačine pri zatezanju postoji uska veza. Odnos jačine pri zatezanju i tvrdoće po Brinell-u varira za čelike od 0,31 do 0,41 u zavisnosti od legure, strukture i obrade.

**Tablica 3**

| Prečnik $D$ kugle mm | Sila $P$ u kg*) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $30\ D^2$ | $10\ D^2$ | $5\ D^2$ | $2{,}5\ D^2$ |
| 10 | 3000 | 1000 | 500 | 250 |
| 5 | 750 | 250 | 125 | 62,5 |
| 2,5 | 182,5 | 62,5 | 31,2 | 15,6 |

*) Za meke materijale dozvoljava se $P = 1{,}25\ D^2$, odn. $0{,}5\ D^2$.

Za žarene metale važe ovi približni odnosi:

Ugljenični čelik (jačina pri zatezanju 30 do 100 kg/mm²) $\sigma_B = 0{,}36\ H$.

Hrom-nikl čelik (jačina pri zatezanju 65 do 100 kg/mm²) $\sigma_B = 0{,}34\ H$.

Za druge metale (osim gvožđa) dobivaju se koeficijenti 0.3 do 0,6. Na ove koeficijente naročito utiče obrada deformacijom u hladnom stanju.

Pri ispitivanju tvrdoće s prethodnim opterećenjem (po Rockwell-u) ne određuje se neposredno otpor prodiranju drugog tela; kao mera otpora protiv prodiranja služi dubina probne kugle pod opterećenjem (DIN privremena norma DVM A 103). Dalja ispitivanja tvrdoće su: postupak paranjem po Martens-u, postupak klatnom po Herbert-u, kao i dinamičke metode ispitivanja po Baumann-u i Steinrück-u, Wüst-u i Bardenheuer-u, kao i po Shore-u.

### b) Dinamička ispitivanja čvrstoće udarom

Principijelno se sve vrste ispitivanja mogu izvesti dinamičkim opterećenjem udarom (naglim, kratkotrajnim opterećenjem). Statičkom ispitivanju zatezanjem odgovara ispitivanje zatezanjem putem udara, ispitivanju pritiskom ispitivanje gnječenjem, statičkom ispitivanju savijanjem ispitivanje savijanjem putem udara. Potrebna sila pri ovim ispitivanjima dobiva se iz kinetičke energije pokretnih masa (uređaji kod kojih teret pada i uređaji sa klatnom). Obično se veličina sile uopšte ne određuje, nego rad potreban da se materijal dovede do sloma ili do deformacije.

Ispitivanje savijanjem putem udara primenjuje se najčešće za ispitivanje materijala. Jačina pri savijanju putem udara dobiva se kao količnik rada potrebnog da se materijal dovede do sloma i površine poprečnog preseka na mestu sloma. Kod metala (naročito čelika) ispitivanje se vrši na probnim štapovima koji imaju zareze (ispitivanje savijanjem putem udara probe sa zarezom).

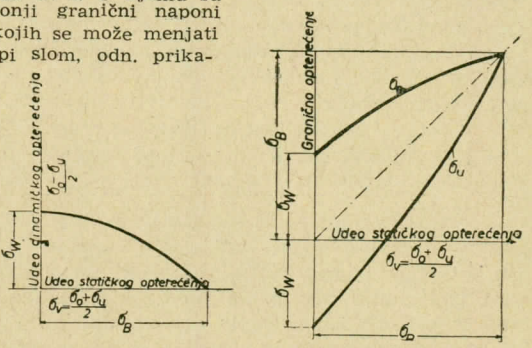
Rad potreban da se probni štap sa zarezom dovede do sloma sveden na jedinicu površine poprečnog preseka na mestu sa zarezom (u kgm/cm²) je mera tzv. žilavosti materijala pri udaru i karakteriše ponašanje materijala pri opterećenju udarom. Postupak ispitivanja savijanjem putem udara probe sa zarezom standardizovan je u DIN DVM A 111, odn. 115.

### c) Dinamička ispitivanja periodično promenljivim opterećenjem

Ispitivanje se vrši i periodično promenljivim opterećenjem. Izvodi se: ispitivanje zatezanjem i pritiskom, pri kome se sila periodično menja od neke pozitivne (zatezanje) do neke negativne (pritisak) granične vrednosti, koje su ili brojno jednake ili različite; ispitivanje zatezanjem, pri kome se sila periodično menja od jedne pozitivne do druge opet pozitivne granične vrednosti; ispitivanje dinamičkim naizmeničnim opterećenjem savijanjem i, konačno, ispitivanje dinamičkim naizmeničnim opterećenjem torzijom.

Jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju $\sigma_W$ je jednaka polovini vrednosti promene napona od pozitivne granične vrednosti do iste tolike negativne granične vrednosti koju materijal može da izdrži proizvoljan broj puta a da se ne slomi. Jačina pri dinamičkom jednosmislenom opterećenju $\sigma_U$ je jednaka veličini promene napona između 0 i neke pozitivne granične vrednosti koju materijal može da izdrži proizvoljan broj puta.

Promena jačine materijala pri proizvoljnom prednaponu $\sigma_V$ kome se superponira napon usled dinamičkog naizmeničnog opterećenja može se prikazati dijagramom za jačine pri dinamičkom opterećenju prema sl. 5. U njemu su prikazani gornji i donji granični naponi ($\sigma_o$, odn. $\sigma_u$) između kojih se može menjati napon a da ne nastupi slom, odn. prikazane su amplitude napona $(\sigma_o - \sigma_u)/2$ u zavisnosti od prednapona $(\sigma_o + \sigma_u)/2$.




Sl. 5. Dijagrami za jačinu materijala pri dinamičkom opterećenju
po Haigh-u po Smith-u

Po predlogu Wöhler-a određuje se jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju na taj način što se probni štapovi izlažu naizmeničnom opterećenju različite veličine i za svaki od njih utvrđuje broj promena opterećenja koji dovodi do sloma. Nanošenjem dobivenih vrednosti u dijagram dobiva se tzv. Wöhler-ova kriva odnosnog materijala.

Za topljeni čelik je tok ove krive već pri 5 i 10 miliona promena opterećenja paralelan sa apscisnom osom. Prema tome, radi iznalaženja jačine pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju dovoljno je, pri ispitivanju, izvršiti 10 miliona promena opterećenja. Kod drugih metala osim čelika, a i kod topljenog čelika kad postoji korozija, opada Wöhler-ova kriva često i posle 10 miliona promena opterećenja. U ovim slučajevima se preporučuje da se pri ispitivanju izvrši 100 miliona promena opterećenja.

Jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju nekog materijala mnogo zavisi od obrade površine probe. Loše obrađene površine, oksidna kora od valjanja, urezi, žljebovi ili korozijom oštećene površine jako smanjuju jačinu pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju (v. sl. 1, str. 938).

Prema DIN privremeni standard DVM A 113 primenjuju se za ispitivanje pri dinamičkom opterećenju savijanjem probni štapovi obrađeni uzduž i popreko šmirglom (do finoće 000), tako da se ne opažaju nikakve brazde. U cilju određivanja uticaja zareza vrše se uporedna ispitivanja sa probnim štapovima koji imaju proširenja ili oštre zareze po celom obimu.

Jačina pri dinamičkom opterećenju metala je uvek znatno manja od odnosne jačine pri statičkom opterećenju. Tako jačina pri dinamčikom opterećenju savijanjem iznosi približno polovinu jačine pri statičkom opterećenju zatezanjem. Jačina pri dinamičkom opterećenju torzijom je za žilave metale jednaka oko 0,57, za liveno gvožđe od 0,7 do 0,8 od jačine dobivene pri ispitivanju savijanjem.

### d) Ispitivanje jačine materijala na povišenim temperaturama

Svojstva otpornosti metala menjaju se sa temperaturom. Kod većine vrsta topljenog čelika jačina pri zatezanju raste do temperature od 200° a zatim opada, dok granica razvlačenja stalno opada. Kod većine drugih metala jačina opada sa porastom temperature. Na povišenim temperaturama svojstva metala su zavisna i od vremena, što treba uzeti u obzir pri ispitivanju, pa razlikovati kratkotrajna i dugotrajna ispitivanja na povišenim temperaturama. Za statičko ispitivanje čvrstoće materijala na povišenim temperaturama dolaze u obzir isti postupci kao i za ispitivanje pri normalnoj temperaturi. Od većeg je značaja samo ispitivanje zatezanjem.

Ispitivanje zatezanjem na povišenoj temperaturi izvodi se na isti način kao i normalno ispitivanje. Probni štap se zagrevanjem dovodi na temperaturu pri kojoj se vrši ispitivanje. Da bi se postigla jednolika raspodela temperature štap se nalazi u kupki ulja ili soli, koja se zagreva električki ili gasom. O uticaju vremena se vodi računa na taj način što se propisuje brzina istezanja ili trajanje celog postupka do kidanja.

Kako prirodna granica razvlačenja za topljeni čelik potpuno nestaje iznad 300°, to granicu razvlačenja na povišenoj temperaturi treba odrediti kao 0,2% - granicu razvlačenja. Postupak za ispitivanje propisan je u DIN privremenom standardu DVM A 112.

Jačina pri zatezanju i granica razvlačenja topljenog čelika, određene kako je gore opisano, nisu dovoljni podaci za dimenzionisanje, ako je temperatura iznad 400°. Zato treba snimiti dijagrame vreme-izduženje pri konstantnom opterećenju, koji daju dalji uvid o uticaju vremena. Pri malom opterećenju smanjuje se brzina izduženja, odn. izduženje posle kraćeg ili dužeg vremena opada na 0, međutim, pri većem opterećenju to nije slučaj, štap se neprekidno izdužuje do sloma. Graničnu vrednost pretstavlja ono opterećenje pri kome izduženje prestaje posle beskrajno dugog vremena. Odnosna vrednost napona zove se trajna jačina materijala na povišenoj temperaturi.

U cilju određivanja trajne jačine materijala pri povišenoj temperaturi treba, prema DIN privremenom standardu DVM A 118, izvršiti tri do pet ispitivanja sa po jednim probnim štapom a sa opterećenjima koja prema proceni odgovaraju trajnoj jačini na povišenoj temperaturi. Iz tako dobivenih dijagrama vreme - izduženje određuje se trajna jačina na povišenoj temperaturi kao napon pri kome brzina izduženja između 25-og i 35-og časa iznosi $10^{-3}$ %/čas. Trajna dilatacija ne treba da pređe vrednost 0,2% posle 45 časova.

### e) Ispitivanje konstrukcija

Kako se karakteristične vrednosti dobivene ispitivanjem glatkih štapova ne mogu neposredno primeniti na proračun komplikovanih konstrukcija to se često ispituju objekti (konstrukcije) kao celine, odn. probna tela odgovarajućeg oblika (modeli), koja služe za određivanje otpornosti samog oblika konstrukcije.

## B. Merenje napona

Osnova za tehnički pravilnu konstrukciju objekta je poznavanje raspodele napona. Pored proračunavanja sve značajnije postaje merenje stvarnih napona, jer se na taj način može doći do cilja i u slučajevima kad račun ili ne može dati rešenje ili je zametan. U većini slučajeva je dovoljno da se odredi raspodela napona na površini, pošto su na površini naponi najveći. Osim napona prouzrokovanih spoljnim opterećenjem mogu i sopstveni naponi da utiču na otpornost konstrukcije.

Određivanje napona vrši se ovim metodama: 1. merenjem dilatacija, 2. merenjem krivine, 3. ispitivanjem linija dilatacija, 4. rentgenografski, 5. fotoelasticimetriski, 6. metodom analogije.

**1. Metoda merenja dilatacija**[1]. Ako su u nekoj tački površine tela pri dejstvu opterećenja izmerene dilatacije $\varepsilon_x$ i $\varepsilon_y$ u

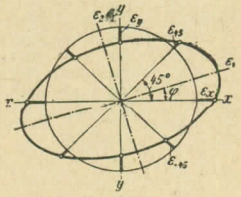
[1]) v. Lehr: Spannungsmessungen an Werkstücken, Leipzig 1938 Akad. Verlagsges. — Rötscher u. Jaschke: Dehnungsmessungen und ihre Auswertung, Berlin 1939, Springer.

dva međusobno upravna pravca, onda se odnosni naponi $\sigma_x$ i $\sigma_y$ mogu izračunati iz ovih relacija:

$$\sigma_x = E/(1-\mu^2)\cdot(\varepsilon_x + \mu\,\varepsilon_y) \qquad \sigma_y = E/(1-\mu^2)\cdot(\varepsilon_y + \mu\,\varepsilon_x). \quad (1)$$

O modulu elastičnosti $E$ v. str. 921. Poisson-ov koeficijent za čelik i većinu metala iznosi 0,3.

Ako u tački u kojoj se vrši merenje nisu poznati glavni pravci napona, preporučuje se da se dilatacije mere u četiri pravca koji međusobno grade ugao od 45°. Ako se dilatacije (sl. 1) prenesu u većoj razmeri od periferije kruga a u pravcu u kom su izmerene, onda krajnje tačke određuju elipsu, čije glavne ose daju pravac glavnih dilatacija $\varepsilon_1$ i $\varepsilon_2$, a prema tome i glavnih napona. Preodređenost koja se dobiva time što su izvršena četiri merenja omogućuje da se izravnaju eventualne greške pri merenju.



Sl. 1. Elipsa dilatacija

Instrumenti za merenje dilatacija v. 7. odeljak, Tehnika merenja, V glava. Pri izboru prenosnog odnosa $n$ treba poći od toga da je za većinu tehničkih potreba dovoljno ako pomeranje $a$ kazaljke za jedan podeok skale odgovara naponu $a = 1$ kg/mm². Potreban prenosni odnos pri linearnom stanju napona je

$$n = E/\sigma \cdot a/l = E/1 \cdot 1/l. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Potreban prenosni odnos za uobičajene merne dužine $l = 20$, odn. 10 mm a za čelik sa $E = 20\,000$ kg/mm² iznosi $n = 1000$, odn. 2000. Takav se prenosni odnos može postići na jednostavan način primenom prenosa putem dvostruke poluge (Huggenberger-ov tenzometar (sl. 3), tenzometar po Okhurizen-u).

Kad se ispitivanje vrši na manjim dužinama (1 do 2 mm), kao pri ispitivanju raspodele napona u zarezima, potrebni su veći prenosni odnosi (uređaji za merenje dilatacije po Berg-u, Dietrich-u, Lehr-u, itd.). Kako se merenjem dobiva srednja vrednost dilatacije na mernoj dužini, to se maksimalne vrednosti napona, na mestima gde se naponi naglo menjaju, mogu tačna odrediti samo onda kad je merna dužina dovoljno mala[1]).

Kad se upotrebljavaju uobičajeni instrumenti mora se na svim mestima na kojima se vrši merenje postaviti po jedan instrument, a u slučaju da se merenje vrši sa jednim instrumentom potrebno je da se za svako merenje telo ponovo optereti. Međutim, pomoću prenosnih instrumenata mogu se merenja izvršiti nezavisno od toga da li je odnosni deo u opterećenom ili neopterećenom stanju. Merne dužine obeležavaju se čeličnim kuglama prečnika 1,5 mm, koje se čekićem utiskuju u površinu predmeta.

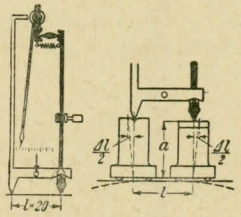
[1]) O diferencijalnoj metodi koja dozvoljava primenu velikih mernih dužina v. G. Fischer: Versuche über die Wirkung von Kerben an elastisch beanspruchten Biegestäben, Berlin 1931, VDI-Verlag.

Na taj se način mogu odrediti i promene napona koje se javljaju u objektu u toku duže vremena. Isto tako se mogu odrediti i sopstveni naponi u materijalu.

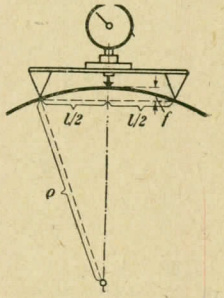
Radi određivanja sopstvenih napona na ispitivanom komadu se čeličnim kuglicama obeleži jedna mreža. Rastojanje kuglica se izmeri pomoću prenosnog instrumenta, zatim se ispitivani komad rastavi i tako poništе sopstveni naponi, pa se merenje ponovi. Sopstveni naponi se mogu izračunati na osnovi izmerenih dilatacija prema jedn. (1), pri čemu skraćenju merne dužine odgovara sopstveni napon zatezanja a izduženju sopstveni napon pritiska.

Za merenje smičućih napona konstruisani su specijalni merni instrumenti. Najjednostavnije je da se glavni normalni naponi odrede na opisan način, onda se najveći smičući naponi, koji dejstvuju pod uglom od 45° prema pravcima glavnih napona, dobivaju kao polovina razlike glavnih napona.

**2. Merenje krivine** [1]). Merenjem krivine mogu se odrediti normalni naponi u telima koja imaju oblik ploča a izložena su savijanju. Uređajem na sl. 2 dobiva se krivina u pravcu ose $x$ merenjem strele $f$ iz izraza $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = \frac{1}{\varrho} = \frac{8f}{l^2}$, a uređajem na sl. 3 merenjem veličine $\Delta l$ (označene na slici) iz izraza $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = \frac{1}{\varrho} = \frac{\Delta l}{a\, l}$




Sl. 3




Sl. 2

Merenje krivine

Dilatacije na unutrašnjoj, odn. spoljnoj ravni ploče su

$$\varepsilon_{b_x} = \pm \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{s}{2}, \qquad \varepsilon_{b_y} = \pm \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \frac{s}{2}. \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

gde je $s$ debljina ploče.

U slučaju da ploča pored savijanja trpi zatezanje ili pritisak, dilatacije $\varepsilon_{a_x}$ i $\varepsilon_{a_y}$ na spoljnoj površini mogu se odrediti jednostavnim merenjem izduženja. Ako su osim toga merenjem krivine određene dilatacije $\varepsilon_{b_x}$ i $\varepsilon_{b_y}$ usled savijanja, onda su dilatacije $\varepsilon_{i_x}$ i $\varepsilon_{i_y}$ na unutrašnjoj strani ploče

$$\varepsilon_{i_x} = \varepsilon_{a_x} - 2\varepsilon_{b_x}, \qquad \varepsilon_{i_y} = \varepsilon_{a_y} - 2\varepsilon_{b_y}. \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Odnosni naponi na unutrašnjoj, odn. spoljnoj strani ploče mogu se izračunati pomoću jedn. (1).

---

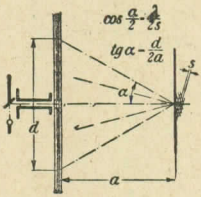
[1]) Siebel u. Körber, Mitt. K. W.-Inst. Eisenforsch. 6 (1925), str. 116; dalje Siebel, Mitt. K. W.-Inst. Eisenforsch. 9 (1927), str. 295.

**3. Ispitivanje linija dilatacija**[1]. Mesta u kojima vladaju najveći naponi, kao i pravci glavnih napona na površini tela u napregnutom stanju mogu se odrediti ispitivanjem linija dilatacija. Telo se u neopterećenom stanju premaže specijalnom krtom smolom ili lakom. Pri opterećivanju pojavljuju se prskotine na najjače napregnutim mestima a upravno na pravac najvećih napona zatezanja.

Slično se mogu dobiti linije razvlačenja (pojavljuju se na telima pokrivenim oksidnom korom kad napon pređe granicu razvlačenja). One su nagnute pod 45° prema pravcima glavnih napona. Linije razvlačenja se mogu učiniti vidljive na površinama poprečnih preseka nagrizanjem materijala kiselinama (po F r y-u) i tako pružiti uvid u naponsko stanje[2]).

**4. Rentgenografija**[3]). Ova metoda koristi pojavu interferencije koja nastaje kad na površinu metala padaju rentgenski zraci. Kristali koji se nalaze na površini tela a na otstojanju $s$ između ravni rešetki odbijaju zrak talasne dužine $\lambda$ pod uglom $\alpha$ (v. sl. 4). Po B r a g g-u je

$$\cos(\alpha/2) = \lambda/2s. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$




Sl. 4. Merenje rentgenskim zracima

Ugao $\alpha$ se može odrediti merenjem prečnika $d$ zamračenog prstena na filmu koji se nalazi na otstojanju $a$.

$$\operatorname{tg} \alpha = d/2a. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Radi određivanja razmaka $a$ pospe se površina izložena zračenju materijalom za etaloniranje (na pr. zlatnim prahom) poznatog otstojanja između ravni rešetki, pa se posle toga vrši snimanje. Da bi se postiglo ravnomerno zamračenje obrće se komora za vreme eksponiranja oko ose zračenja. Da bi se postigao veliki stepen tačnosti pri merenju korisno je da se $s$ obzirom na jedn. (1) upotrebe rentgenski zraci približno dvaput veće talasne dužine od razmaka $s$ (na pr., kobaltovo zračenje kod čelika, bakarno kod aluminijuma). Radi tačnijeg određivanja prečnika $d$ zamračenih linija treba ih fotometrisati.

Zbir $\sigma_1 + \sigma_2$ glavnih napona koji dejstvuju u jednoj tački površine određuje se na taj način što se na to mesto puste zraci upravno na površinu, pa se razmak $s$, meren u pravcu normale na površinu, odredi iz jedn. (5) i (6), pod pretpostavkom da je ugao $\alpha$ srazmerno mali. Ako je $s_0$ otstojanje između ravni rešetki kada je telo u neopterećenom stanju, onda je zbir napona

$$\sigma_1 + \sigma_2 = -\frac{E}{\mu}\frac{s - s_0}{s_0}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Radi izračunavanja samih napona treba za svaki pravac $\varphi$ osim upravnog snimanja izvršiti i koso snimanje pod uglom $\psi$ prema normali u toj tački. Ako je $s \perp$ ostojanje između ravni rešetki koje se dobija snimanjem u pravcu normale, a $s_\psi$ ono koje

---

[1]) D i e t r i c h u. L e h r, ZVDI 76 (1932), str. 973.

[2]) S i e b e l u. P o m p. Mitt K. W. Inst Eisenforsch. 8 (1926), str. 63.

[3]) G l o c k e r: Materialprüfung mit Röntgenstrahlen, Berlin 1936, Springer — Dalje: W e b e r: Grundlagen und Anwendungen der Messung innerer Spannungen mit Hilfe von Röntgenstrahlen, Leipzig 1938, Akad. Verlagsges.

se odnosi na snimanje pod uglom, onda je odnosni napon $\sigma_\varphi$ određen sa

$$\sigma_\varphi = E/(1+\mu)\cdot(s_\psi - s_\perp)/s_\perp \sin^2\psi . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Treba napomenuti da se u ovoj relaciji sem modula elastičnosti $E$ i Poisson-ova broja $\mu$ javljaju samo veličine dobivene merenjem na telu u opterećenom stanju. Dakle, ovom se metodom mogu odrediti apsolutne vrednosti napona. Ona je stoga pogodna za određivanje sopstvenih napona jer ne treba razarati ispitivani komad.

Prednosti rentgenografije su malo merno područje (oko 1 mm²) i mogućnost da se odrede apsolutna naponska stanja. Tačnost merenja od 1 do 2 kg/mm² za topljeni čelik zadovoljava. Ova metoda se ne može primeniti za određivanje napona u visoko legiranim čelicima, termički obrađenim čelicima i materijalima sa grubozrnastom strukturom. Kako se ovom metodom mogu odrediti naponska stanja samo u površinskom sloju materijala, to na ispitivanje mogu štetno uticati sopstveni naponi koji se u tom sloju pojavljuju usled obrade površine.

**5. Fotoelasticimetriske metode**[1]) baziraju na svojstvu prozračnih tela da u napregnutom stanju postaju dvolomna. Optička anizotropija stoji u direktnoj vezi sa stanjem napona na mestu koje se prozračuje i može biti izmerena optičkim metodama. Dakle, merenja ove vrste ne mogu da se vrše na samom objektu, nego treba izraditi modele od prozračnog materijala odnosnih optičkih svojstava.

Metoda je uglavnom ograničena na ispitivanje ravnog stanja napona. U novije vreme postoje predlozi za primenu metoda na prostorno stanje napona[2]). Kako ravno stanje napona ne zavisi od konstanti elastičnosti, to je mogućno, da se na osnovi ispitivanja stanja napona na modelu izvedu zaključci o stanju napona u telu sličnog oblika pod odgovarajućim opterećenjem.

Polarizovani se zrak svetlosti pri prolazu kroz model debljine $d$ rastavlja na dve komponente koje osciluju u pravcima glavnih napona $\sigma_1$ i $\sigma_2$. Pri tome zrak koji osciluje u pravcu napona $\sigma_1$ relativno zakašnjava prema zraku koji osciluje u pravcu napona $\sigma_2$ sa $\delta\lambda$, gde je $\delta = 1, 2, 3, \ldots$ a $\lambda$ talasna dužina:

$$\delta = (\sigma_2 - \sigma_1)\, d \cdot C/\lambda \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

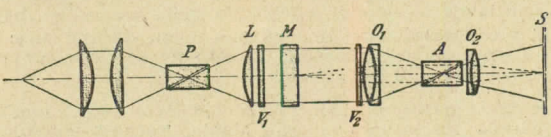
---

[1]) Föppl: Grundlagen der Spannungsoptik, Spannungsmessungen an Werkstücken, Leipzig 1938, Akad. Verlagsges. — L. Föppl u. Neuber: Festigkeitslehre mittels Spannungsoptik, München u. Berlin 1935. Oldenbourg. — Kuske: Berechnung von Fehlern infolge von Vorspanungen in der Spannungsoptik, ZVDI 82 (1938), str. 1455. — Mesmer: Spannungsoptik, Berlin 1939. Springer.

[2]) Oppel: Polarisationsoptische, Untersuchungen räumlicher Spannungs- und Dehnungszustände, Forsch, Ing-Wes. 7 (1936), str. 240. — L. Főppl. ZVDI 81 (1937), str. 137. — R. Hiltscher, Forsch. Ing. - Wes. 8 (1937), sv. 2.

$C$ je optička konstanta. Njena vrednost iznosi 1,4 do 3 brewster-a za flintstakla, 45 do 55 brewster-a za bakelit i trolon. 1 brevster = $= 10^{-13}$ cm²/dyn.

Na sl. 5 je shematički prikazana putanja zraka pri optičkom ispitivanju napona. Model $M$, stegnut u odgovarajućem uređaju za opterećivanje, nalazi se između polarizatora $P$ i analizatora $A$, čija je osa polarizacije upravna na osu polarizacije polarizatora. Propustimo li kroz model monohromatično svetlo polarizovano u ravni (linearno), onda će sva ona mesta u kojima pravci glavnih napona odgovaraju pravcima polarizovanja ili u kojima je razlika glavnih napona jednaka nuli, biti tamna, ter tada zrak svetlosti prolazi nerazdvojen kroz model. Ako prozračivanje ponovimo nekoliko puta, tako da svaki put osu polarizacije obrnemo za određeni ugao, dobićemo odnosni broj linija — izokline — geometrisko mesto tačaka u kojima su trajektorije napona nagnute pod istim uglom. Iz slike sa izoklinama treba odrediti tok trajektorija napona.




$L$ — sočivo, $O_1$ i $O_2$ — objektivi, $S$ — ploča ili ekran

Sl. 5. Optičko merenje napona

Propustimo li kroz model belo svetlo (pri čemu se radi ostvarivanja cirkularne polarizacije u svetlosni snop postavlja ispred i iza modela četvrttalasna pločica $V$) nastaće boje kojima odgovara relativno usporenje $\delta = 1, 2, 3$ itd., pa se pojavljuju odnosne komplementarne boje. U monohromatičnoj kružnoj polarizovanoj svetlosti ostaju ta mesta tamna Dobivaju se linije — izohromate — geometrisko mesto tačaka u kojima je razlika glavnih napona jednaka. Ako je poznata konstanta $C$ i talasna dužina $\lambda$ onda se za svaku izohromatu pomoću jednačine (9) može izračunati veličina razlike glavnih napona. Da bi rezultati merenja bili što tačniji modeli se izrađuju od materijala čiji je indeks prelamanja svetlosti veliki.

Pravci glavnih napona i razlike glavnih napona mogu se odrediti i u pojedinim tačkama bez propuštanja svetlosti kroz ceo model. Pri tome se propušta monohromatična svetlost polarizovana u ravni a polarizator i analizator obrću dotle dok se ne odredi onaj položaj pri kome je vidno polje najtamnije, odn. najsvetlije. Time su određeni pravci glavnih napona. Tada se pomoću kompenzatora koji je postavljen u svetlosni snop meri relativno zakašnjenje $\delta$. Da bi se odredila vrednost svakog glavnog napona potrebna je još vrednost njihovog zbira koja se može dobiti merenjem debljine modela pre i posle opterećenja ili računski. Po metodi F a v r e-a[1]), može se odrediti vrednost svakog glavnog napona merenjem zakašnjenja zraka koji prolazi kroz model u odnosu na zrak koji ne prolazi kroz model.

**6. Metode analogije** baziraju na tome da za raspodelu napona i neke fizičke procese važe zakonitosti koje se matematički mogu izraziti istim jednačinama. Na osnovi eksperimentalnog ispitivanja odnosnog fizičkog procesa mogu se izvesti zaključci o raspodeli napona. Metode analogije primenjuju se naročito za rešavanje problema torzije.

---

[2]) F a v r e, Schweiz. Bauztg. 90 (1927), str. 291.

Analogija sa membranom[1]). Na osnovi analogije između diferencijalne jednačine

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} = -2G\vartheta \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

($\tau_x = \partial F/\partial y$, $\tau_y = -\partial F/\partial x$ komponente smičućeg napona, $G$ = modul klizanja, $\vartheta$ = ugao torzije)

čije rešenje daje raspodelu smičućih napona u poprečnom preseku prizmatičnog štapa izloženog torziji i diferencijalne jednačine membrane zategnute po konturi silama čija je veličina po jedinici dužine $= S$ i izložene pritisku $p$:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = \frac{p}{S} \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

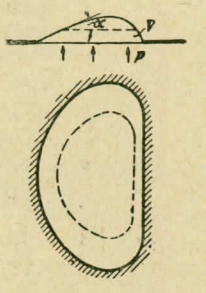
čije rešenje daje ugibe membrane, proizilazi da su komponente smičućeg napona u poprečnom preseku štapa:

$$\tau_x = c\frac{\partial u}{\partial y} = c\alpha_y; \quad \tau_y = -c\frac{\partial u}{\partial x} = -c\alpha_x; \quad c = F/u = -2G\vartheta S/p.$$

Razapnemo li preko otvora u ravnoj ploči, koji odgovara poprečnom preseku štapa izloženom torziji, membranu, tako da je sa svih strana zategnuta silama $S$ pa pustimo da sa jedne strane na nju dejstvuje pritisak $p$, membrana će se malo ispupčiti. Merenjem[2]) se mogu odrediti uglovi nagiba $\alpha$ i zapremina $V$ između membrane i ravni ploče (sl. 6). Zapremina je proporcionalna momentu torzije

$$M_d = 2cV.$$

Izohipse, od kojih je jedna ucrtana na sl. 6, određuju pravac najvećih napona smicanja.



Sl. 6. Duž ruba zategnuta i usled pritiska s jedne strane ispupčena membrana

Analogija sa strujanjem fluida bazira na sličnosti jednačine za ravnotežu elementa prizmatičnog štapa izloženog torziji:

$$\frac{\partial \tau_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_x}{\partial x} = 0 \quad \ldots \quad (12)$$

i jednačine kontinuiteta pri ravnom strujanju fluida:

$$\frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_x}{\partial x} = 0. \quad \ldots \quad (13)$$

Ako je poznata raspodela brzina $v_y$ i $v_x$ pri strujanju nestišljivog fluida u pljosnatom sudu čiji je poprečni presek istog oblika kao i poprečni presek štapa koji je izložen torziji, onda su odnosni naponi u štapu:

$$\tau_y = cv_y \qquad \tau_x = cv_x,$$

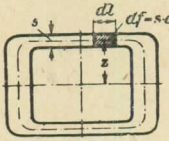
gde je $c$ konstanta.

---

[1]) Prandtl, Zf. Phys. 16 (1903), str. 758.

[2]) O izvođenju merenja v. Anthes, Dingler 321 (1906), str. 342; dalje A. A. Griffith u. G. J. Taylor, Engng. 104, str. 650. i Kopf u. Weber, ZVDI 78 (1934), str. 913.

Analogija sa strujanjem fluida je naročito pogodna za ispitivanje štapova prstenastih poprečnih preseka. Ako je debljina $s$ zida mala, može se pretpostaviti da je na čitavoj širini zida brzina $v$ strujanja, odn. smičući napon $\tau$ jednake vrednosti, pa važe relacije (sl. 7)




Sl. 7. Sandučast presek izložen torziji

$$\tau s = c v s = \text{konst},$$

$$M_d = \int_0^f \tau z \, df = \int_0^l \tau z s \, dl = 2 F_m \tau s,$$

gdje je $F_m$ površina ograničena zatvorenom linijom koja na bilo kom mestu polovi debljinu zida.

## C. Koeficijenti elastičnosti i čvrstoće

**Definicija pojmova** i oznake v. str. 904 i dalje. Date vrednosti koeficijenata čvrstoće su uopšte srednje vrednosti. Vrednosti koje daju standardi mora proizvođač garantovati pri isporuci materijala. Brojevi listova standarda su uvek navedeni.

**Oznake u tablicama:**

$E$ — modul elastičnosti,
$G$ — modul klizanja,
$\sigma_B$ — jačina pri zatezanju,
$\sigma_{dB}$ — jačina pri pritisku,
$\sigma_F$ — napon na granici razvlačenja,
$\sigma_{dF}$ — napon na granici gnječenja,
$\sigma_{bW}$ — jačina pri naizmeničnom opterećenju savijanjem,
$\sigma_{zW}$ — jačina pri naizmeničnom opterećenju zatezanjem i pritiskom,
$\tau_{tW}$ — jačina pri naizmeničnom opterećenju torzijom,
$\sigma_D$ — trajna jačina materijala na povišenoj temperaturi (prema DIN DVM 112),
$\sigma_{0,2}$ — 0,2-granica razvlačenja,
$\delta_{10}$ — dilatacija pri slomu ($l = 10\,d$).

### a) Čelik i liveno gvožđe

Prema odluci Nemačkog odbora za standarde odbacuje se naziv topljeno gvožđe (Flusseisen). Čelik dobiven iz tečnog stanja valjanjem zove se topljeni čelik (Flußstahl), a izliven u blokove čelični liv (Stahlguss). Gvožđe sa preko 2% ugljenika primenjuje se samo u livenom stanju i zove liveno gvožđe.

**Standardi za čelik i liveno gvožđe.** DIN 1600 do 1609: Opšte (1602 do 1605: Ispitivanje materijala). DIN 1610 do 1619: Opšti građevinski čelik. DIN 1620 do 1629: Limovi, cevi i sl. DIN 1630 do 1639: Materijali za železnički gornji stroj. DIN 1640 do 1649: Materijali za vozila. DIN 1650 do 1659: Različito. DIN 1660 do 1669: Specijalni čelici. DIN 1670 do 1679: Alatni čelici. DIN 1680 do 1689: Čelični liv. DIN 1690 do 1699: Liveno gvožđe, temper liv, sirovo gvožđe; upor. i 6. od., XX, A. Gvožđe i čelik.

**Tablica 1. Koeficijenti elastičnosti i čvrstoće za čelik i liveno gvožđe**

| Materijal | Stanje | $E$[1] kg/mm² | $G$ kg/mm² | $\sigma_F$[3] kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_{dF}$ (=) $\sigma_{dB}$ kg/mm² | $\sigma_{bW}$ kg/mm² | $\tau_{tW}$ kg/mm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Topljeni čelik St 37.11 | normalizovan | 20000—21500 | 8000—8500 | 26 | 37—45 | 26 | 18—22 | 11—14 |
| Topljeni čelik St, 50.11 | normalizovan | 20000—21500 | 8000—8500 | 27 | 50—60 | 27 | 23—28 | 12—17 |
| Građevinski čelik St 52 | normalizovan | 20000—21500 | 8000—8500 | 34 | 52—64 | 34 | 30—32 | 18—20 |
| Oplemenjen čelik nelegiran St C 45. 61 | opleme. | 20000—21500 | 8000—8500 | 39—47 | 65—75 | 39—47 | 30—34 | 17—21 |
| legiran VCN 35 | njen | 20000—21500 | 8000—8500 | 66—78 | 90—105 | 66—78 | 40—47 | 22—27 |
| Čelik za opruge Mn-Si | kaljen | 20000—21500 | 8000—8500 | 65—115 | 90—135 | 65—115 | 42—62 | 25—36 |
| Čelični liv, nelegiran | žaren | 20000—21500 | 8000—8500 | 22 | 45 | 22 | 20 | 12 |
| Liveno gvožđe Ge 12 | neobrađeno | 7500—4000[2] | 3200—2200[2] | — | 12 | (60) | 6 | 4,5 |
| „ „ kvalitetno | neobrađeno | 13000—11000[2] | 5200—4500[2] | — | 26 | (90) | 12 | 10 |
| Temper liv | temperovan | 17000 | 6800 | 19—21 | 35—38 | 19—21 | 13—15 | 8,5—10 |

[1]) $E$ gotovo ne zavisni od toplotne obrade i obrade deformisanjem u hladnom stanju. Na višim temperaturama modul $E$ opada u odnosu na vrednosti koju ima na 20° ($E_{20}$):

| Temperatura [°] | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|---|---|---|---|---|---|
| $E/E_{20}$ | 0,98 | 0,95 | 0,91 | 0,85 | 0,70. |

[2]) $E$ opada sa porastom napona zatezanja. Pri pritisku važe samo gornje granične vrednosti.

[3]) Kad granica razvlačenja (prirodna) nije izražena, onda se smatra da napon pri kome trajna deformacija iznosi 0,2% prvobitne merne dužine zamenjuje napon na granici razvlačenja.

**Jačina pri smicanju** $\tau_B = \mu_1 \sigma_B$. Za liveno gvožđe je $\mu = 1{,}02$ do 1,17, prosečno 1,10. Za topljeni čelik $\mu = 0{,}84$ do 0,87*).

*) Ogledima zatezanjem i torzijom koje je 1929 g. izvršilo Fried. Krupp AG. potvrđeni su ovi podaci za konstruktivne čelike.

**Tablica 2. Koeficijenti čvrstoće za liveno gvožđe, čelični liv, temper liv na sobnoj temperaturi**

| Materijal | Obrada | $\sigma_F$ kg/mm² najmanje | $\sigma_B$ kg/mm² najmanje | $\sigma_{bW}$[2]) kg/mm² | $\tau_{tW}$[2]) kg/mm² | $\delta_{10}$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sivi liv . . . GE 12.91 | neobrađen | — | 12 (26)[1]) | 6 | 4,5 | — |
| Sivi liv . . . GE 18.91 | neobrađen | — | 18 (34)[1]) | 8,5 | 7,5 | — |
| Perlit liv . . GE 26.91 | neobrađen | — | 26 (46)[1]) | 12 | 10 | — |
| Čelični liv . Stg 38.81 | žaren | 18 | 38 | 18 | 11 | 20—27 |
| Čelični liv . Stg 45.81 | žaren | 22 | 45 | 20 | 12 | 10—25 |
| Čelični liv . Stg 52.81 | žaren | 23 | 52 | 22 | 12,5 | 12—22 |
| Čelični liv . Stg 60.81 | žaren | 28 | 60 | 23,5 | 13 | 8—20 |
| Beli temper liv Te 32.92 | temperov. | 18 | 32 | 13 | 8,5 | 2 |
| Beli temper liv Te 38.92 | temperov. | 21 | 38 | 15 | 10 | 4 |
| Crni temper liv Te 35.92 | temperov. | 19 | 35 | 13 | 8,5 | 9 |

[1]) [2]) Tekst napomena vidi str. 922 ispred tablice 3.

Liveno gvožđe kao i čelični liv, »specijalnih kvaliteta« ima još više koeficijente čvrstoće. — O sastavu, svojstvima, primeni upor. odelj. Poznavanje materijala, str. 1009 i dalje., dalje Stoffhütte, 2 izd., str. 226, i dalje.

[1]) Vrednosti u zagradi odnose se na jačinu pri savijanju.

[2]) Određeno na probnim štapovima 7,5 do 15 mm prečnika. O uticaju korozije v. str. 938.

**Tablica 3. Čvrstoća livenog gvožđa, čeličnog liva i temper liva na višim temperaturama u kg/mm²**

| Materijal | Obrada | 20° | | 300° | | 400° | | 500° | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ |
| Sivi liv . . . . Ge 12.91 | neobrađen | — | 12 | — | 9 | — | 10 | — | 6 |
| „ „ . . . . Ge 18.91 | „ | — | 18 | — | 19 | — | 20 | — | 15 |
| Perlit liv . . . . Ge 26.91 | „ | — | 26 | — | 24 | — | 24 | — | 19 |
| Čelični liv . . . Stg 38.81 | žaren | 18 | 38 | 15 | 40 | 13 | 32 | 11 | 21 |
| „ „ . . . Stg 45.81 | „ | 22 | 45 | 18 | 46 | 16 | 38 | 13 | 25 |
| „ „ . . . Stg 52.81 | „ | 25 | 52 | 20 | 54 | 18 | 43 | 15 | 28 |
| „ „ . . . Stg 60.81 | „ | 28 | 60 | 22 | 63 | 20 | 50 | 17 | 33 |
| Mo-čelič. liv otporan na toplotu | — | 31 | 52 | 28 | 55 | 25 | 52 | 21 | 40 |
| Temper liv . . . Te 32.92 | temperovan | 18 | 32 | 11 | 32 | 11 | 33 | 8 | 23 |
| „ „ . . . Te 38.92 | „ | 21 | 38 | 13 | 38 | 13 | 40 | 8 | 29 |
| Crni temper liv . . Te 35.92 | „ | 19 | 35 | 12 | 35 | 12 | 36 | 9 | 26 |

Dalji podaci, specijalno o sastavu i primeni, upor. Stoffhütte, 2 izd. str. 336 do 338.

**Tablica 4. Koeficijenti čvrstoće mašinskih čelika na sobnoj temperaturi**

| Materijal | Obrada | $\sigma_F$ kg/mm² > | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_{bW}$ kg/mm² | $\tau_{tW}$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % > |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Trgovački kvalitet . . . St 00.11 | valjan | — | — | — | — | — |
| „ „ . . . St 37.11 | „ | 26 | 37–45 | 18–22 | 11–14 | 25 |
| Čelik za mašine . . . St 34.11 | žaren | 19 | 34–42 | 16–20 | 10–13 | 25 |
| „ „ „ . . . St 42.11 | „ | 23 | 42–50 | 20–24 | 11–14 | 20 |
| „ „ „ . . . St 50.11 | „ | 27 | 50–60 | 23–28 | 12–17 | 18 |
| „ „ „ . . . St 60.11 | „ | 30 | 60–70 | 28–33 | 16–20 | 14 |
| „ „ „ . . . St 70.11 | „ | 35 | 70–85 | 33–40 | 24–30 | 10 |
| Građ. čelik vis. otpornosti St 52 | valjan | 34 | 52–64 | 30–32 | 18–20 | 16 |

Odnosni koeficijenti čvrstoće važe i za čelike u DIN 1612 i 1613. — Svojstva materijala v. odelj. Poznavanje materijala str. 1016. Sastav, toplotna obrada, primena upor. Stoffhütte, 2 izd., str. 319.

Granica razvlačenja, jačina pri zatezanju i jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju se povećava na niže temperaturama, međutim, deformabilnost i žilavost opada; upor. A. Krisch, ZVDI 83 (1939), str. 893.

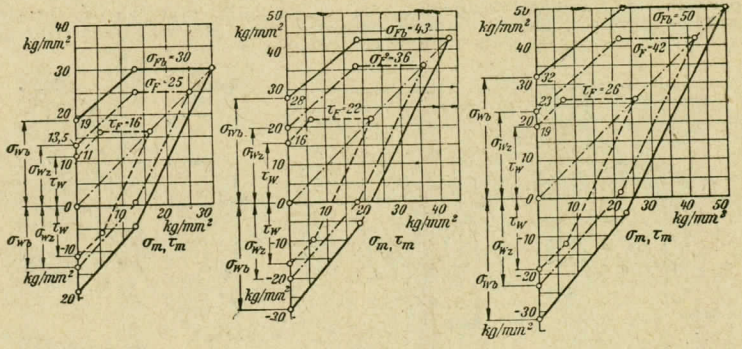
**Tablica 5. Čvrstoća neoplemenjenih mašinskih čelika na višim temperaturama u kg/mm²**

| Materijal | 20° | | 200° | | 300° | | 400° | | | 500° | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_D$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_D$ |
| **St 34.11** | 19 | 34 | 16 | 34 | 12 | 33 | 11 | 28 | 8 | 8 | 17 | 4 |
| **St 42.11** | 23 | 42 | 19 | 42 | 15 | 40 | 13 | 31 | 9 | 10 | 20 | 4 |
| **St 50.11** | 27 | 50 | 23 | 50 | 17 | 49 | 15 | 38 | 10 | 11 | 26 | 5 |
| **St 60.11** | 30 | 60 | 25 | 60 | 20 | 60 | 17 | 44 | 12 | 14 | 30 | 5 |
| **St 70.11** | 35 | 70 | 30 | 70 | 23,5 | 70 | 20 | 51 | 14 | 16,5 | 35 | 5 |

Dalji podaci, specijalno o sastavu i primeni, upor. Stoffhütte, 2 izd., str. 336 do 338.

**Tablica 6. Dijagrami za dinamičku čvrstoću nelegiranih mašinskih čelika na sobnoj temperaturi[1])**

određeni na probnim štapovima 7,5 do 15 mm prečnika. O uticaju veličine prečnika kao i o uticaju korozije upor. Stoffhütte, str. 769, tumačenje dijagrama za dinamičku čvrstoću v. str. 911.




| St 42.11 | St 60.11 | St 70.11 |
|---|---|---|
| Prosečni statički koeficijenti čvrstoće | Prosečni statički koeficijenti čvrstoće | Prosečni statički koeficijenti čvrstoće |
| $\sigma_B = 45$ kg/mm²; $\sigma_F = 25$ kg/mm²; $\delta_{10} = 20\%$ | $\sigma_B = 65$ kg/mm²; $\sigma_F = 36$ kg/mm²; $\delta_{10} = 14\%$ | $\sigma_B = 75$ kg/mm²; $\sigma_F = 42$ kg/mm²; $\delta_{10} = 10\%$ |

[1]) Izradio stručni Odbor za mašinske elemente pri VDI.

**Tablica 7. Koeficijenti čvrstoće za oplemenjene čelike na sobnoj temperaturi**

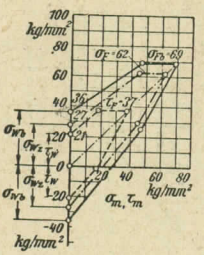
| Materijal | Obrada | $\sigma_F$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_{bW}$[1]) kg/mm² | $\tau_{tW}$[1]) kg/mm² | $\delta_{10}$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| St C 25.61 | oplemenjen | 28–35 | 47–55 | 22–27 | 12–17 | 23–19 |
| St C 35.61 | „ | 33–40 | 55–65 | 26–31 | 15–19 | 20–17 |
| St C 45.61 | „ | 39–47 | 65–75 | 30–34 | 17–21 | 18–14 |
| St C 60.61 | „ | 45–55 | 75–90 | 34–41 | 19–26 | 15–10 |
| VCN 15.62 | oplemenjen m | 42–53 | 65–75 | 32–37 | 18–21 | 16–13 |
| | „ t | 52–60 | 75–85 | 36–40 | 20–23 | 15–12 |
| VCN 25.62 | „ m | 49–60 | 70–85 | 34–40 | 19–23 | 14–10 |
| | „ t | 56–66 | 80–95 | 38–44 | 21–25 | 12–8 |
| VCN 35.62 | „ m | 56–68 | 75–90 | 36–42 | 20–24 | 14–10 |
| | „ t | 66–78 | 90–105 | 40–47 | 22–27 | 12–8 |
| VCN 45.62 | „ m kaljen na vazduhu | 75–92 | 100–115 | 45–52 | 25–30 | 10–6 |
| | | do 130 | do 160 | do 70 | do 70 | |
| VCMo 125.63 | oplemenjen | 43–53 | 65–80 | 32–39 | 18–23 | 16–12 |
| VC 135.63 | „ | 49–60 | 75–90 | 36–44 | 20–25 | 12–8 |
| VCMo 135.63 | „ | 56–72 | 80–100 | 38–50 | 21–39 | 12–8 |
| VCMo 140.63 | „ | 70–89 | 95–110 | 46–54 | 26–31 | 10–6 |
| VCMo 240.63 | „ | 86–105 | 110–130 | 54–62 | 31–37 | 9–5 |

[1]) Određeno je probnim štapovima 7,5 do 15 mm prečnika.

Sastav, svojstva toplotna obrada i primena upor. odelj. Poznavanje materijala str. 1011 i dalje, kao i Stoffhütte 2 izd. str. 324 do 332. — Za specijalne svrhe se koeficijenti čvrstoće mogu povećati odgovarajućom toplotnom obradom.

**Tablica 8. Dijagrami za dinamičku čvrstoću oplemenjenih čelika na sobnoj temperaturi[1])**

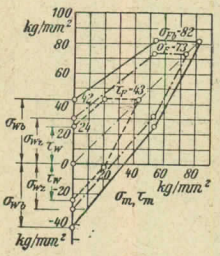
određeni na probnim štapovima 75, do 15 mm prečnika. O uticaju veličine prečnika kao i o uticaju korozije upor. str. 938, tumačenje dijagrama za dinamičku čvrstoću v. str. 911.




VCN 35 mek

Prosečni statički koeficijenti čvrstoće

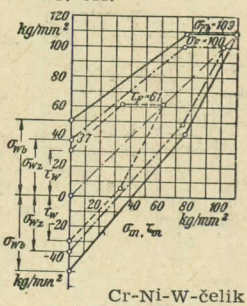
$\sigma_B = 83$ kg/mm²;
$\sigma_F = 62$ kg/mm²;
$\delta_{10} = 14$ do 10%




VCN 35 tvrd

Prosečni statički koeficijenti čvrstoće

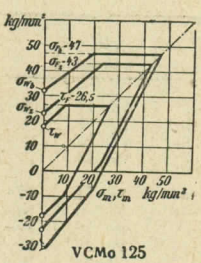
$\sigma_B = 98$ kg/mm²;
$\sigma_F = 73$ kg/mm²;
$\delta_{10} = 12$ do 8%.




Cr-Ni-W-čelik za kolenasta vratila

Prosečni statički koeficijenti čvrstoće

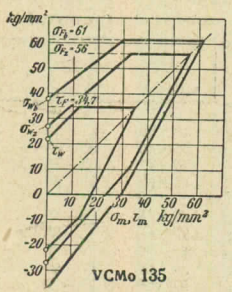
$\sigma_B = 120$ kg/mm²;
$\sigma_F = 100$ kg/mm²;
$\delta_{10} = 10\%$.




VCMo 125

Prosečni statički koeficijenti čvrstoće

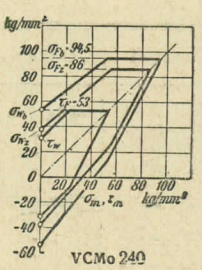
$\sigma_B = 65$ kg/mm²;
$\sigma_F = 43$ kg/mm²;
$\delta_{10} = 16\%$




VCMo 135

Prosečni statički koeficijenti čvrstoće

$\sigma_B = 80$ kg/mm²;
$\sigma_F = 56$ kg/mm²;
$\delta_{10} = 12\%$




VCMo 240

Prosečni statički koeficijenti čvrstoće

$\sigma_B = 110$ kg/mm²;
$\sigma_F = 86$ kg/mm²;
$\delta_{10} = 9\%$

[1]) Dijagrami za dinamičku čvrstoću za VCN 35 u Cr-Ni-W-čelik izradio je stručni Odbor za mašinske elemente pri VDI.

**Tablica 9. Koeficijenti čvrstoće nitriranih čelika na sobnoj temperaturi**

| Materijal | Obrada | $\sigma_F$ [1] kg/mm² | $\sigma_B$ [1] kg/mm² | $\sigma_{bW}$ kg/mm² ~ | $\delta_{10}$ % |
|---|---|---|---|---|---|
| St C 10.61 | kaljen | 30 | 45–60 | 25 | 25–20 |
| St C 16 61 | „ | 33 | 50–65 | 27 | 23–18 |
| EN 15.62 | „ | 39–56 | 60–80 | – | 15–8 |
| ECN 25.62 | „ | 56–75 | 80–100 | 35 | 14–10 |
| ECN 35.62 | „ | 67–90 | 90–120 | 43 | 12–6 |
| ECN 45 62 | „ | 90–105 | 120–140 | 50 | 10–5 |
| EC 30.63 | „ | 36–48 | 55–70 | – | 15–10 |
| EC 60 63 | „ | 48–63 | 70–90 | – | 14–9 |
| EC Mo 80.63 | „ | 63–80 | 90–110 | – | 12–8 |
| EC Mo 100.63 | „ | 80–100 | 110–135 | – | 9–5 |
| Nitr. čelik FP 15 | oplemen. i nitriran | 45 | 65–80 | 42 | 18–14 |
| „ FPK 13 | „ | 60 | 80–100 | 46 | 14–10 |
| „ FPE 23 | „ | 65–80 | 85–115 | 55 | 16–8 |
| „ N 42 | „ | 60–70 | 80–120 | 55 | 16–9 |
| „ N 54 | „ | 75–90 | 90–135 | 61 | 14–7 |

[1]) Važi za jezgro.

Sastav, svojstva, toplotna obrada i primena upor. odelj. Poznavanje materijala, str. 1011 i dalje, i Stoffhütte, 2 izd., str. 320 do 323 i str. 213.

**Tablica 10. Koeficijenti čvrstoće oplemenjenih čelika za opruge na sobnoj temperaturi**

| Tip legure | Sastav % | $\sigma_F$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_{bW}$ kg/mm² | $\tau_{tW}$ kg/mm² | $\sigma_{zW}$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mn- čelik za opruge | 2 Mn | 95–120 | 120–145 | 50–58 | 28–32 | 34–39 | 10–6 |
| Si- „ | 2 Si | 105–135 | 120–150 | 55–66 | 30–36 | 38–45 | 10–5 |
| Si-Mn- „ | 1 Si 1 Mn | 65–115 | 90–135 | 42–62 | 25–36 | 28–44 | 12–4 |
| Cr-Si- „ | 1 Cr 1 Si | 105–145 | 120–160 | 54–68 | 30–39 | 36–46 | 10–6 |
| Cr-Mn- „ | 1 Cr 1 Mn | 105–135 | 120–150 | 54–66 | 30–38 | 36–45 | 10–6 |
| Cr-V- „ | 1 Cr 0,1 V | 110–135 | 135–155 | 52–61 | 29–35 | 34–42 | 9–5 |
| Cn-Si-Ni- „ | 1,4 Cr 0,2 Si | | 150–165 | | | | |

Tačniji podaci o sastavu, kao i o svojstvima, toplotnoj obradi i primeni upor. odelj. Poznavanje materijala, str. 1011 i dalje, i Stoffhütte, 2 izd., str. 331 i 333.

Gotovi se gibnjevi mogu pri ispitivanju napregnuti do $\sigma'_{dozv} = 120$ do 130 kg/cm². Međutim, brojna vrednost normalnog napona koji se usvaja u proračunu treba da bude manja. Modul elastičnosti i modul klizanja v. tabl. 1.

**Tablica 11. Čvrstoća čelika za kotlovske limove i bubnjeve na višim temperaturama u kg/mm²**

| Materijal | | 20° | | | 300° | | 400° | | | 500° | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\delta_{10}$ % | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_D$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_D$ |
| nelegiran | St 35 | 21 | 35–44 | 24–19 | 13 | 35 | 10,0 | 28,5 | 9,0 | 7,0 | 17,5 | 2,5 |
| | St 41 | 23 | 41–50 | 22–18 | 15 | 41 | 12 | 32,5 | 9,5 | 8,5 | 20,5 | 3,0 |
| | St 44 | 24 | 44–53 | 19–15 | 16 | 44 | 12,5 | 35 | 9,5 | 9,0 | 22,5 | 3,0 |
| | St 47 | 25 | 47–56 | 17–15 | 17 | 46 | 13,0 | 37,5 | 10,0 | 9,5 | 24,0 | 3,5 |
| | St 53 | 28 | 53–62 | 15–13 | 19 | 52,5 | 15 | 41 | 11 | 10,5 | 26 | 4,0 |
| | St 60 | 31 | 60–70 | 14–11 | 21 | 59,5 | 17 | 47 | 12 | 12 | 28 | 4,5 |
| Cr Mo „SK 11“ | | 26 | 44–53 | 19–15 | 19 | 42 | 17 | 40 | 16 | 13 | 32 | 10 |
| Cr Mo „SK 12“ | | 30 | 47–56 | 17–15 | 22 | 45 | 20 | 41 | 19 | 17 | 35 | 15 |
| Cr Mo „SK 12 h“ | | 34 | 53–62 | 15–13 | 25 | 51 | 22 | 46 | 21 | 19 | 39 | 15 |
| Cr Mo „SK 12 E“ | | 36 | 60–70 | 11 | 26 | 58 | 24 | 52 | 22 | 20 | 44 | 15 |
| Cr Mo „SK 12 V“ | | 40 | 60–70 | 11 | 33 | 56 | 28 | 52 | 26 | 24 | 44 | 20 |
| Cr Ni Mo BCD 54 | | 40 | 60–70 | 11 | 33 | 56 | 28 | 52 | 26 | 24 | 44 | 18 |

Sastav, svojstva i primena upor. odelj. Poznavanje materijala, str. 1011 i dalje, i Stoffhütte, 2 izd., str. 335 do 339.

**Tablica 12. Čvrstoća čelika za cevi na višim temperaturama u kg/mm²** (upor. DIN E 1625)

| Materijal | Obrada | 20° | | | 300° | | 400° | | | 500° | | | 550° | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\delta_{10}$ % | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_D$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_D$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\sigma_D$ |
| St. 35.29 | Izvučen | 23 | 35–45 | 20 | 15 | 32 | 11 | 24 | 9 | 7 | 16 | 3 | 6 | 12 | 1,5 |
| St. 45.29 | „ | 26 | 45–55 | 17 | 17 | 42 | 13 | 32 | 10 | 9 | 20 | 3 | 7 | 15 | 2 |
| St. 55.29 | „ | 30 | 55–65 | 14 | 19 | 52 | 15 | 42 | 11 | 11 | 28 | 3 | 8 | 20 | 2 |
| Mo-čelik mek | „ | 26 | 38–45 | 20 | 21 | 35 | 17 | 31 | 14 | 13 | 25 | 9 | 11 | 22 | 4 |
| Mo-čelik tvrd | „ | 29 | 45–55 | 18 | 24 | 42 | 19 | 38 | 17 | 15 | 32 | 12 | 13 | 27 | 5 |
| Cr-Mo- čelik | „ | 30 | 45–55 | 20 | 26 | 42 | 22 | 38 | 21 | 18 | 32 | 16 | 15 | 27 | 7 |
| Cu-Ni- „ | „ | 32 | 45–55 | 18 | 24 | 42 | 20 | 34 | 17 | 15 | 27 | 7 | 12 | 22 | 3 |
| Cr-Al- „ | „ | 30 | 50–60 | 15 | 25 | 45 | 21 | 37 | 21 | 18 | 33 | 14 | 16 | 28 | 7 |
| Cr-Si-Mo-čelik | „ | 34 | 50–60 | 20 | 26 | 45 | 22 | 38 | 21 | 18 | 35 | 16 | 15 | 27 | 9 |

Sastav, svojstva i primene upor. odelj. Poznavanje materijala, str. 1011 i dalje, i Stoffhütte, 2 izd. str. 299 i str. 335 i 339.

**Tablica 13. Čvrstoća specijalnih čelika za ventile motora sa unutrašnjim sagorevanjem u kg/mm²**

| Materijal | Obrada | 20° | | $\delta_{10}$ % | 400° | 500° | 600° | 700° | 800° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\sigma_F$ | $\sigma_B$ | | $\sigma_B$ | $\sigma_B$ | $\sigma_B$ | $\sigma_B$ | $\sigma_B$ |
| Cr-Ni-W-čelik | osl. napona | 50 | 90 | 15 | 68 | 65 | 56 | 40 | 24 |
| Cr-čelik | oplemenj. | 60 | 85 | 9 | 72 | 60 | 40 | 18 | 12 |
| Cr-Si-čelik | „ | 75 | 100 | 10 | 80 | 58 | 35 | 16 | 8 |
| Si-Cr-čelik | „ | 80 | 105 | 9 | 80 | 58 | 34 | 15 | 6 |

Sastav, svojstva, toplotna obrada i primena upor. odelj. Poznavanje materijala str. 1011 i dalje, i Stoffhütte, 2 izd., str. 356.

## b) Bakar i legure bakra

**Tablica 14. Koeficijenti elastičnosti i čvrstoće bakra i legura bakra**

| Materijal | DIN | Stanje | $E$ kg/mm² | Stat. čvrstoća $\sigma_{02}$ kg/mm² | Stat. čvrstoća $\sigma_B$ kg/mm² | Dinam. čvrstoća $\sigma_{bW}$ kg/mm² | Dinam. čvrstoća $\tau_{tW}$ kg/mm² | $\delta$[1]) % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bakar, čist . . . | — | liven | — | — | 15–20 | 5 | 3 | 15–4 |
| | 1708 | presovan | 11 500 | 7–20 | 15–30 | 7–11 | 4–6 | 50–5 |
| | | tvrdo izvuč. | 12 500 | 30–40 | 35–45 | 12 | 5 | 5–1 |
| Mesing 63 . . . | 1709 | liven | 8 000 | 5 | 15 | 6,5 | 3,8 | 12–7 |
| | 1774 | žaren | — | 10 | 32–40 | 13 | 7,5 | 35–25 |
| | | hlad. valj. | — | 28 | 47–60 | 25 | 14 | 15–5 |
| Specijal. mesing | 1709 | liven | 10 000 | 10 | 30–60 | 7 | 4 | 45–10 |
| Crveni liv . . . | 1705 | liven | 9 000 | 3 | 15–20 | 3,5 | 2,5 | 25–6 |
| Kalajna bronza | 1705 | livena | 12 000 | 3 | 15–20 | 3,5 | 2,5 | 15–3 |
| Mangan bronza | — | livena | 9000–12 000 | 10 | 30–35 | 7 | 4 | 40–35 |
| Monelmetal . . | — | kovan | 6 600 | 17–21 | 44 | 10 | 6 | — |
| Alumin. bronza | 1714 | livena | — | 15 | 35–45 | 8 | 5 | 18–8 |
| Arsenova bronza | 1787 | livena | — | — | 23 | 5,3 | 3,8 | 38 |
| Olov.-kal. bronza | — | livena | — | 5 | 15–18 | 4 | 3 | 15–8 |
| Kvalitetna specijalna bronza . | — | kovana | 12 000 | 15 | 50–80 | 12 | 7 | 15–10 |

Dalji podaci o sastavu, svojstvima i primeni upor. odelj. Poznavanje materijala, str. 1039 i dalje, i Stoffhütte, 2 izd. str. 379 do 393.

[1]) Za bakar i mesing $\delta_{10}$, za crveni liv i bronzu $\delta_5$.

**Tablica 15. Mesing**

| Oznaka | DIN | Sastav % Cu | Zn | Ostalo | Stanje | Statička čvrstoća $\sigma_{0,2}$ kg/mm² | Statička čvrstoća $\sigma_B$ kg/mm² | Dinemička čvrstoća $\sigma_{bW}$ km/mm² | Dinemička čvrstoća $\tau_{tW}$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GMs 63 | 1709 | 63 | 34 | 3 Pb | liven | > 5 | > 15 | 6,5 | 3,8 | 7 |
| GMs 67 | 1709 | 67 | 30 | 3 Pb | liven | > 5,5 | > 18 | 7 | 4,0 | 20 |
| So-GMs A | 1709 | 54–62 | ostatak | Mn, Al, Fe, Sn isto | liven | > 10 | > 30 | 14 | 7,5 | 10 |
| So-GMs B | 1709 | 54–62 | ostatak | | liven | > 12 | 35–60 | 13–21 | 7,5–12 | 45–15 |
| Ms 58 | 1709 | 58 | 40 | 2 Pb | mek | > 12,5 | 42–48 | 17 | 9 | 25–10 |
| | 1776 | | | | tvrd | > 29 | 48–56 | 24 | 14 | 10–5 |
| Ms 63 | 1709 | 63 | ostatak | — | mek | > 10 | 32–40 | 13 | 7,5 | 35–25 |
| | 1774 | | | | tvrd | > 28 | 47–60 | 25 | 14 | 15–5 |
| Ms 72 | 1709 | 72 | ostatak | — | mek | > 8,5 | 28–35 | 11 | 6,0 | 40–30 |
| | | | | | tvrd | > 26 | 42–52 | 22 | 12,0 | 18–8 |
| Ms 90 | 1709 | 90 | ostatak | — | mek | > 7,5 | 25–32 | 10 | 5,5 | 40–25 |
| | | | | | tvrd | > 24 | 40–45 | 20 | 13,0 | 12–5 |

Dalji podaci o sastavu, svojstvima, obradi i primeni upor. odelj. Poznavanje materijala, str. 998 i 1049 i dalje, i Stoffhütte, 2 izd., str. 140 i 388 do 390.

**Tablica 16. Bronza i crveni liv**

| Grupa | Oznaka | DIN | Sastav % Cu | Sn | Ostalo | Stanje | Stat. čvrstoća $\sigma_{0,2}$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | $\delta_5$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kalajna (fosforna) bronz | G Bz 20 | 1705 | 80 | 20 | — | livena | 5 | 15 | — |
| | 14 | | 86 | 14 | — | „ | 6,5 | 20 | 3 |
| | 10 | | 90 | 10 | — | „ | 6 | 20 | 15 |
| | — | | | | | presov. | 8 | 25—100 | |
| Crveni liv | Rg 10 | 1705 | 86 | 10 | 4 Zn | „ | 6 | 20 | 10 |
| | 8 | | 82 | 8 | 7 Zn, 3 Pb | „ | 5 | 15 | 6 |
| | 4 | | 93 | 4 | 2 Zn, 1 Pb | „ | 6 | 20 | 25 |
| | — | | | | | centrif-liv | 8 | 25—30 | 17—13 |
| Olovno-kalajna bronza | Bl-Bz10 | 1716 | 86 | 10 | 4 Pb | „ | 5,5 | 18 | 15 |
| | 8 | 1705 | 80 | 8 | 12 Pb | „ | 5 | 15 | 8 |
| Aluminijum.-bronza za livenje | G Al Bz 9 | 1714 | 91 | | | livena | 10 | 35 | 12 |
| | G Al MBz A | | 76-94 | | Al 9-5 | „ | 12 | 40 | 20 |
| Aluminijum.-bronza (za preradu deformacijom) | Al Bz 4 | 1714 | 96 | | Al 4 | meka | 10 | 30—38 | 50 |
| | | | | | | tvrda | 28 | 42—56 | 8 |
| | Al Bz 9 | | 91 | | Al 9 | meka | 12 | 40—50 | 30 |
| | | | | | | tvrda | 38 | 56—70 | 5 |
| | Al MBz | | 72-94 | 13—5 | — | ojačana na toploti | 18 | 45—65 | 30—8 |
| | — | | | | | presov. | 35 | 60—70 | 11 |
| Kalaj. bronza | Nida-Bz h | | | | | tvrda | 40 | 57—65 | 22 |
| Arsen. bronza | — | 1787 | 99 | — | 0,5 A | meka | — | 23 | 38 |

Jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju savijanjem $\sigma_{bW}$ za bronzu i crveni liv je oko 0,23 $\sigma_B$, jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju torzijom $\tau_{tW}$ je oko 0,15 $\sigma_B$, Sastav, svojstva i primena upor. odelj. Poznavanje materijala, str. 998 i 1044 i dalje, i Stoffhütte, 2 izd., str. 140 i 391.

**Tablica 17. Čvrstoća bakra i legura bakra na višim temperaturama**

$\sigma_B$ u kg/mm²

| Materijal | Stanje | 20° | 100° | 200° | 300° | 400° | 500° | 600° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bakar, čist . . . . | meko žaren | 24 | 21 | 17 | 14 | 11 | 7 | — |
| | tvrdo izvučen | 41 | 37 | 32 | 14 | — | — | — |
| Mesing Ms 63 . . . | meko žaren | 35 | 32 | 27 | 18 | 9 | 4 | — |
| | hladno valjan | 50 | 44 | 36 | 27 | 19 | 9 | — |
| Aluminijum.-bronza | žarena | 55 | 55 | 54 | 46 | 29 | 13 | — |
| »Delta-Ti«-bronza . | toplo presovana | 78,5 | 81,6 | 76,5 | 63,6 | 37,2 | 21,3 | — |
| Crveni liv . . . . | liven | 20 | 20 | 19 | 11,5 | 5,1 | 3,6 | — |
| Monel metal . . . | valjan | 65 | — | — | 61 | 53 | 45 | 27 |
| Mangan. br. (5% Mn) | žarena | 35 | — | 35 | 33 | 26 | — | — |
| Mangan. br. (15% Mn) | „ | 47 | — | 48 | 45 | 30 | — | — |
| »Delta-HD«-bronza | toplo kovana | 44,6 | 43,2 | 45,5 | 41,2 | 35,5 | 20,4 | — |
| Ni-Cu za lopatice parnih turbina . . | | 43 | 43 | 40 | 40 | 37 | — | — |

## c) Laki metali

**Tablica 18. Koeficijenti elastičnosti i čvrstoće lakih metala**

Leg. = legura, m. = mek, ojč. = ojačan, hd. = hladno deformisan, pt. = polu tvrd, PL = peščani liv, KL = kokilni liv, hom. = homogeniziran

| Materijal | Stanje | $E$ kg/mm² | $G$ kg/mm² | $\sigma_{0,2}$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_{bW}$ kg/mm² | $\tau_{tW}$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Duraluminijum | m. | 6900 | 2700 | 7–12 | 16–22 | 7,5–10 | 4–6 | 25–15 |
| (Al.-leg. za preradu | ojč. | 7200 | 2800 | 22–33 | 34–52 | 13–21 | 7,5–12 | 24–8 |
| defor. Al-Cu-Mg) | ojč i hd | 7200 | 2800 | 28–36 | 42–58 | 16–23 | 9,5–13 | 15–5 |
| BS – za morsku vodu | m | 6900 | 2700 | 9–25 | 20–40 | 9–18 | 5–11 | 25–15 |
| (Al-leg. za preradu defor. Al-Mg) | pt. | 6900 | 2700 | 12–32 | 25–48 | 12–22 | 6,5–13 | 15–10 |
| Silumin (Al-leg. za | PL | 7600 | 3000 | 8,5–9 | 17–20 | 6–7 | 3–4 | 8–4 |
| livenje, G-Al-Si) | KL | 7600 | 3000 | 12–13 | 23–25 | 8–8,5 | 4,5–5 | 5–3 |
| Al-leg. za klipove | PL | 7300 | 2900 | 13–15 | 18–20 | 6,5–7 | 3,5–4 | 1–0,5 |
| (G-Al-Cu-Ni) | PL ojč. | 7300 | 2900 | 17–20 | 24–27 | 8–9,5 | 4,5–5,5 | 0,8–0,3 |
| | KL | 7300 | 2900 | 14–16 | 19–21 | 6,5–7,5 | 3,5–4 | 1–0,5 |
| | PL ojč. | 7300 | 2900 | 19–25 | 26–34 | 9–12 | 5,0–6,5 | 1–0,5 |
| Magnez. leg. ze pre- | bez toplotne | | | | | | | |
| radu defor. (Mg-Al) | obrade | 4300 | 1800 | 17–20 | 24–29 | 10–11 | 5–6,5 | 18–9 |
| | hom. | 4500 | 1800 | 22–25 | 32–38 | 12–13 | 7–8,5 | 12–6 |
| | ojč. | 4500 | 1800 | 24–30 | 36–43 | 13–14 | 8–9,5 | 6–2 |
| Magnez. leg. za | PL bez | | | | | | | |
| livenje (G-Mg-Al) | toplotne obrade | 4300 | 1800 | 10–12 | 16–20 | 7–8 | 3,5–4,5 | 6–3 |
| | PL hom. | 4400 | 1800 | 10–12 | 23–29 | 8–10 | 5–6,5 | 12–5 |
| | PL ojč. | 4400 | 1800 | 10–12 | 24–29 | 8–10 | 5–6,5 | 5–1 |

**Tablica 19. Aluminijumove legure za preradu deformacijom**

m. = meka, ojč. = ojačana, t = tvrda

| Oznaka | Stanje | $\sigma_{0,2}$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_{bW}$ kg/mm² | $\tau_{tW}$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Al-Cu-Mg | m. | 7–12 | 16–26 | 7,5–12 | 4–7 | 25–15 |
| | ojč. | 22–33 | 34–52 | 13–21 | 7,5–12 | 24–8 |
| Al-Cu-Ni | m. | 7–12 | 16–22 | 7,5–10 | 4–6 | 25–15 |
| | ojč. | 20–26 | 33–42 | 13–17 | 7,5–9,5 | 20–8 |
| Al-Cu | m. | 7–12 | 16–22 | 7,5–10 | 4–6 | 25–15 |
| | ojč. | 19–23 | 34–42 | 13–17 | 7,5–9,5 | 20–8 |
| Al-Mg Si | m. | 5–6,5 | 11–13 | 5–6,5 | 3–3,5 | 27–15 |
| | ojč. | 16–25 | 26–35 | 10,5–14 | 6–8 | 20–10 |
| Al-Mg | m. | 8–18 | 20–45 | 9–20 | 5–12 | 25–15 |
| | t. | 20–38 | 25–48 | 12–22 | 6,5–13 | 15–10 |
| Al-Mg-Mn | m. | 6–12 | 16–24 | 7,5–11 | 4–6,5 | 25–15 |
| | t. | 17–26 | 24–38 | 11–17 | 6,5–10 | 5–2 |
| Al-Si | m. | 6–8 | 12–15 | 5–6,5 | 3–4 | 25–15 |
| | t. | 15–20 | 18–25 | 7,5–10,5 | 4,5–7 | 5–2 |
| Al-Mn | m. | 4,5–7 | 10–15 | 4–6,5 | 3–4 | 35–20 |
| | t. | 15–20 | 18–25 | 7,5–10,5 | 4,5–6,5 | 5–2 |

Sastav, svojstva i ostali koeficijenti čvrstoće v. odelj. Poznavanje materijala, str. 1024 i dalje, i Stoffhütte, 2 izd. str. 362.

**Tablica 20. Aluminijumove legure za livenje**

KL = kokilni liv, PL = peščani liv, ojč. = ojačana, hom = homogenizirana

| Oznaka | Stanje | $\sigma_{0,2}$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_{bW}$ kg/mm² | $\tau_{tW}$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| G Al-Cu | PL | 6–11 | 12–18 | 4–6 | 2,5–3,5 | 4–0,5 |
| | KL | 8–13 | 12–20 | 4–6 | 2,5–4 | 3–0,5 |
| G Al-Zn-Cu | PL | 6,5–7,5 | 12–18 | 4–6 | 2,5–3,5 | 4–0,5 |
| | KL | 8–10 | 12–20 | 4–6 | 2,5–4 | 3–0,5 |
| G Al-Cu-Ni | PL ojč. | 18–23 | 24–27 | 8–9,5 | 4,5–5,5 | 0,8–0,3 |
| | KL ojč. | 20–25 | 26–34 | 9–12 | 5,0–6,5 | 1–0,5 |
| G-Al Si | PL | 8–10 | 17–22 | 6–7,5 | 3–4,5 | 8–4 |
| | KL | 10–12 | 18–26 | 6–9 | 3,5–5 | 5–3 |
| G Al-Si-Cu | PL | 9–11 | 17–22 | 6–7,5 | 3–4,5 | 5–2 |
| | KL | 10–13 | 18–22 | 6–7,5 | 3,5–4,5 | 3–2 |
| G Al-Si-Mg | PL ojč. | 18–25 | 25–29 | 8,5–10 | 5–6 | 4–1 |
| | KL ojč. | 20–28 | 26–32 | 9–11 | 5–6,5 | 1,5–0,7 |
| G Al-Mg | KL hom. | 11–15 | 20–26 | 7–9 | 4–5 | 8–4 |
| | PL hom. | 12–15 | 22–26 | 7,5–9 | 4–5 | 10–5 |
| G Al-Mg Si | PL ojč. | 10–18 | 17–28 | 6–9,5 | 3,5–5,5 | 4–1 |
| | KL ojč. | 15–25 | 20–30 | 7–10,5 | 4–6 | 4–1 |
| G Al-Mg-Mn | PL | 6–9 | 14–18 | 5–6 | 2,5–3,5 | 8–3 |
| | KL | 8–10 | 15–19 | 5–6,5 | 3–4 | 8–3 |

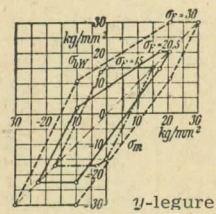
Sastav, svojstva i druge koeficijente čvrstoće v. odelj. Poznavanje materijala, str. 997 i dalje, i Stoffhütte 2. izd., str. 364.

**Tablica 21**

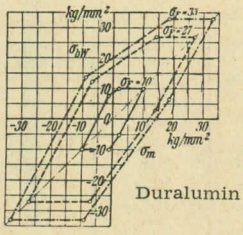
**Dijagram za jačinu aluminijumovih legura pri dinamičkom opterećenju**

(po M. Enssli n-u)

određeni na probnim štapovima 7,5 do 15 mm prečnika. O uticaju veličine prečnika, kao i o uticaju korozije v. str. 938. Tumačenje dijagrama v. str. 911.




γ-legure




Duralumin

—— livena, $\sigma_B$ = 25 kg/mm²,

— . — presovana presom za izvlačenje, neoplemenjena, $\sigma_B$ = 32 kg/mm²,

— — — presovana presom za izvlačenje oplemenjena, $\sigma_B$ = 41 kg/mm²

—— mek, $\sigma_B$ = 19 kg/mm²,

— — — ojačan, $\sigma_B$ = 44 kg/mm²,

— · — ojačan i u hladnom stanju deformisan $\sigma_B$ = 51 kg/mm²

**Tablica 22. Magnezijumove legure**

PL = peščani liv, ojč. = ojačana, vlj. = valjana

| Oznaka | Stanje | $E$ kg/mm² | $\sigma_{0,2}$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_{dB}$ kg/mm² | $\sigma_{bW}$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % | $H_B$ kg/mm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G Mg Al | PL | 4300 | 10–11 | 16–20 | 30 | 7–8 | 6–3 | 50–60 |
| G Mg - Al | ojč. | 4400 | 10–11 | 24–29 | 31 | 8–10 | 5–1 | 70–90 |
| Mg - Al - 3 Zn | PL | 4000 | 5,0–6,5 | 14–17 | 29 | 6–6,5 | 10–7 | 40–50 |
| Mg - Al - 4 Zn | „ | 4200 | 8–9 | 17–22 | 32 | 5,5–7,5 | 9–5 | 45–55 |
| Mg - Al - 6 Zn | „ | 4300 | 9–10,5 | 16–20 | 33 | 7–8 | 6–3 | 50–60 |
| Mg - Mn | „ | | 3 | 8–11 | 17 | | 5–2 | 35–40 |
| Mg - Si | „ | | 5–6,5 | 9–13 | 22 | | 4–1 | 40–45 |
| Mg - Al 3 | vlj. | 4300 | 18–20 | 24–29 | 34–36 | 10 | 18–8 | 55–60 |
| Mg - Al 6 | „ | 4500 | 20–22 | 27–33 | 35–38 | 13 | 16–10 | 60–65 |
| Mg - Al 9 | „ | 4500 | 23–28 | 28–37 | 37–40 | 12 | 12–6 | 70–80 |
| Mg - Al 9 | ojč. | 4600 | 26–30 | 36–43 | 40–45 | 13 | 6–2 | 85–95 |
| Mg - Zn | vlj. | 4300 | 16–18 | 24–28 | 34–36 | 9 | 18–14 | 50–60 |
| Mg - Mn | „ | 4200 | 14–17 | 18–24 | 30–32 | 7 | 8–1 | 40–50 |

Sastav, svojstva i druge koeficijente čvrstoće v. odelj. Poznavanje materijala, str. 998 i 1034 i dalje, i Stoffhütte, 2 izd. str. 373.

**Tablica 23. Čvrstoća nekih lakih metala na povišenim temperaturama**

leg. = legura, tvr.-izv. = tvrdo izvučen, kov. = kovan, ojč. = ojačan, KL = kokilni liv, hom. = homogeniziran.

| Vrsta | Stanje | $\sigma_B$ u kg/mm² na temperaturi u ° | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 20° | 50° | 100° | 200° | 300° | 400° |
| Aluminijum čist | tvr.-izv. | 14,5 | – | 14 | 13 | 10,5 | 8,4 |
| Al-Cu-Ni (Y-leg.) | kov. i ojč. | 42 | 40 | 38,5 | 36 | 28 | 13 |
| GAl-Cu-Ni (Y-leg.) | KL ojč. | 32 | 31 | 30 | 24 | 21 | 8 |
| | KL | 21 | 21 | 20 | 19 | 14 | 5 |
| G Al-Si-Mg (Silumin-gamma) | PL ojč. | 27 | 27 | 26 | 24 | 16 | – |
| | KL ojč. | 32 | 32 | 31 | 26 | 17 | – |
| G Al-Si (KS 280) | KL | 21 | 21 | 20 | 16 | 6 | – |
| Magnezijum.-leg. | hom. | 23 | 22 | 20 | 13,5 | 6 | – |

## d) Drugi metali

**Tablica 24. Čvrstoća drugih tehničkih metala**

KL = kokilni liv, PL = peščani liv, PrL = prskani liv, lv. = liven, pr. = presovan, vlj. = valjan

| Materijal | Stanje | $\sigma_B$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % | Materijal | Stanje | $\sigma_B$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Olovo, čisto | pr. | 1,1—1,9 | 70—50 | Cinkovalegura za livenje | PL | 22—24 | 1—0,5 |
| | | | | | KL | 22–25 | 1,5—1 |
| tvrdo olovo (DIN 1703) | pr. i lv. | 6—10 | 2—0 | | PrL | 27—35 | 7—4 |
| | | | | Cinkovalegura za obradu | pres. leg | 36—50 | 8—4 |
| PrL Sg Pb (DIN 1741) | pr. i lv. | 4,4—6,5 | 8—3 | | vlj. poduž. | 25—50 | 30—15 |
| | | | | | vlj. popr. | 30–55 | 30—10 |
| Metal za izradu štamp. slov | lv. | 6—10 | 2—0 | Kalajova leg. (DIN 1742) | PrL 78 | 11,5 | 2,5 |
| | | | | | PrL 70 | 10 | 1,1 |
| Cink, čist | pr. | 19—25 | 40—20 | | PrL 50 | 8 | 1,9 |

Dalje podatke o jačini kao i podatke o drugim metalima v. odelj. Poznavanje materijala i Stoffhütte, 2 izd.:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Antimon | Pozn. mat., | str. 1064; | Stoffh. | str. 404 i 405, |
| Berilijum | „ | „ str. 1037; | „ | str. 377, |
| Bizmut | „ | .. str. 1064; | „ | str. 405, |
| Cink | „ | .. str. 1056; | „ | str. 406, |
| Hrom | „ | .. str. 1076; | „ | str. 417, |
| Kalaj | „ | .. str. 1063; | „ | str. 400 i 402, |
| Kobalt | „ | „ str. 1071; | „ | str. 417, |
| Molibden | „ | „ str. 1077; | „ | str. 420, |
| Nikl | „ | „ str. 1067; | „ | str. 411, |
| Olovo | „ | .. str. 1060; | „ | str. 396 i 402, |
| Platina | „ | „ str. 1075; | „ | str. 433, |
| Srebro | „ | „ str. 1072; | „ | str. 428, |
| Zlato | „ | .. str. 1074; | „ | str. 430, |

v. i tablicu 2, str. 988.

## e) Nemetali

**Materijali od veštačke smole za presovanje.** Podatke o čvrstoći v. odelj. Poznavanje materijala str. 925 i dalje tablica 1 do 3.

**Tablica 25. Koeficijenti elastičnosti i čvrstoće gume**
(po Steinborn-u)

| Kvalitet | Tvrdoća[1]) | $E$ pritisak /zatezanje kg/cm² | $E$ pritisak kg/cm² | $G$ kg/cm² | $\sigma_B$[2]) kg/cm² | $\delta$[3]) % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 22 | 75 | 143 | 120 | 200 | 30 |
| B | 50 | 56 | 84 | 190 | 490 | 15 |
| C | 64 | 30 | 55 | 190 | 550 | 8 |
| D | 79 | 18 | 39 | 180 | 690 | 6 |
| E | 99 | 12 | 26 | 140 | 850 | 4,2 |

[1]) Prema DVM 3503. — [2]) Jačina pri zatezanju prema DVM 3504. — [3]) Dilatacija pri slomu prema DVM 3504.

Dalje podatke v. odelj. Poznavanje materijala, Gl. XVI, B. Guma, i Stoffhütte, 2 izd., str. 686 i dalje

**Tvrda guma** (ebonit): $\sigma_B = 550$ kg/cm², $\sigma_{dB} = 870$ kg/cm², $E = 2630$ kg/cm² (do $\sigma = 108$ kg/cm²).

**Koža. Jačina kaiševa pri kidanju** v. odelj. Poznavanje materijala, XVI, A. — Tablica 1.

**Jačina pri kidanju vlaknastih materijala** v. odelj. Poznavanje materijala, XV Tekstilni materijali — Tablica 1.

**Papir:** $\sigma_B = 40$ do 80 kg/cm², $\sigma_B \approx 1000$ kg/cm² za papirni materijal (u slepljenom stanju).

### f) Drvo

Podaci su dati u odelj. Poznavanje materijala, str. 1130.

### g) Mineralni građevinski materijali

Modul elastičnosti ovih materijala je različit pri zatezanju, pritisku i savijanju. Koeficijenti elastičnosti, koji su niže dati, odnose se na pritisak.

**Tablica 26. Koeficijenti elastičnosti i čvrstoće minerala**
(Prema ogledima E. Siebel-a i H. J. Krug-a)

| Materijal | Zatezanje | | | Pritisak | | | Savijanje | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $E$ kg/cm² · $10^3$ | $\delta_B$ kg/cm² | $\delta$ % · $10^{-3}$ | $E$ kg/cm² · $10^3$ | $\sigma_{dB}$ kg/cm² | $\delta$ % · $10^{-3}$ | $E$ kg/cm² · $10^3$ | $\sigma_{bB}$ kg/cm² | $\delta$ % · $10^{-3}$ |
| Bazalt . . . . | 870 | 196 | 22 | 870 | 3160 | 34 | 970 | 248 | 26 |
| Šareni pešćar | 15–50 | 14,5 | 91 | — | 260 | 330 | 9–65 | 25 | 280 |
| Solnhofer-kreč. mramor | 600 | 104 | 17 | 720 | 2290 | 32,5 | 680 | 180 | 26 |
| | 265–425 | 67 | 26 | 580 | 590 | 150 | 152–800 | 80 | 52 |
| Keramič. masa | 490–550 | 83–130 | 15–37 | — | — | — | 260–400 | 138–200 | 50–80 |
| Jensko staklo | 780 | 229 | 29 | 700 | 2780 | 390 | 810 | 351 | 43 |

**Tablica 27. Relativne jačine kamena i maltera**
Odnosi su dati prema jačini pri pritisku (= 1)

| Materijal | $\sigma_B/\sigma_{dB}$ | $\sigma_{bB}/\sigma_{dB}$ | $\tau_B/\sigma_{dB}$ | Materijal | $\sigma_B/\sigma_{dB}$ | $\sigma_{bB}/\sigma_{dB}$ | $\tau_B/\sigma_{dB}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Granit . . | 1/35,5 | 1/14,3 | 1/14,4 | Krečni malter . . | 1,5 | — | — |
| Porfir . . | 1/30 | 1/15,6 | 1/9,5 | Cementni malter . | 1/12–1/8 | 1/4 | 1/6 |
| Peščar . . | 1/34,3 | 1/12,9 | 1/10,6 | Beton . | 1/12–1/8 | 1/1,8–1/2 | 1/2 |
| Krečnjak | 1/16,9 | 1/12,1 | 1/8,4 | | | | |

Kako je kamen najčešće izložen pritisku, to je jačina pri pritisku $\sigma_{dB}$ najvažnija karakteristika otpornosti kamena. Napon $\sigma_{dB}$ pri kome se pritisnuto telo mrvi, u opštem slučaju, opada sa povećanjem dužine probnog ugleda. Zbog toga se $\sigma_{dB}$ obično odnosi na kocku ili cilindar sa $h = d$ (jačina kocke).

Jačina pri pritisku probnog ugleda veće visine zove se jačina prizme; za beton je po C. Bach-u jačina prizme približno jednaka 0,80 do 0,85 jačine kocke, kada je visina prizme 8 do 10 puta veća od dužine ivice osnove.

Modul elastičnosti kamena i maltera (za pritisak) zavisi jako od veličine napona. Na modul elastičnosti maltera pored vrste veziva i agregata utiče i količina vode, trajanje stvrdnjavanja i uslovi ležanja[1]). Niže date vrednosti su prosečne vrednosti modula elastičnosti za odnosnu veličinu napona.

[1]) Bliže v. O. Graf: Druck- und Zugelastizität des Betons, Mitt, Forschungsarb. VDI, sv. 227.

**Tablica 28. Modul elastičnosti i jačina prirodnog kamena**

| Kamen | $E$ †) kg/cm² | $\sigma_{dB}$ ††) kg/cm² | Jačina pri udaru †††) kgcm/cm³ |
|---|---|---|---|
| Granit | 400–600 | 700–2000–3000 | 100–200–380 |
| Kvarc porfir | 370–680 | 1100–2600–5800 | 230 |
| Bazalt | 520–1150 | 1100–2600–5750 | 50–400–450 |
| Bazaltna lava | 310–350 | 140–1650 | 50–140 |
| Dijabaz | 680–970 | 1500–2200–2850 | 120–380 |
| Peščar | 100–500 | 200–1000–3000 | 80–150–300 |
| Škriljac za pokr. kr. | 900–1000 *) | 500–1000 | – |
| Kreč | 600–820 | 50–1000–3500 | 50–300 |
| Mramor | 350–500 | 400–2800 | – |

†) Pri naponu pritiska između 20 i 600 kg/cm² × 1000.— ††) Prema DVM 2105. — †††) Prema DVM 2107.

*) Dobiveno ogledom savijanjem. U vlažnom stanju 10 do 20% manje. Dalje podatke v. Poznavanje materijala, str. 1088 i Stoffhütte, 2 izd., str. 437 i dalje.

**Tablica 29. Jačina veštačkog kamena pri pritisku $\sigma_{dB}$ [kg/cm²]**

| | $\sigma_{dB}$ kg/cm² | | $\sigma_{dB}$ kg/cm² | | $\sigma_{dB}$ kg/cm² |
|---|---|---|---|---|---|
| Krečni peščar[1]) | 150 | Plovućac od zgure visoke peći | 15—30 | Porozni puni kamen | 150 |
| Krečno peščani klinker | 200 | Gips (štukatur) | 15—150 | Pečene ploče za pokrivanje krovova (12,5×20×6 cm³). težine 3,5 do 4 kg | 150—300 |
| Veštački peščar[2]) | 150—450 | Gips (podni) | 80—250 | Kamen od plute[4]) | 17 |
| Kamen od zgure | 20—100[3]) | Zgura iz visokih peći u kom. | 1000—2500 | Prodorit[5]) | 500 |
| Plovućac | 12—20 | Klein-ov kamen za tavanice | 100—550 | | |
| Kamen od zgure visoke peći | 50—200 | | | | |

[1]) Burchartz: Die Prüfung der Kalksandsteine. Berlin 1908, Springer.

[2]) $\sigma_B = 47$ kg/cm²

[3]) U zavisnosti od veziva (kreč ili cement).

[4]) Firme Grünzweig & Hartmann GmbH u Ludwigshafen-u na Rajni.

[5]) Prema Roš-u, Schweiz. Bauztg. 93 (1929), Nr. 18. (Spec. tež. 2,26 do 2,36 [kg/dm³]) $\sigma_{dB} = 80$, napon prijanjanja armature 65. $E_d = 330\,000$ (za $\sigma < 150$), $n = 6$ do 10 prema vrsti prodorita.

Blokovi od lakog betona za zidanje v. tablicu 1, str. 1089. Opeke v. tablicu 3 str. 1092. Crep v. tablicu 4, str. 1094.

**Tablica 30. Jačina i modul elastičnosti obične opeke za zidanje i klinkera**

| | $\sigma_{dB}$ | $\sigma_B$ | Pri veličini napona | $E$ | Pri veličini napona | $E$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Obična opeka za zidanje | 322 | 45 | 6,9 do 17,3 | 119 600 | 6,9 do 48,4 | 111 100 |
| 2. Klinker | 437 | 70 | 6,8 do 27,3 | 170 800 | 6,9 do 88,8 | 143 800 |

**Tablica 31. Jačina maltera i betona**

| Vrsta maltera | Ležanje dana*) | $\sigma_{dB}$ **) kg/cm² | $\sigma_B$ **) kg/cm² |
|---|---|---|---|
| Cementni malter 1:3 (DIN 1164) | | | |
| a) od normalnog cementa . | 1 vv + 6 v | 180–350 | 18–30 |
| | 1 vv + 6 v + 21 sv | 350–600 | 30–50 |
| | 1 vv + 27 v | 270–500 | 25–40 |
| b) od visokovrednog cementa | 1 vv + 2 v | 250 - 400 | 25–40 |
| | 1 vv + 6 v + 21 sv | 500 - 700 | 40–60 |
| | 1 vv + 27 v | 400 - 600 | 30–50 |
| Krečni malter 1:3 (DIN 1060) | | | |
| a) od običnog kreča . . . . | 28 vv | 15 | 3 |
| b) od hidrauličnog kreča . . | 28 vv | 40 | 5 |
| c) od visokohidrauličnog kreča | 28 vv | 80 | 9 |
| Trasni malter (1 + 1 + 1) . . . | 3 vv + 25 v | 70—150 | 14—25 |
| Nabijen beton (1 : 10 do 1 : 3) . | 2 vv + 4 v | 60—300 | — |
| Plastičan beton (za armir. beton) | 3 vv + 25 v | 90—350 | — |
| Liveni beton . . . . . | | 30 % manje od nabijenog betona | |
| | | 50 % manje od nabijenog betona | |

*) v = u vodi; vv = u vlažnom vazduhu; sv = u sobnom vazduhu.
**) Donje granične vrednosti daju jačinu maltera koja se zahteva standardima.

**Beton.** 1. Ako je napon $\sigma = 1/6$ jačine kocke ili $= 1/5$ jačine prizme onda je po O. Graf-u prosečno:

za $\sigma_{dB} = 100$ 200 300 400 500 600 kg/cm²

$E = 205$ 300 360 410 440 $463 \times 10^3$ kg/cm².

2. U tablici 32 znači

a) visokovredni nabijeni beton (1 deo cementa, 1,5 rajnskog peska, 2 porfirnog tucanika), koji je čuvan na vlazi 4 nedelje, jačina kocke $\sigma_{dB} = 480$, $\sigma_B = 17{,}9$;

b) beton spravljen sa dosta vode (1 deo cementa, 2 rajnskog peska, 3 rajnskog šljunka), negovan na vlazi 45 dana, jačina kocke $\sigma_{dB} = 233$, $\sigma_B = 17{,}9$;

c) kao prethodni (1 deo cementa, 3 rajnskog peska, 4 rajnskog šljunka), jačina kocke $\sigma_{dB} = 117$, $\sigma_B = 14{,}2$[1]).

**Tablica 32. Modul elastičnosti betona**

| Zatezanje | | | | | Pritisak | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $E$ kg/cm² | $\sigma$ | $E$ kg/cm² | | $\sigma$ | $E$ kg/cm² | $\sigma$ | $E$ kg/cm² | |
| kg/cm² | Beton a) | kg/cm² | Beton b) | Beton c) | kg/cm² | Beton a) | kg/cm² | Beton b) | Beton c) |
| 25,0 | 273 300 | | | | 12,3 | 353 100 | 12,2 | 285 200 | 240 000 |
| 17,5 | 292 700 | 11,2 | 235 600 | | 24,6 | 340 900 | 24,4 | 279 200 | 232 800 |
| 10,0 | 307 200 | 6,2 | 257 500 | 203 800 | 49,2 | 324 400 | 26,7 | 268 700 | 221 000 |
| 2,5 | 337 500 | 1,2 | 279 000 | 239 100 | 73,9 | 309 400 | 48,9 | 257 100 | 204 600 |
| | | | | | 98,6 | 298 500 | | | |

[1]) O. Graf: Druck- und Zugelastizität des Betons, Mitt. Forschungsarb. VDI, sv. 227.

3. Za statički proračun je u Nemačkoj propisano: za dimenzionisanje preseka i kontrolu napona $E = 140\,000$ kg/cm² kako za zatezanje tako i za pritisak; za proračun statički neodređenih nosača i deformacija $E = 210\,000$ kg/cm².

**Betonski blokovi** (prema O. Graf-u). a) 1 deo cementa, 5 rajnskog peska, 7 šljunka posle ≈ 187 dana. Poprečni presek 6,9 × 12,6 cm², visina 26 cm. Jačina prizme $\sigma_{dB} = 55$ kg/cm², $\sigma_{dB} = 22$ kg/cm² posle 3 do 5 meseci, 26 kg/cm² posle 5 do 7 meseci.

| | |
|---|---|
| Pri veličini napona $\sigma = 1{,}2$ do 9,3 kg/cm² | $E = 202\,000$ kg/cm² |
| $\sigma = 1{,}2$ do 18,5 „ | $E = 185\,100$ kg/cm² |
| $\sigma = 1{,}2$ do 27,8 „ | $E = 164\,300$ kg/cm² |

b) 1 deo cementa, 2 peska, 3 šljunka posle 224 dana. Poprečni presek 6,8 × 12,5 cm², visina 26 cm. Jačina prizme $\sigma_{dB} = 252$ kg/cm²; $\sigma_{dB} = 51$ kg/cm².

| | |
|---|---|
| Pri veličini napona $\sigma = 1{,}2$ do 9,3 kg/cm² | $E = 349\,300$ kg/cm² |
| $\sigma = 1{,}2$ do 18,6 „ | $E = 349\,200$ kg/cm² |
| $\sigma = 1{,}2$ do 37,3 „ | $E = 341\,900$ kg/cm² |
| $\sigma = 1{,}2$ do 55,9 „ | $E = 330\,500$ kg/cm² |
| $\sigma = 1{,}2$ do 111,8 „ | $E = 301\,600$ kg/cm². |

**Zid od betonskih blokova.** Po O. Graf-u[1]) može se približno odrediti jačina zida $\sigma_{dB}$ iz jačine $\sigma_1$ kamena (koja je određena probom predviđenom standardima) i jačine maltera (jačina prizme) $\sigma_2$. Ako je $h$ visina zida a $b$ kraća strana poprečnog preseka zida, može se uzeti da je:

$$\sigma_{dB} = \frac{\sigma_1 (4 + 0{,}1\,\sigma_2)}{12 + 5\,h/b} + 20 \text{ kg/cm}^2.$$

**Modul elastičnosti zida od opeka.** 1. Zid od opeka prema tablici 33, ozidan u krečnom malteru 1:3 ($\sigma_{dB} = 3$ kg/cm², $E_D = 9770$ kg/cm²), posle dva meseca:

$\sigma_{dB} = 82$ kg/cm² za $\sigma = 0{,}8$ do 2,4 kg/cm² $E = 24\,200$ kg/cm²,

$\sigma_{dB} = 82$ kg/cm² za $\sigma = 2{,}4$ do 14,1 kg/cm² $E = 36\,400$ kg/cm².

2. Zid od klinkera prema tablici 33, ozidan u cementnom malteru 1:3 ($\sigma_{dB} = 114$ kg/cm², $E_D = 105\,900$ kg/cm² do 109 100 kg/cm²) posle 2 meseca:

$\sigma_{dB} = 174$ kg/cm² za $\sigma = 0{,}8$ do 2,4 kg/cm² $E = 125\,900$ kg/cm²,

$\sigma_{dB} = 174$ kg/cm² za $\sigma = 2{,}4$ do 37,9 kg/cm² $E = 107\,500$ kg/cm².

**Tablica 33. Jačina pri pritisku zida od opeka i krečno peščanih blokova u poređenju sa »jačinom tela«[2]) i »jačinom materijala«[3])**

| Vrsta opeke ili kamenog bloka | »jačina tela« kg/cm² | »jačina materij.« kg/cm² | Jačina zida u kg/cm²*) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Krečni malter | | Cementni malter | |
| | | | 28 dana | 115 dana | 28 dana | 115 dana |
| Klinker žut | 494 | 558 | — | — | 250 | — |
| Klinker mrk | 382 | 639 | 132 | 157 | 263 | > 263 |
| Klinker Birkenwerder | 369 | 655 | — | — | 178 | — |
| Opeke za oblogu I klase | 139 | 158 | 54 | 59 | 128 | 142 |
| Opeke za oblogu II klase | 95 | 90 | 32 | — | — | — |
| Kreč. pešč. kam. blok. I | 185 | 178 | 76 | 78 | 179 | 182 |
| Kreč. pešč. kam. blok. II | 147 | — | — | — | 148 | — |

[1]) B u. E 23 (1924), sv. 6. str. 69.

[2]) [3]) *) — vidi početak sledeće strane.

[2]) »Jačina tela« je jačina tela ozidanog od dve jedno na drugo postavljene polutine bloka.

[3]) »Jačina materijala« je jačina kocke isečene iz bloka.

*) Jačina zida ozidanog u krečnom malteru iznosi 33%, u produžnom cementnom malteru 50% a u cementnom malteru 75 do 100% »jačine tela«. Krečno peščani kameni blokovi imaju, pod inače istim uslovima, nešto veću »jačinu materijala« nego opeke, jer imaju ravnije površine.

**Staklo** v. odelj. Poznavanje materijala, str. 1124.

**Keramički materijal.** Koeficijente čvrstoće v. odelj. Poznavanje materijala, Tablica 9, str. 1099.

## D. Dozvoljeni naponi

Osnovu za proračun otpornosti nekog konstruktivnog elementa čini izračunavanje napona koji se pojavljuju usled dejstva spoljnih sila. Dimenzije i oblik elementa treba tako izabrati da ti naponi budu dovoljno ispod odnosnih karakteristika otpornosti materijala i da element sa sigurnošću ne popusti usled trajnih deformacija, krtog sloma usled kidanja, sloma usled smicanja i sloma usled dinamičkog opterećenja ili izvijanja. U izuzetnim slučajevima može za dimenzionisanje konstruktivnog elementa da bude merodavna vibracija konstrukcije.

**Pri statičkom opterećenju** ne smeju naponi koji se pojavljuju, odn. uporedni naponi, kod žilavih metala, na normalnoj temperaturi, dostići granicu razvlačenja materijala. Na višim temperaturama treba za osnovu uzeti trajnu jačinu materijala. Dogod je lokalnim razvlačenjem materijala osigurano izravnavanje naponskih vrhova, koji se pojavljuju kod rupa i slično, ne mora se u proračunu o njima voditi računa.

Pri nejednolikoj raspodeli napona, na pr., pri savijanju i torziji, mogu se na najjače napregnutim mestima dozvoliti veći naponi nego pri jednolikoj raspodeli, jer se veće trajne deformacije pojavljuju tek po pojavi plastičnog stanja u čitavom području.

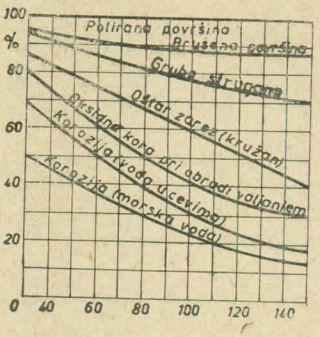
Kod krtih materijala treba očekivati krti slom usled kidanja ili slom usled smicanja čim naponi zatezanja dostignu jačinu pri zatezanju, odn. naponi smicanja jačinu pri smicanju. U saglasnosti sa odnosnim karakteristikama otpornosti, dozvoljeni naponi za krte materijale se znatno razlikuju pri različitim vrstama naprezanja (zatezanju, pritisku, savijanju, torziji).

**Pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju** treba dozvoljenu amplitudu napona usvojiti prema jačini materijala pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju, odn. kad postoji stalan osnovni teret (prednapon) prema dijagramu za jačinu pri dinamičkom opterećenju. Jak uticaj kakvoće površine elementa i korozije na jačinu materijala pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju treba uzeti u obzir saglasno sl. 1. Obratiti pažnju i na uticaj veličine. Prema ogledima[1]) opada jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju sa povećanjem poprečnog preseka.

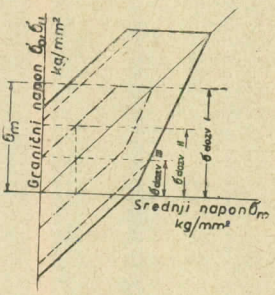
---

[1]) Faulhaber, Buchholtz u. Schulz, St u. E 53 (1933), str. 1106. — Lehr u. Mailänder, Arch. Eisenhüttenwes, 11 (1938), str. 563.

Na sl. 2 je shematički prikazano određivanje dozvoljenih napona iz dijagrama za jačinu materijala pri dinamičkom opterećenju (upor. str. 911). Kod mašinskih delova koji se projektuju tako da služe samo određeno vreme, može se umesto jačine pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju uzeti neka veća vrednost, prema Wöhlerovoj krivoj za odnosni materijal.



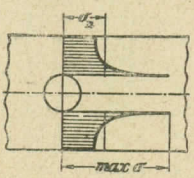

Sl. 1
Koeficijenti za redukciju napona za čelik




Sl. 2

Kod rupa, na mestima promene poprečnog preseka i ukliještenjima je najveći napon max $\sigma$ (sl. 3) jednak proizvodu iz koeficijenta oblika $\alpha_k$ i nominalnog napona $\sigma_n$. Pri zatezanju je nominalni napon jednak količniku iz sile i najmanjeg poprečnog preseka a pri savijanju i torziji količniku iz momenta i najmanjeg otpornog momenta:

$$\max \sigma = \alpha_k \sigma_n.$$




Sl. 3

U tablici 1 su dati orijentacioni podaci za vrednosti koeficijenta oblika $\alpha_k$. Ako postoje zarezi, onda pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju treba računati ili sa najvećim naponom, ili, kad se računa sa nominalnim naponom, dozvoljeni napon treba smanjiti u odnosu koeficijenta dejstva zareza $\beta_k$. Ako je $S$ stepen sigurnosti onda je dozvoljeni nominalni napon

$$\sigma_{n_{dozv}} = \sigma_W' / \beta_k S.$$

U ovaj izraz treba uneti jačinu pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju $\sigma_W'$ s obzirom na uticaj kakvoće površine i veličine. Koeficijent dejstva zareza zavisi od oblika i materijala konstruktivnog elementa. Pri tome je

$$\alpha_k > \beta_k > 1.$$

Pokušalo se[1]) da se koeficijent dejstva zareza $\beta_k$ svede na koeficijent oblika $\alpha_k$ i koeficijent osetljivosti materijala prema zarezu $\eta_k$. Ovaj poslednji karakteriše podobnost materijala da izdrži lokalna naprezanja.

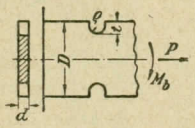
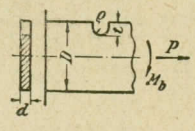
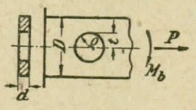
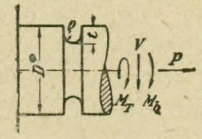
$$\beta_k = \eta_k (\alpha_k - 1) + 1.$$

Koeficijent osetljivosti materijala prema zarezu kreće se od 0,4 do 0,8 za ugljenične čelike i lake metale a između 0,6 i 1,0 za oplemenjene čelike i čelike za opruge.

[1]) Thum u. Buchmann: Dauerfestigkeit und Konstruktion, Berlin 1932. VDI-Verlag.

**Tablica 1. Koeficijent oblika $\alpha_k$ za razne oblike zareza i različite vrste naprezanja**

Izračunato po H. Neuber-u za konstantnu širinu probnog štapa, odn. konstantan prečnik probnog štapa $D = 20$ mm ($\varrho' = 0{,}48$ mm)

| Oblik zareza | Vrsta naprezanja | Izraz za normalni napon | $t/D$ | $\varrho/D$ 0,01 | 0,05 | 0,1 | 0,2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | Zatezanje | $\frac{P}{d(D-2t)}$ | 0,025 | 2,2 | 1,65 | 1,45 | 1,35 |
| | | | 0,05 | 2,5 | 1,95 | 1,6 | 1,45 |
| | | | 0,1 | 2,8 | 2,1 | 1,8 | 1,55 |
| | | | 0,2 | 2,9 | 2,15 | 1,7 | 1,5 |
| | Savijanje | $\frac{6M_b}{d(D-2t)^2}$ | 0,025 | 2,05 | 1,55 | 1,4 | 1,25 |
| | | | 0,05 | 2,3 | 1,8 | 1,5 | 1,3 |
| | | | 0,1 | 2,5 | 1,85 | 1,5 | 1,3 |
| | | | 0,2 | 2,3 | 1,8 | 1,45 | 1,28 |
| | | | | 0,025 | 0,05 | 0,1 | 0,2 |
|  | Zatezanje | $\frac{P}{d(D-t)}$ | 0,025 | 1,8 | 1,55 | 1,32 | 1,23 |
| | | | 0,05 | 2,0 | 1,8 | 1,55 | 1,28 |
| | | | 0,1 | 2,15 | 1,88 | 1,6 | 1,4 |
| | | | 0,2 | 2,18 | 1,88 | 1,6 | 1,4 |
| | Savijanje | $\frac{6M_b}{d(D-t)^2}$ | 0,025 | 1,92 | 1,6 | 1,42 | 1,31 |
| | | | 0,05 | 2,2 | 1,95 | 1,62 | 1,43 |
| | | | 0,1 | 2,45 | 2,15 | 1,81 | 1,52 |
| | | | 0,2 | 2,58 | 2,25 | 1,9 | 1,6 |
| | | | | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
|  | Zatezanje | $\frac{P}{d(D-2t)}$ | $= \varrho/D$ | 2,15 | 2,1 | 2,03 | 1,85 |
| | Savijanje | $\frac{3M_b t}{2d\left[\left(\frac{D}{2}\right)^3 - t^3\right]}$ | $= \varrho/D$ | 1,58 | 1,62 | 1,64 | 1,63 |
| | | | | 0,01 | 0,05 | 0,1 | 0,2 |
|  | Zatezanje | $\frac{4P}{\pi(D-2t)^2}$ | 0,025 | 2,1 | 1,55 | 1,38 | 1,26 |
| | | | 0,05 | 2,4 | 1,85 | 1,55 | 1,35 |
| | | | 0,1 | 2,6 | 1,95 | 1,7 | 1,45 |
| | | | 0,2 | 2,64 | 1,9 | 1,58 | 1,4 |
| | Savijanje | $\frac{32M_b}{\pi(D-2t)^3}$ | 0,025 | 2,0 | 1,5 | 1,32 | 1,23 |
| | | | 0,05 | 2,22 | 1,7 | 1,43 | 1,25 |
| | | | 0,1 | 2,3 | 1,78 | 1,48 | 1,3 |
| | | | 0,2 | 2,2 | 1,65 | 1,42 | 1,3 |
| | Smicanje | $\frac{4 \cdot 1{,}23\,V}{\pi(D-2t)^2}$ | 0,025 | 1,52 | 1,25 | 1,15 | 1,1 |
| | | | 0,05 | 1,62 | 1,4 | 1,22 | 1,13 |
| | | | 0,1 | 1,7 | 1,42 | 1,3 | 1,16 |
| | | | 0,2 | 1,68 | 1,32 | 1,2 | 1,12 |
| | Torzija | $\frac{16M_T}{\pi(D-2t)^3}$ | 0,025 | 1,5 | 1,22 | 1,13 | 1,1 |
| | | | 0,05 | 1,6 | 1,35 | 1,2 | 1,13 |
| | | | 0,1 | 1,65 | 1,4 | 1,3 | 1,12 |
| | | | 0,2 | 1,65 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |

## a) Dozvoljeni naponi u mašinogradnji[1])

U mašinogradnji se odomaćilo, po C. Bach-u, da se dozvoljeni naponi daju za slučaj opterećenja I, II i III statičko (mirno) opterećenje, dinamičko jednosmisleno opterećenje i dinamičko naizmenično opterećenje (v. sl. 2, str 938).

Pri tome se smatra da je za statičko opterećenje opravdan stepen sigurnosti 1,3 do 2 prema granici razvlačenja, a za napon na granici razvlačenja ne bi trebalo uzeti veću vrednost od 70% jačine pri zatezanju. Kod krtih materijala se preporučuje da stepen sigurnosti prema slomu bude 3 do 4. Pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju možemo se zadovoljiti sa relativno manjim stepenom sigurnosti ako se najveće vrednosti napona, koji se pojavljuju usled dejstva zareza, unesu u punom iznosu u proračun ili ako se dozvoljeni napon odredi pomoću koeficijenta dejstva zareza za odnosni slučaj. U delovima gde nema dejstva zareza treba stepen sigurnosti prema jačini pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju da iznosi 2 do 3, pri čemu treba voditi računa da se jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju menja sa povećanjem poprečnog preseka

**Tablica 2. Dozvoljeni nominalni naponi za materijale u mašinogradnji**

| Materijal | | St 37.11 | St 50.11 | Stg 45 81 | Ge 14.91 | Ge 26.91 | Si-lumin[5]) | Dur-alumin[6]) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Karakterist. otpornosti (najmanje vrednosti) kg/mm² | $\sigma_F$ | 20 | 28 | 22 | — | — | 8 | 22 |
| | $\sigma_B$ | 37 | 50 | 45 | 14 | 26 | 17 | 34 |
| | $\sigma_{bB}$ | — | — | — | 28[1]) | 46[1]) | — | — |
| | $\sigma_{bW}$ | 14[2]) | 19[2]) | 16[2]) | 6[2]) | 10[2]) | 4,5[2]) | 10[2]) |
| | $\tau_{tW}$ | 8[2]) | 11[2]) | 9[2]) | 5[2]) | 8[2]) | 2,7[2]) | 6,5[2]) |

| Naprezanje | | Dozvoljeni napon u kg/mm² | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | od | do | od | do | od | do | od | do | od | do | od | do | od | do |
| Zatezanje $\sigma_{z\,dozv}$ | I | 10,0 | 15,0 | 14,0 | 21,0 | 10,0 | 15,0 | 3,5 | 4,5 | 6,5 | 8,5 | 3,0 | 5,0 | 11,0 | 16,0 |
| | II | 6,5 | 9,5 | 9,0 | 13,5 | 6,5 | 9,5 | 2,7 | 3,7 | 5,0 | 6,7 | 1,6 | 2,8 | 5,0 | 7,0 |
| | III | 4,5 | 7,0 | 6,5 | 9,5 | 4,5 | 7,0 | 2,0 | 3,0 | 3,5 | 5,0 | 1,3 | 2,0 | 3,5 | 5,5 |
| Pritisak $\sigma_{d\,dozv}$ | I | 10,0 | 15,0 | 14,0 | 21,0 | 11,0 | 16,5 | 8,5 | 11,5 | 16,0 | 21,5 | 4,0 | 6,0 | 11,0 | 16,0 |
| | II | 6,5 | 9,5 | 9,0 | 13,5 | 7,0 | 10,5 | 5,5 | 7,5 | 10,0 | 13,5 | 2,0 | 2,4 | 5,0 | 7,0 |
| | III | 4,5 | 7,0 | 6,5 | 9,5 | 4,5 | 7,0 | 2,0 | 3,0 | 3,5 | 5,0 | 1,3 | 2,0 | 3,5 | 5,5 |
| Savijanje $\sigma_{b\,dozv}$ | I | 11,0 | 16,5 | 15,0 | 22,0 | 11,0 | 16,5 | 5,0 | 7,0[3]) | 10,0 | 13,5[3]) | 3,5 | 5,0 | 12,0 | 17,5 |
| | II | 7,0 | 10,5 | 10,0 | 15,0 | 7,0 | 10,5 | 3,5 | 5,0[3]) | 6,5 | 9,0[3]) | 2,0 | 2,8 | 5,0 | 7,0 |
| | III | 5,0 | 7,5 | 7,0 | 10,5 | 5,0 | 7,5 | 2,5 | 3,5[3]) | 4,0 | 6,0[3]) | 1,4 | 2,1 | 3,5 | 5,5 |
| Torzija $\tau_{t\,dozv}$ | I | 6,5 | 9,5 | 8,5 | 12,5 | 6,5 | 9,5 | 4,0 | 5,5[4]) | 7,5 | 10,0[4]) | 2,5 | 3,5 | 6,5 | 9,5 |
| | II | 4,0 | 6,0 | 5,5 | 8,5 | 4,0 | 6,0 | 3,0 | 4,0[4]) | 5,5 | 7,5[4]) | 1,6 | 2,8 | 3,2 | 4,8 |
| | III | 3,0 | 4,5 | 4,0 | 6,0 | 3,0 | 4,5 | 2,0 | 3,0[4]) | 3,5 | 5,0[4]) | 0,8 | 1,5 | 2,2 | 3,2 |

[1]) Vrednosti za jačinu pri savijanju za liveno gvožđe važe za normalne probe sa neobrađenim okruglim prečnikom 30 mm. — [2]) Od vrednosti određenih na malim probnim štapovima pri ogledu dinamičkim naizmeničnim opterećenjem odbijeno je oko 25%, što pretstavlja uticaj dimenzija i kakvoće spoljne površine. — [3]) Vrednosti važe za pravougaone poprečne preseke. Kako su pokazali ogledi Bach-a mogu se za kružne poprečne preseke uzeti 20% veće i za I-poprečne preseke 20% manje vrednosti. — [4]) Vrednosti važe pri obrađenom livenom gvožđu za kružni poprečni presek. Za druge poprečne preseke treba ih prema

[1]) Rötscher, Sicherheit und Beanspruchung bei der Berechnung von Maschinenteilen, Maschbau 9 (1930), str. 225. — E. Bock, Zulässige Spannungen der im Maschinenbau verwendeten Werkstoffe, Maschbau 9 (1930), str. 637 mit Zuschriften; Maschbau 10 (1931), str. 66.

ogledima B a c h-a povećati, odn. smanjiti: za kružni poprečni presek od 0 do — 20%, za eliptički poprečni presek od 0 do + 25%, za kvadratni poprečni presek za + 40%, za pravougaoni poprečni presek za + 40 do + 60%. — [5]) liv. — [6]) kaljen.

Gornje granične vrednosti koje su date u tablici 2 trebalo bi upotrebljavati samo onda kad se radi o jednostavnim glatkim mašinskim delovima sa čisto obrađenim površinama i dobro zaobljnim prelazima kod kojih je dejstvo zareza u velikoj meri izbegnuto. U svim onim slučajevima u kojima naponi i njihovi odnosi nisu tačno određeni treba upotrebiti donje granične vrednosti. Razlike u jačini koje se često pojavljuju kod livenih materijala treba u konkretnom slučaju specijalno uzeti u obzir. Kod livenog gvožđa se povoljno ispoljava manja osetljivost prema zarezima na spoljnoj površini. Dejstvo korozije i visoki prednaporni (na pr., kod zavrtnjeva) mogu znatno da snize dozvoljene napone.

Podaci o dozvoljenim naponima za pojedine mašinske delove dati su u II knj. odelj. Mašinski delovi.

## b) Dozvoljeni naponi u zgradarstvu i mostogradnji

### 1. Metali.

Dozvoljeni naponi za čelik, odn. liveno gvožđe u zgradarstvu dati su u DIN 1050 i 1051, u mostogradnji u »Osnovama za proračunavanje čeličnih železničkih mostova« (izdao »Reichsbahn-Zentralamt«). U propisima se razlikuju ovi slučajevi opterećenja:

1. S l u č a j. U proračun su unete samo glavne sile, tj. stalan i pokretan teret uključujući sneg.

**Tablica 3. Dozvoljeni naponi za delove zgrada i sredstva za vezu u zgradarstvu prema DIN 1050**

Naponi u kg/cm²

| Oblik primene u konstrukciji | Naprezanje | Kod punih nosača, rešetki i stubova od St 00.12 (a za slučaj 1 i 2) | St 37.12 (a za slučaj 1) | St 37.12 (a za slučaj 2) | St 52 (a za slučaj 1) | St 52 (a za slučaj 1) | Materijal za zakivke, zavrtnjeve, ankere |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Građevinski deo sam | Zatez. i savijanje $\sigma_{dozv}$ | 1200 | 1400 | 1600 | 2100 | 2400 | |
| | Smicanje . . $\tau_{dozv}$ | 960 | 1120 | 1280 | 1680 | 1920 | |
| Veza zakivcima | Čisto smicanje $\tau_{a\,dozv}$ | 1200 | 1400 | 1600 | — | — | St 34.13 |
| | | — | — | — | 2100 | 2400 | St 44 |
| | Prit. na omotač $\sigma_{l\,dozv}$ [1]) | 2400 | 2800 | 3200 | — | — | St 34.13 |
| | | — | — | — | 4200 | 4800 | St 44 |
| Veza zavrtnjevima (upasovanim) | Čisto smicanje $\tau_{a\,dozv}$ [1]) | 960 | 1120 | 1280 | — | — | |
| | | — | — | — | 1680 | 1920 | |
| | Prit. na omotač $\sigma_{l\,dozv}$ [1]) | 2400 | 2800 | 3200 | — | — | |
| | | — | — | — | 4200 | 4800 | |
| | Zatezanje . . $\sigma_{z\,dozv}$ [2]) | 850 | 1000 | 1100 | — | — | |
| | | — | — | — | 1500 | 1700 | |
| Veza zavrtnjevima (neobrađeni) | Čisto smicanje $\tau_{a\,dozv}$ [3]) | 1000 | 1000 | 1100 | 1000 | 1100 | St 39.13 |
| | Pritis. na omotač $\sigma_{l\,dozv}$ [3]) | 1600 | 1600 | 1800 | 1600 | 1800 | St 8.13 |
| | Zatezanje . . $\sigma_{z\,dozv}$ [2]) | 1000 | 1000 | 1100 | 1000 | 1100 | St 38.13 |
| Zavrtnjevi za ankerovanje i ankerne osovinice | Zatezanje . . $\sigma_{z\,dozv}$ [2]) | 850 | 850 | 850 | 850 | 850 | St 00.12 |
| | | 1000 | 1000 | 1100 | 1000 | 1100 | St 37.12 |
| | | 1500 | 1500 | 1700 | 1500 | 1700 | St 52 |

[1]) Merodavan je poprečni presek rupe. — [2]) Merodavan je poprečni presek jezgra. — [3]) Merodavan je poprečni presek vrata.

2. Slučaj. Osim glavnih sila u proračun su unete i dopunske sile, naročito opterećenje vetrom, temperaturna kolebanja, poprečne sile i sile kočenja.

Dinamičko naizmenično opterećenje se uzima u obzir na taj način što se napon $\sigma_I$ izračuna iz $\gamma$-struke vrednosti glavne sile $S_I$ koja se stvarno pojavljuje i poprečnog preseka $F_a$:

$$\sigma_I = \gamma \cdot \max S_I / F_a.$$

O brojnoj vrednosti koeficijenta $\gamma \geq 1$, upor. III knj. Na sličan način se pomoću koeficijenta izravnanja $\psi$, odn. koeficijenta udara $\varphi$ uzimaju u obzir dopunska naprezanja usled udara.

**Tablica 4. Dozvoljeni naponi za ležišne delove u zgradarstvu prema DIN, 1050.**

Naponi u kg/cm²

| Vrsta naprezanja | Liveno gvožđe Ge 14.91 | | Čelični liv Stg 52.81 S | | Oplemenj. čelik StC 35.61 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Slučaj 1 | 2 | Slučaj 1 | 2 | Slučej 1 | 2 |
| Savijanje: zatezanje $\sigma_{dozv}$ | 450 | 500 | 1800 | 2000 | 2000 | 2200 |
| pritisak $\sigma_{dozv}$ | 900 | 1000 | | | | |
| Pritisak . . . . . $\sigma_{dozv}$ | 1000 | 1100 | 1800 | 2000 | 2000 | 2200 |
| Pritisak [1] [2] . . . . $\sigma_{dozv}$ | 5000 | 6000 | 8500 | 10000 | 9500 | 12000 |

Za osovinice zglobova može se za dozvoljen pritisak na omotač usvojiti 1,3-struka vrednost dozvoljenog napona za zatezanje i savijanje delova koji se vezuju.

[1]) Po Hertz-ovim formulama. — [2]) Kod pokretnih ležišta na valjcima, kad ima više od dva valjka, treba ove vrednosti smanjiti za 1000 kg/cm².

**Tablica 5. Dozvoljeni naponi za liveno gvožđe Ge 14.91 u zgradarstvu prema DIN, 1051**

Naponi u kg/cm²

| | Pritisak | Savijanje Pritisak | Savijanje Zatezanje | Primedbe |
|---|---|---|---|---|
| Uopšte . . . . . | 900 | 600 | 300 | $\sigma_{dozv}$ za ležišne delove i |
| Za stubove . . . | 900 | 900 | 450 | zglobove od livenog gvožđa v. DIN 1050 (tablica 4) |

**Tablica 6. Dozvoljeni naponi za zavarene šavove u čeličnim zgradama prema DIN, 4100**

| Vrsta šava | Vrsta naprezanja | Dozvoljeni napon[1]) | Vrsta šava | Vrsta naprezanja | Dozvoljeni napon[1]) |
|---|---|---|---|---|---|
| Čeoni šavovi | Zatezanje | $0{,}75\,\sigma_{dozv}$ | Čeoni šavovi | Savijanje | $0{,}80\,\sigma_{dozv}$ |
| | Pritisak | $0{,}85\,\sigma_{dozv}$ | | Čisto smic. | $0{,}65\,\sigma_{dozv}$ |
| Ugaoni šavovi (čeoni i obič.) | Sve vrste naprezanja | $0{,}65\,\sigma_{dozv}$ | Ugaoni šavovi (čeoni i obič.) | Sve vrste naprezanja | $0{,}65\,\sigma_{dozv}$ |

[1]) $\sigma_{dozv}$ je dozvoljen napon za materijal koji se zavaruje (upor. tablicu 2) prema propisima.

## 2. Drvo.

**Tablica 7. Dozvoljeni naponi za građevinsko drvo prema DIN, 1052 [kg/cm²]**

| NAPREZANJE | Četinari | Hrastovina, bukovina | NAPREZANJE | Četinari | Hrastovina, bukovina |
|---|---|---|---|---|---|
| a) Pritisak u pravcu vlakana . . . . . | 80 | 100 | na kod delova kod kojih se dozvoljava neznatno utiskivanje; ili pritisak na omotač spojnih sredstava koja naprežu samo deo poprečnog preseka po širini i visini[2]) | 30 | 50 |
| b) Savijanje . . . . | 100[1]) | 110 | | | |
| c) Zatezanje u pravcu vlakana . . . . . | 90 | 105 | | | |
| d) 1. Pritisak upravno na pravac vlakana[2]) . . . . . | 20 | 40 | | | |
| 2. Pritisak upravno na pravac vlaka- | | | e) Čisto smicanje u pravcu vlakana | 12 | 20 |

[1]) Za stanbene zgrade 90 kg/cm². — [2]) Prepust pragova u pravcu vlakana sa obe strane pritisnute površine mora biti najmanje $1^1/_2 \times$ visina praga. U protivnom treba napone pod d) 1. i d) 2. smanjiti za $^1/_5$.

Smanjivanje napona. Kod delova koji su izloženi vlazi a nisu zaštićeni od trulenja, kao i kod skela kod kojih se primenjuje tek oboreno drvo treba napone smanjiti za $^1/_3$.

**Tablica 8. Dozvoljeni naponi pritiska za građevinsko drvo pri kosom dejstvu sile prema DIN 1052 [kg/cm²]**

| ∢ između pravca vlakana i pravca sile | Pod pretpostavkama u tablici 7 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Tač. d) 1. | | Tač. d) 2. | |
| | Četinari | Hrastovina, bukovina | Četinari | Hrastovina, bukovina |
| 0 | 80 | 100 | 80 | 100 |
| 10 | 73 | 93 | 74 | 94 |
| 20 | 67 | 87 | 69 | 89 |
| 30 | 60 | 80 | 63 | 83 |
| 40 | 53 | 73 | 58 | 78 |
| 50 | 47 | 67 | 52 | 72 |
| 60 | 40 | 60 | 47 | 67 |
| 70 | 33 | 53 | 41 | 61 |
| 80 | 27 | 47 | 36 | 56 |
| 90 | 20 | 40 | 30 | 50 |

Za prijem sila zatezanja koje deluju upravno ili koso na pravac vlakana treba izvršiti naročite predohrane.

Jačina pri čistom smicanju. Po O. Graf-u je za četinare $\tau_{dozv} = 10$ kg/cm². Za zategnute delove kod kojih se opterećenje često ponavlja je $\tau_{dozv} = 10$ kg/cm².

## 3. Kamen i zid

### Prirodni kamen

Stepen sigurnosti prema pritisku:

Ležišni kvaderi . $S = 10 - 15$,
Masivni stubovi i svodovi . . . $S = 15 - 20$.
Vitki stubovi . . . $S = 25 - 30$.

Vitak je onaj stub čija je najmanja dimenzija poprečnog preseka $a < {}^1/_{10}$ visine $h$.

Ako jačina nije ispitana mogu se upotrebiti vrednosti iz tablice 9 samo onda kad se upotrebi čvrst i zdrav kamen.

Dozvoljeni naponi zatezanja smeju se samo izuzetno uneti u proračun:

Za zid u cementnom malteru oni iznose ${}^1/_{15}$ od dozvoljenog napona za pritisak, najviše 2 kg/cm².

### Veštački kamen

Dozvoljeni naponi u zidu od veštačkog kamena pravilno ozidanog u podesnom malteru koji je dovoljno stvrdnuo dati su u tablici 10.

Dozvoljeni naponi zatezanja smeju se samo izuzetno uneti u proračun:

Prepečena opeka u krečno cementnom malteru . . . . . 1 kg/cm²,
Prepečena opeka u cementnom malteru . . . . . 2 kg/cm²,
Zid od klinkera u cemetnom malteru . 2 kg/cm².

## 4. Beton

Bliže podatke v. III. knj. Propisi za dozvoljene napone za dimnjake v. II knj., odelj. Parni kotlovi.

**Tablica 9. Dozvoljeni naponi pritiska[1]) za zid od kvadera u cementnom malteru prema DIN 1053 [kg/cm²]**
(pri ekscentričnom opterećenju najveći dozvoljeni ivični naponi)

| | Bez čeonih fuga u cementnom malteru 1+3 | | | Sa čeonim fugama u cementnom malteru 1+3 | | | | Zid od tesanika u pravilnim i nepravil. redovima u cementnom malteru 1+4 | Zid od poluotesanog kamena | Zid od lomljenog kamena. Ciklopski zid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ležišni kvaderi | Svodovi ili masivni stubovi | Vitki stubovi | Zidovi | Svodovi | Masivni stubovi | Vitki stubovi | Zidovi, masivni stubovi, svodovi | | |
| Granit, sijenit i balzat . . | 60 | 50 | 20 | 50 | 40 | 30 | 10 | 30 | 25 | 20 |
| Peščar sa kvarcn. vezivom, školjč. krečnjak, mramor i gusti krečnjak . . . . . | 30 | 25 | 15 | 25 | 20 | 15 | 8 | 15 | 12 | 10 |
| | 20 | 15 | 10 | 15 | 12 | 12 | 6 | 12 | 10 | 8 |
| Bazaltna lava . . . . . | | | | | | | | | | |
| Peščar sa krečnim ili glinovitim vezivom, krečnjak . . | 15 | 12 | 8 | 12 | 10 | 10 | 5 | 10 | 8 | 6 |
| Vulkanski tuf . . . . . | — | 8 | — | 8 | 6 | 6 | — | 6 | 4 | 3 |

[1]) Dozvoljeni naponi za svodove, masivne stubove, vitke stubove i oporce mostova v. DIN 1037, 1074 i 1075.

**Tablica 10. Dozvoljeni naponi pritiska za zidove i stubove od veštačkog kamena prema DIN 1053** [kg/cm²]

(pri ekscentričnom opterećenju dozvoljeni ivični naponi)

| Broj | Vrsta blokova za zidanje | DIN | Najmanja jačina pri pritisku kg/cm² | Vrsta maltera u zidu[2] K | KC | C | Vrsta maltera u stubovima[1] Malter[2] | Vitkost h/d 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Blokovi od cem. plovućca i bimsovog peska | 1059 | 20 | 3 | 4 | — | KC | 4 | 2 | 1 | — | — | — |
| | Blokovi od metalurškog plovućca | 399 | | | | | | | | | | | |
| 2 | Porozni puni blokovi { Blokovi od šljake | 400 | 30 | 4 | 5 | — | KC | 5 | 3 | 1 | — | — | — |
| | pribl. standardn. dimenzija { Opeke[3] | | 50 | | | | | | | | | | |
| 3 | Spec. blokovi od cem. plovuć. i bimsovog peska | 1059 | 30 | 5 | 6 | — | KC | 6 | 4 | 2 | — | — | — |
| | Specijalni blokovi od metalurškog plovućca | 399 | | | | | | | | | | | |
| | Specijalni blokovi od šljake | 400 | 50 | | | | | | | | | | |
| | Obična opeka za zidanje 2. klase | 105 | 100 | 7 | 8 | — | K | 7 | 5 | 3 | 1 | — | — |
| 4 | Metalurški blokovi 2. klase | 398 | | | | | | | | | | | |
| | Obična opeka za zidanje 1. klase | 105 | | | | | K | 10 | 7 | 5 | 3 | 2 | — |
| 5 | Krečno peščani blokovi | 106 | 150 | 10 | 14 | 16 | KC | 14 | 10 | 8 | 6 | 5 | 4 |
| | Metalurški blokovi 1. klase | 398 | | | | | C | 16 | 11 | 9 | 7 | 6 | 5 |
| 6 | Jako pečena opeka | 105 | 250 | — | 18 | 22 | KC | 18 | 13 | 11 | 9 | 8 | 7 |
| | Metalurški tvrdi blokovi | 398 | | | | | C | 22 | 14 | 12 | 10 | 9 | 8 |
| 7 | Klinker | 105 | 350 | — | — | 35 | C | 35 | 20 | 17 | 13 | 11 | 10 |
| 8 | Puni blokovi od mineralnih agregata (na pr., betona, maltera, pepela, zgure, plovućca), ukoliko ne potpadaju pod 1 do 6 | | | 1/5 jačine zida M 28 [4]), ali ne više nego što je gore dozvoljeno. Blokove treba uvrstiti pod tačke 1 do 7 prema utvrđenoj jačini bloka i to u vrstu sa prvom nižom jačinom bloka. | | | | | | | | | |
| 9 | Blokovi od ilovače ili mineralnih materijala sa šupljinama | | | Dozvoljeni naponi pritiska prema ogledima po DIN 4110 na osnovu specijalnog odobrenja. | | | | | | | | | |

[1]) Međuvrednosti treba pravoliniski interpolovati; stubovi sa vitkostima za koje nisu dati naponi ne smeju se izvoditi. — [2]) K = krečni malter, KC = krečno cementni malter, C = cementni malter 1 + 4. — [3]) Ispitivanje u smislu DIN 105. — [4]) Za blokove za zidanje i opeke navedene u vrsti 8 treba dokazati jačinu zida M 28 posle 28 dana stvrdnjavanja i to na probnim telima debljine $d$, (koja se predvida za debljinu zida) i širinu $b$. Za zidove ova širina treba da bude približno jednaka trostrukoj dužini jednog bloka, no najmanje 0,75 m; za stubove ona treba da bude jednaka širini $d$ zida. Visina $h$ ovih probnih tela treba da bude približno jednaka $2\sqrt{F}$, gde je $F = d\,b$. Probna tela treba da budu izrađena od istog kamena i u istom malteru od koga će biti i konstrukcija.

**Tablica 11. Dozvoljeni naponi pritiska za beton u centrično pritisnutim stubovima prema DIN, 1045 [kg/cm²]**

| | Vrsta betona | $\sigma_{d\,dozv}$ | Najmanja jačina koja se zahteva $W_{b\,28}$ |
|---|---|---|---|
| a | Beton od trgovačkog cementa . . . . . | 35 | 120 |
| b | Beton od visokovrednog cementa . . . . . | 45 | 160 |
| c | Kad se dokaže jačina kocke i zadovolje specijalno dati uslovi a pri vitkosti $h_s/d = 20$ . . . . . | $W_{b\,28}/3$ | 160 |
| | no najviše: pri najmanjoj debljini do 40 cm | 60 | 180 |
| | preko 40 cm | 70 | 210 |

**Tablica 12. Dozvoljeni naponi za čeličnu armaturu pri savijanju bez aksijalne sile i sa aksijalnom silom prema DIN 1045 [kg/cm²]**

| | Vrsta čelika | Područje primene | Maksimalan prečnik armature mm | Minimalna jačina betonske kocke | $\sigma_{e\,dozv}$ Ploče i pravougaoni poprečni preseci | $\sigma_{e\,dozv}$ T-presec i drugi poprečni preseci |
|---|---|---|---|---|---|---|
| a | Trgovački čelik | Uopšte | — | 120 | 1200 | 1200 |
| b | | kao pod a, samo ne u pločama čija je debljina manja od 7 cm | $\leqq 26$ | 160 | 1400 | 1400 |
| c | Visokovredni betonski čelik | Uopšte | — | 225 | 1800 | 1500 |
| d | | pretežno mirno opterećenje, samo u zgradama bez uticaja atmosferilija, ne u pločama čija je debljina manja od 7 cm | — | 160 | 1800 | 1500 |
| e | | kao kod d | $\leqq 26$ | 225 | 2000[1] 1800[2] | 1800 |

[1]) Ploče — [2]) Pravougaoni poprečni preseci

**Tablica 13. Dozvoljeni naponi pritiska pri savijanju bez aksijalne sile i sa aksijalnom silom prema DIN, 1045 [kg/cm²]**

| | Vrsta betona | $\sigma_{d\,dozv}$ | Najmanja jačina koja se zahteva $W_{b28}$ |
|---|---|---|---|
| a | Beton od trgovačkog cementa . . . . . | 40 | 120 |
| b | Beton od visokovrednog cementa . . . . | 50 | 160 |
| c | Kad se dokaže jačina kocke i zadovolje specijalno dati uslovi . . . . . | $W_{b\,28}/3$ | 160 |
| | ali ne više od . . . . . | 65 | 195 |

## 5. Zemljište

Ne postoje specijalni propisi za dozvoljene pritiske na zemljište. Preporučuje se:

Sitni šljunak, nenabiven . . . . . $\sigma_{d\,dozv}$ = 1,5 do 2,5 kg/cm²
Vrlo čvrst, sabiven pesak . . . . . ,, = 6,5 do 7,5 ,,
Suvo, čvrsto sabiveno, šljunkovito zemljište bez gline . . . . . ,, = 2,5 do 5,0 ,,

| | | | |
|---|---|---|---|
| Glinovito zemljište sa 30 do 70% peska . . | $\sigma_{d\,dozv}$ | = 0,8 do 1,6 | kg/cm² |
| Čvrsta glina pomešana sa sitnim peskom | ,, | = 4,0 do 5,0 | ,, |
| Čvrst laporac . . . . . | ,, | = 5,4 do 8,7 | ,, |
| Čvrst, škriljav i sitan šljunak . . . . . | ,, | = 6,5 do 8,7 | ,, |
| Peščar koji se u ruci lomi . . . . . | ,, | = 1,6 do 1,9 | ,, |
| Čvrsta stena . . . . . | ,, | = 9,0 do 20,0 | ,, |

## 6. Staklo.

$\sigma_{d\,dozv} = 25$ kg/cm². Za duvano staklo $\sigma_{b\,dozv} = 125$ kg/cm², za sirovo staklo (debljine $s = 0{,}5$ do $1{,}5$ cm) je po Schwering-u:

$$\sigma_{d\,dozv} = {}^1/_3 \cdot [200 + 160\,(1{,}5\,s)^2] \text{ kg/cm}^2.$$

6. ODELJAK

# Poznavanje materijala

Prezimena saradnika navedena su na početku pojedinih poglavlja


Strana

**I. Opšte** . . . . 950

Građa materije . . . . . 950
Hemiski elementi (tablica) . 951
Periodni sistem (tablica) . . 953
Važna hemiska jedinjenja . . 954
Specifične težine čvrstih, tečnih i gasovitih tela (tablice) . . . . . 960 i dalje
Tablica potrebnog prostora za skladištenje . . . . . 974
Standardizacija . . . . . 977
Korozija. Površinska zaštita . 979

**II. Pregled metala** . . 987

Svojstva metala (tablica) . . 988
Težine žica i ploča . . . . . 989
Skale za dimenzije žica i limova (tablica) . . . . . 991
Sredstva za nagrizanje (tablica) . . . . . 993
Postupci livenja . . . . . 995

**III. Gvožđe i čelik** . . 1008

Vrste sirovog gvožđa (tablica) 1010
Vrste livenog gvožđa (tablica) 1013
Konstruktivni čelici . . . . . 1017
Alatni čelici (tablice) . 1020 i dalje

**IV. Obojeni metali** . . 1024

Aluminijum i njegove legure 1024
Magnezijum . . . . . 1034
Berilijum . . . . . 1037

Strana

Bakar . . . . . 1039
Legure bakra (bronze, tombak, mesing) . . . . . 1044
Cink. Legure cinka . . . . . 1050
Olovo, kalaj, antimon, bizmut i njihove legure . . . . . 1060
Nikl, kobalt i njihove legure 1067
Plemeniti metali . . . . . 1072
Ostali metali . . . . . 1076

**V. Prirodni kamen i zemlje** 1080

Svojstva tehnički važnog kamena (tablica) . . . . . 1086

**VI. Veštački kamen i proizvodi od gline** 1088

Opeka . . . . . 1088
Proizvodi od gline . . . . 1092
Svojstva vatrostalne opeke (tablica) . . . . . 1097
Kamenina. Porcelan. Steatit (tablica) . . . . . 1099

**VII. Malter. Beton itd.** . 1100

Standardi za građevinski kreč (tablica) . . . . . 1103
Standardi za cement (tablica) 1106
Malter . . . . . 1107
Potrebne količine materijala za betonske mešavine (tablica) . . . . . 1114

Strana

**VIII. Staklo** . . 1117
Sastav tehničkog stakla (tablica) . . . . . 1118

**IX. Drvo** . . . . 1129
Svojstva važnijih vrsta drveta (tablica) . . . . . 1132

**X. Veštačke materije** . 1140
Nelaminirane presovane materije (tablica) . . . . . 1141
Tvrda hartija i tvrda tkanina (tablica) . . . . . 1142
Nekeramičke presovane materije za izolaciju koje ne sadrže gumu (tablica) . . . . 1143
Veštačke materije iz termoplastičnih masa . . . . . 1144
Veštačke materije iz termostabilnih masa . . . . . 1149

**XI. Voda** . . . . 1156
Tvrdoća vode (tablica) . . . . 1158
Voda za piće i ostalu upotrebu 1158

**XII. Goriva** . . 1162
Čvrsta goriva . . . . . 1162
Tečna goriva . . . . . 1165
Gasovita goriva . . . . . 1171

**XIII. Maziva** . . 1174
Uljna maziva (tablica) . . . . 1176
Mazivne masti (tablica) . . . 1178

**XIV. Boje. Lakovi. Lepila Asfalt. Katran. Krovna hartija** 1180
Premazi i boje . . . . . 1180

Strana

Lepila . . . . . 1184
Katran. Bitumen. Asfalt. Krovna hartija . . . . . 1188

**XV. Tekstilne materije** . 1190
Svojstva tehničkih vlakana (tablica) . . . . . 1192
Tehničke tkanine . . . . . 1197

**XVI. Koža. Guma. Pluta** . 1198
Izbor kaiševa (tablica) . . . 1203
Koži slične materije . . . . 1204
Guma . . . . . 1205
Pluta . . . . . 1209

**XVII. Proizvodi ugljenika** 1210

**XVIII. Eksplozivi** . . 1218

**XIX. Tehnički važne hemiske materije** . . 1222
Kiseline . . . . . 1222
Alkalije . . . . . 1226
Soli . . . . . 1229
Sredstva za brušenje i glačanje 1235
Organski rastvarači (tablica) . 1236

**XX. Standardizovani trgovački proizvodi** 1240
Gvožđe i čelik . . . . . 1240
Obojeni metali . . . . . 1262
Folije (metalni listovi) . . . . 1267
Cevi . . . . . 1269
Lanci. Kaiševi. Užad . . . . 1292

# I. Opšte

Obradio Dr.-Ing. G. Sinner, Berlin

## A. Građa materije [1])

**Elementi i jedinjenja.** Sastojci, koji sačinjavaju materiju, pojavljuju se u jednostavnom i složenom hemiskom obliku. Prvi grade »elemente« ili elementarne materije koji se nikakvim hemiskim postupkom ne mogu rastaviti u jednostavniju materiju, a drugi su jedinjenja ovih. Atomi elemenata (tablica 2), veličine oko $10^{-8}$ cm prečnika, koji su dugo vremena smatrani nedeljivim, sada se smatraju kao komplikovana tvorevina iz elementarnih delova (Bohr-ov atomski model). Kao elementarni delići sada su poznati: elektron, proton, neutron, pozitron, neutrino (tablica 1)[2]).

**Tablica 1. Elementarni delići[2])**

| | Masa | Atomska težina | Električ. opterećenje |
|---|---|---|---|
| Proton $p\ {}^{1}_{1}$ | $M_1$ | 1,00757 | $+e$ |
| Neutron $n\ {}^{1}_{0}$ | $M_2$ | 1,0089 | 0 |
| Pozitron $\varepsilon^{+}$ | $m$ | 0,000 547 | $+e$ |
| Elektron $\varepsilon^{-}$ | $m$ | 0,000 548 | $-e$ |
| Neutrino . . | 0 | — | 0 |

Oznake u tablici:
$m = 0{,}910 \cdot 10^{-27}$ [g +],
$M_1 \approx M_2 \approx 1{,}6715 \cdot 10^{-24}$ [g +],
$e = 4{,}80 \cdot 10^{-10}$ elektrostat. jedinica $= 1{,}591 \cdot 10^{-19}$ kulona, tzv. električko elementarno opterećenje (naboj), najmanje poznato elektr. opterećenje.

Svaki atom se sastoji iz atomskog omotača negativno punjenih elektrona, i iz pozitivno naelektrisanog atomskog jezgra koje čine protoni i neutroni, koji pretstavljaju glavnu masu atoma. Broj protona u jezgru odgovara pozitivnom elektr. opterećenju jezgra; on se slaže sa rednim brojem odgovarajućeg atoma u periodnom sistemu (tablica 3)[2]).

Masa jednog elektrona iznosi svega oko $^{1}/_{1835}$ vodonikovog atoma. Po pitanju izgradnje elektrona, koji isto tako nisu smatrani poslednjom jedinicom, shvatanja se još razmimoilaze.

[1]) **Literatura:** Iscrpniji podaci o atomskoj teoriji u Stoffhütte, 2 izdanje, str. 1 i dalje (Debye-Ramm). — Jordan: Fortschritte der Theorie der Atomkerne in Ergebnissen der exakten Naturwissenschaften 1937. — Debye: Kernphysik, Leipzig 1935, Hirzel — Diebner-Grossmann: Künstliche Radioaktivität, Leipzig 1939, Hirzel. — H. A. Bauer: Grundlagen der Atomphysik. Wien 1935, Springer. — Fermi: Moleküle und Kristalle, Leipzig 1938, Barth. Dalje literatura u godišnjim publikacijama »Ergebnisse der exakten Naturwissenscaften«, Berlin, Springer — Eisner u. Strigel: Anlagen zur Erzeugung von Beschleunigungsfeldern für atomphysikalische Untersuchungen ZVDI 83 (1939), str. 889.

[2]) **Način pisanja hemiskih simbola.** Gornji broj: atomska težina (broj mase izotopa); donji broj: redni broj elementa, na pr., $H^{1}_{1}$, $H^{2}_{1}$ ili ${}^{1}_{1}H$, ${}^{2}_{1}H$ laki i teški vodonik (teški vodonik, deuterium, maseni broj 2,013 63).

## Tablica 2. Hemiski elementi

Uz korišćenje tablice atomskih težina Međunarodne unije za hemiju za 1949*)

| Simbol | Element | Red. br. | Atomska težina[7,8] O=16 | Simbol | Element | Red. br. | Atomska težina[7,8] O=16 | Simbol | Element | Red. br. | Atomska težina[7,8] O=16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ac | Aktinijum | 89 | (227,0) | Ho | Holmijum | 67 | 163,5 | Pr | Praseodim | 59 | 140,92 |
| Al | Aluminijum | 13 | 26,97 | Cr | Hrom | 24 | 52,01 | Pm | Prometijum | 61 | [147] |
| Am | Americijum | 95 | [241] | In | Indijum | 49 | 114,76 | Pa | Protaktinijum | 91 | 231 |
| Sb | Antimon | 51 | 121,76 | Ir | Iridijum | 77 | 193,1 | | | | |
| Ar | Argon[1] | 18 | 39,944 | Yb | Iterbijum | 70 | 173,04 | | | | |
| As | Arsen | 33 | 74,91 | Y | Itrijum | 39 | 88,92 | Ra | Radijum | 88 | 226,05 |
| At | Astatin | 85 | [210] | | | | | Rn | Radon[6] | 86 | 222 |
| N | Azot[2] | 7 | 14,008 | J | Jod | 53 | 126,92 | Re | Renijum | 75 | 186,31 |
| | | | | | | | | Rh | Rodijum | 45 | 102,91 |
| Cu | Bakar | 29 | 63,57 | Cd | Kadmijum | 48 | 112,41 | Rb | Rubidijum | 37 | 85,48 |
| Ba | Barijum | 56 | 137,36 | Sn | Kalaj | 50 | 118,70 | Ru | Rutenijum | 44 | 101,7 |
| Be | Berilijum[3] | 4 | 9,013 | K | Kalijum | 19 | 39,096 | | | | |
| Bi | Bizmut | 83 | 209,00 | Ca | Kalcijum | 20 | 40,08 | | | | |
| B | Bor | 5 | 10,82 | Cm | Kirijum | 96 | [242] | Sm | Samarijum | 62 | 150,43 |
| Br | Brom | 35 | 79,916 | O | Kiseonik | 8 | 16,0000 | Se | Selen | 34 | 78,96 |
| | | | | Co | Kobalt | 27 | 58,94 | Si | Silicijum | 14 | 28,06 |
| Ce | Cerijum | 58 | 140,13 | Kr | Kripton | 36 | 83,7 | Sc | Skandijum | 21 | 45,10 |
| Cs | Cezijum | 55 | 132,91 | X | Ksenon | 54 | 131,3 | Ag | Srebro | 47 | 107,880 |
| Zn | Cink | 30 | 65,38 | | | | | Sr | Stroncijum | 38 | 87,63 |
| Zr | Cirkonijum | 40 | 91,22 | La | Lantan | 57 | 138,92 | S | Sumpor | 16 | 32,06 |
| | | | | Li | Litijum | 3 | 6,940 | | | | |
| | | | | Lu | Lutecijum[4] | 71 | 175,0 | Tl | Talijum | 81 | 204,39 |
| Dy | Disprosijum | 66 | 162,46 | | | | | Ta | Tantal | 73 | 180,88 |
| | | | | Mg | Magnezijum | 12 | 24,32 | Te | Telur | 52 | 127,61 |
| Er | Erbijum | 68 | 167,11 | Mn | Mangan | 25 | 54,93 | Tb | Terbijum | 65 | 159,2 |
| Eu | Europijum | 63 | 152,0 | Mo | Molibden | 42 | 95,90 | Tc | Tehnicijum | 43 | [99] |
| F | Fluor | 9 | 19,00 | | | | | Ti | Titan | 22 | 47,90 |
| | | | | Na | Natrijum | 11 | 22,997 | Th | Torijum | 90 | 232,12 |
| P | Fosfor | 15 | 30,98 | Nd | Neodim | 60 | 144,27 | Tm | Tulijum | 69 | 169,4 |
| Fr | Francijum | 87 | [223] | Ne | Neon | 10 | 20,183 | | | | |
| | | | | Np | Neptunijum | 93 | [237] | C | Ugljenik | 6 | 12,010 |
| Gd | Gadolinijum | 64 | 156,9 | Ni | Nikal[5] | 28 | 58,69 | U | Uran | 92 | 238,07 |
| Ga | Galijum | 31 | 69,72 | Nb | Niob | 41 | 92,91 | V | Vanadijum | 23 | 50,95 |
| Ge | Germanijum | 32 | 72,60 | Pb | Olovo | 82 | 207,21 | H | Vodonik | 1 | 1,0081 |
| Fe | Gvožđe | 26 | 55,84 | Os | Osmijum | 76 | 190,25 | W | Volfram (Tungsten) | 74 | 183,92 |
| | | | | Pd | Paladijum | 46 | 106,7 | | | | |
| Hf | Hafnijum | 72 | 178,6 | Pt | Platina | 78 | 195,23 | Au | Zlato | 79 | 197,2 |
| He | Helijum | 2 | 4,003 | Pu | Plutonijum | 94 | [239] | | | | |
| Cl | Hlor | 17 | 35,457 | Po | Polonijum | 84 | 210 | Hg | Živa | 80 | 200,61 |

*) Glasnik Hemiskog Društva 1951, sv. 1 — dopunio redaktor.

[1]) Ar = A (USA, Engleska). — [2]) N = Az = Azote (Francuska). — [3]) Be = Gl (Glucinijum, Engleska). — [4]) Lu = Cp (Cassiopeijum). — [5]) Nb = Cb = Kolumbija (USA, Engleska). — [6]) Ranije emanacija = Nt = = niton (USA, Engleska). — [7]) Odnosno težina jedinjenja. Atomska težina je ranije računata na H = 1, onda je O = 15,96. — [8]) Za osam novopriznatih elemenata stavljen je u uglaste zagrade maseni broj najbolje poznatog elementa.

**Promena elemenata.** Prirodno: raspadanjem atoma kod radioaktivnih elemenata (teorija Rutherford-a i Soddy-a) i veštačkim putem: razbijanjem atomskog jezgra odnosno promenom jezgra bombardovanjem alfa-, proton-, neutron- i gama-zracima. Radno polje fizike jezgra i hemije jezgra. Zaključci: Ekvivalentnost energije i materije). Veštačka radioaktivnost vidi Stoffütte, 2 izdanje, strana 4 i dalje.

Postoje elementi koji se isto hemiski ponašaju pri istom rednom broju, ali imaju različite atomske težine (mala otstupanja). Takvi hemiski-identični elementi sa istim naelektrisanjem jezgra, a različite mase označavaju se kao izotope.

Elementi, čije atomske težine nisu celi brojevi, smatraju se kao smese izotopa, čije atomske težine leže ispod i iznad atomske težine dobivene hemiskim putem, koja se smatra »težinom jedinjenja« (»srednja atomska težina smese izotopa koja se pojavljuje u prirodi). Izotope su »mešani elementi« nasuprot »čistim elementima«.

**Periodni sistem.** D. I. Mendelejev i L. Meyer su sredili elemente prema porastu njihove atomske težine u tablicu sastavljenu iz redova i stubaca, i našli da hemiski jednorodni elementi stoje na ravnomernom otstojanju jedan ispod drugog (tablica 3, strana 953).

Iz tablice 3 se vidi da periodni sistem, koji počinje sa vodonikom (broj naboja jezgra 1) i završava se Uranom (broj naboja jezgra 92)[1]) sadrži 92 elementa. Periodni sistem, sređen po atomskim težinama, pokazuje ipak još nekoliko nepravilnosti. Mesto reda elemenata po atomskoj težini kao dosad, sad preovlađuje red po njihovom rednom broju (= broj naboja jezgra = broj elektrona) uz pomoć rentgeno-spektroskopije, po Mosley-ovu zakonu (v. Laue, ZVDI 68 (1924), str. 769).

Hemiski elementi se jedine u molekule u određenim težinskim odnosima (po zakonu konstantnih i umnoženih razmera); tako se, na pr., vezuju 12 delova ugljenika (C) sa 16 delova kiseonika (O) u ugljen monoksid (CO), ali se vezuju 12 delova ugljenika (C) i sa 32 dela kiseonika (O) u ugljen dioksid ($CO_2$). Najmanji delovi hemiskih jedinjenja su molekuli, molekul sode se, na pr., sastoji, prema hemiskoj formuli sode ($Na_2CO_3$), iz Na-, C- i O-atoma. Svaki element ima prema vodoniku (jedinica valentnosti) izvesnu podobnost vezivanja, čija mera pretstavlja valentnost ili valencu; pod valentnošću jednog atoma prema vodoniku podrazumeva se, dakle, broj vodonikovih atoma, koje on može da veže. Jednovalentni su, na pr., Na, K, Li itd. tj., jedan atom ovih elemenata u stanju je da zameni samo jedan vodonikov atom, na pr., u jednoj kiselini.

---

[1]) Sporno je postojanje elemenata sa rednim brojem 93 i dalje, tzv. transuranski elementi; vidi istraživačke radove Hahn-a i Fermi-a. — Hahn u. Strassmann: Über das Zerplatzen des Urankernes durch langsame Neutronen u Abh. d. Preuss. Akad. d. Wiss. 1939. Math.-naturw. Kl. Nr. 12.

## Tablica 3. Periodni sistem elemenata

Masna slova pretstavljaju broj naboja jezgra (= redni broj = broju elektrona) elemenata

| Red. br. | Grupa I | Grupa II | Grupa III | Grupa IV | Grupa V | Grupa VI | Grupa VII | Grupa VIII | Grupa 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 H | | | | | | | | 2 He |
| 2 | 3 Li | 4 Be | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | | 10 Ne |
| 3 | 11 Na | 12 Mg | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | | 18 Ar |
| 4 | 19 K<br>29 Cu | 20 Ca<br>30 Zn | 21 Sc<br>31 Ga | 22 Ti<br>32 Ge | 23 V<br>33 As | 24 Cr<br>34 Se | 25 Mn<br>35 Br | 26 Fe 27 Co 28 Ni | 36 Kr |
| 5 | 37 Rb<br>47 Ag | 38 Sr<br>48 Cd | 39 Y<br>49 In | 40 Zr<br>50 Sn | 41 Nb<br>51 Sb | 42 Mo<br>52 Te | 43 Ma<br>53 J | 44 Ru 45 Rh 46 Pd | 54 X |
| 6 | 55 Cs<br>79 Au | 56 Ba<br>80 Hg | 57 La(*)<br>81 Ti | 72 Hf<br>82 Pb | 73 Ta<br>83 Bi | 74 W<br>84 Po | 75 Re<br>85 — | 76 Os 77 Ir 78 Pt | 86 Rn |
| 7 | 87— | 88 Ra | 89 Ac | 90 Th | 91 Pa | 92 U | [1] | | |

(*) Retke zemlje 58 do 71:

58 Ce, 59 Pr, 60 Nd, 61 —, 62 Sm, 63 Eu, 64 Gd, 65 Tb, 66 Dy, 67 Ho, 68 Er, 69 Tm, 70 Yb, 71 Cp

Apsolutne težine atoma u CGS-sistemu su samo od teoriskog interesa. Zato se određuju »atomske težine«; to su brojevi dobiveni u odnosu na kiseonik (O = 16)[2]). Molekulske težine se izračunavaju iz atomskih težina na osnovi hemiskih formula materijala.

Po svojim fizičkim i hemiskim svojstvima elementi se dele u nemetale, polumetale i metale. Najveća razlika između prvih i poslednjih je u tome, što se nijedan metal, sem malih otstupanja, ne može rastvoriti u nekom neutralnom rastvornom sredstvu, dalje, metali su svi provodnici prve vrste. Njihova električna provodljivost se povećava sa padom temperature i u blizini apsolutne nule prelazi u supraprovodljivost. Osim toga metali imaju jednoatomsku strukturu. Važno je obeležje i njihov »metalni« sjaj. Specifična toplota × atomska težina kod većine metala daje konstantu 6,4 (pravilo Dulong-Petit-a).

---

[1]) V. napomenu [1]) na str. 952.

[2]) Masa vodonikovog atoma = $1{,}6615 \cdot 10^{-24}$ (g +).

## Tablica 4. Tehnički važna hemiska jedinjenja [1] [2])

(Industriski naziv hemikalija)

| Industriski naziv | Hemiski naziv | Formula | Molekulska težina [3]) | 100 težin. delova jedinjena sadrže [3]) |
|---|---|---|---|---|
| Acetilen | Acetilen | $C_2 \cdot H_2$ | 26,02 | 92,3 C |
| Aceton | Aceton | $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$ | 58,05 | 61,9 C |
| Amonijak | Amonijak | $NH_3$ | 17,03 | 82,3 N |
| Amonijum kalaj hlorid | Amonijum kalaj hlorid | $(NH_4)_2 \cdot Sn \cdot Cl_6$ | 367,52 | 33,3 Sn |
| Anhidrit | Kalcijum sulfat v. bezvod. gips | $Ca\,SO_4$ | 136,14 | 41,2 CaO |
| Anilin | Anilin (amido benzol) | $C_6 H_5 \cdot NH_2$ | 93,06 | 77,3 C |
| Antimonpentasulfid | Antimonpentasulfid | $Sb_2 S_5$ | 403,82 | 60,3 Sb |
| Antimontrisulfid | Antimontrisulfid | $Sb_2 S_3$ | 339,70 | 71,7 Sb |
| Arsenik | Arsenik, arsenasta kiselina | $AS_2 O_3$ | 197,92 | 75,9 As |
| Auripigment | Arsentrisulfid | $AS_2 S_3$ | 246,10 | 60,9 As |
| Azotna kiselina | Azotna kiselina | $HNO_3$ | 63,02 | 25,4 N |
| Azurno plavo | Azurit, bazni bakar karbonat | $2\,Cu\,CO_3 \cdot Cu \cdot (OH)_2$ | 344,73 | 55,3 Cu |
| Bakarno plavo | Bakar hidroksid | $Cu\,(OH)_2$ | 97,59 | 65,1 Cu |
| Bakarno zeleno | Bazni bakar karbonat | $Cu\,(C_2 H_3 O_2)_2 \cdot Cu\,(OH)_2 \cdot 5\,H_2 O$ | 369,28 | 34,4 Cu |
| Barijum superoksid | Barijum superoksid | $Ba\,O_2$ | 169,36 | 90,6 BaO |
| Barit | Barijum oksid | $Ba\,O$ | 153,36 | 89,6 Ba |
| Baritno belo | Barijum sulfat | $Ba\,SO_4$ | 233,42 | 65,7 BaO |
| Benzin | Benzin | Smesa različitih ugljovodonika sastava $C_n\,H_{2n+2}$ ($n = 5$ do 12) | | |
| Benzol | Benzol | $C_6 H_6$ | 78,05 | 92,2 C |
| Berlinsko plavo (2 vrste: u vodi rastvorno ili nerastv.) | Feri-fero cijanid | $Fe_4\,[Fe\,(CH)_6]_3$ | 859,02 | 45,5 Fe |
| Bikarbona soda | Natrijum bikarbonat | $Na\,HCO_3$ | 84,01 | 52,3 $CO_2$ |
| Bizmut galenit | Bizmut sulfid | $Bi_2 S_3$ | 514,18 | 81,1 Bi |
| Bizmutov oker | Bizmut oksid | $Bi_2 O_3$ | 466,00 | 89,7 Bi |
| Boksit | Hidrat glinice | $Al_2 O_3 \cdot 2\,H_2 O$ | 156,00 | 34,7 Al |
| Boraks | Natrijum tetraborat | $Na_2 B_4 O_7 \cdot 10\,H_2 O$ | 381,43 | 16,3 $Na_2O$ |
| Borna kiselina | Borna kiselina | $H_3 BO_3$ | 61,84 | 17,5 B |
| Bromid srebra | Srebro bromid | $Ag\,Br$ | 187,8 | 42,6 Br |
| Carska voda | Smesa konc. azotne kiseline ($HNO_3$) i konc. sone kiseline (HCl) 1 : 3 | | | |
| Celuloza | Celuloza | $(C_6 H_{10} O_5)_n$ | — | — |
| Cijankalijum | Kalijum cijanid | $KCN$ | 65,11 | 60,1 K |
| Cijanovodonična kiselina | Cijan vodonik | $HCN$ | 27,02 | 44,4 C |
| Cink sulfat | Cink sulfat | $Zn\,SO_4 \cdot 7\,H_2 O$ | 287,55 | 28,3 ZnO |

[1]) Obradio Dr. phil. Dr. rer. pol. Hoppmann, Berlin. — [2]) V. i XIX glavu: Tehnički važne hemijske materije, str. 1222. — [3]) Zaokrugljeno

**Tablica 4. Tehnički važna hemiska jedinjenja** (nastavak)

| Industriski naziv | Hemiski naziv | Formula | Molekulska težina[3]) | 100 težin. delova jedinjenja sadrže[3]) |
|---|---|---|---|---|
| | Industriski naziv hemikalija | | | |
| Cinkova so sone kiseline | Cink hlorid, hlorcink | $ZnCl_2$ | 136,29 | 48,0 Zn |
| Cinkovo belo | Cink oksid | ZnO | 81,38 | 80,4 Zn |
| Cinober | Merkuri sulfid | HgS | 237,7 | 84,8 Hg |
| Čezap | Azot. kiselina, v. tamo | $HNO_3$ | 63,02 | 25,4 N |
| Čađ | Amorfan ugljenik | C | 12 | — |
| Čilska šalitra | Natrijum nitrat | $NaNO_3$ | 85,01 | 72,9 $Na_2O$ |
| Dolomit | Kalcijum-magnezijum karbonat | $CaMg(CO_3)_2$ | 184,40 | 47,7 $CO_2$ |
| Englesko crveno | v. polirno crveno | | | |
| Etar | Etil etar | $C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5$ | 74,08 | 64,6 C |
| Fero hlorid | Fero hlorid | $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ | 198,82 | 28,1 Fe |
| Fiksir | Natrijum tiosulfat | $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ | 248,19 | 18,5 Na |
| Fluorovodonična kiselina | Fluorovodonik | HF | 20,01 | 94,5 F |
| Fluspat | Kalcijum fluorid | $CaF_2$ | 78,08 | 48,7 F |
| Formalin | Formaldehid (najviše 40%-tni vodeni rastvor) | $N \cdot CHO$ | 30,02 | 40,0 C |
| Galenit | Olovo sulfid | PbS | 239,27 | 86,6 Pb |
| Galica plava | Bakar sulfat | $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ | 249,71 | 25,4 Cu |
| Galica zelena | Fero sulfat | $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ | 278,01 | 20 Fe |
| Gips | Kalcijum sulfat | $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ | 172,17 | 46,7 $SO_3$ |
| Glacijalna sirćetna | Sirćetna kiselina (konc.) | $CH_3 \cdot COOH$ | 60,03 | 39,96 C |
| Glauberova so | Natrijum sulfat | $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ | 322,21 | 14,2 Na |
| Glicerin | Glicerin | $C_3 \cdot H_5(OH)_3$ | 92,06 | 39,1 C |
| Glinica | Aluminijum oksid | $Al_2O_3$ | 101,94 | 52,9 Al |
| Gorka so | Magnezijum sulfat | $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ | 246,0 | 9,9 Mg |
| Grafit | Grafit, krist. ugljenik | C | — | — |
| Grafitno mazivo (Oildag) | Suspenzija grafita u ulju za podmazivanje (sredstvo za podmazivanje) | | | — |
| Gvožđevo crveno (v. polirno crveno) | Gvožđev oksid (ferioksid) | $Fe_2O_3$ | 159,68 | 69,9 Fe |
| Hidrat glinice (v. i boksit) | Aluminijum hidroksid | $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ | 156,00 | 34,7 Al |
| Hlorid kalcijuma | Kalcijum hlorid (bezvodni) | $CaCl_2$ | 110,99 | 36,1 Ca |
| Hlorid gvožđa | Feri hlorid | $FeCl_3$ | 162,21 | 34,4 Fe |
| Hlorid olova | Olovo hlorid | $PbCl_2$ | 278,12 | 74,5 Pb |
| Hlorid srebra | Srebro hlorid | AgCl | 143,34 | 24,7 Cl |
| Hlorni kreč | Hlorni kreč | CaCl(OCl) | 126,99 | 55,8 Cl |
| Hrom oksid | Hrom oksid | $Cr_2O_3$ | 152,02 | 68,4 Cr |
| Hromna kiselina | Hrom trioksid | $CrO_3$ | 100,01 | 52,0 Cr |
| Kalaj hlorid v. kalajeva so | Kalaj hlorid, stanohlorid | | | — |
| Kalaj hlorid | Kalaj hlorid, stanihlorid | $SnCl_4$ | 260,53 | 45,6 Sn |

**Tablica 4. Tehnički važna hemiska jedinjenja** (nastavak)

Industriski naziv hemikalija

| Industriski naziv | Hemiski naziv | Formula | Molekulska težina[3]) | 100 težin. delova jedinjenja sadrže[3]) |
|---|---|---|---|---|
| Kalajeva so . . | Kalaj hlorid, stanohlorid . . . . . | $Sn\,Cl_2 \cdot 2\,H_2O$ | 225,65 | 52,6 Sn |
| Kalcinirana kaustična soda . | Natrijum karbonat (bezvodni) . . . | $Na_2\,CO_3$ | 105,99 | 58,5 $Na_2O$ |
| Kalcijum karbid | Kalcijum karbid . | $Ca\,C_2$ | 64,07 | 62,5 $CaO$ |
| Kalcijum oksid (v. kreč) | | | | |
| Kalcijum orto fosfat . . . . | Kalcijum orto fosfat . . . . . | $Ca_3\,(PO_4)_2$ | 310,28 | 45,8 $P_2O_5$ |
| Kalijeva lužina | Kalijum hidroksid, vodeni rastvor . | v. kalijum hidroksid | | |
| Kalijum antimonil tartarat | Kalijum antimonil tartarat . . . . | $Sb\,O\,(C_4\,H_4\,O_6) \cdot K \cdot {}^1/_2\,H_2O$ | 333,8 | — |
| Kalijum bihromat . . . . | Kalijum bihromat | $K_2\,Cr_2\,O_7$ | 294,23 | 32,0 $K_2O$ |
| Kalijum bitartarat (vinski kamen) . . . | Kisela kalijum so vinske kiseline . | $CH \cdot OH \cdot COOK$ \| $CH \cdot OH \cdot COOH$ | 188,14 | — |
| Kalijum feri cijanid . . | Kalijum feri cijanid . . . . . | $K_3\,Fe\,(CN)_6$ | 329,20 | 17 Fe |
| Kalijum fero cijanid . . . | Kalijum fero cijanid . . . . . | $K_4\,Fe\,(CN)_6 \cdot 3\,H_2O$ | 422,34 | 13,2 Fe |
| Kalijum hidroksid . . . . | Kalijum hidroksid | $KOH$ | 56,11 | 69,7 K |
| Kalijum hromat | Kalijum hromat . | $K_2\,Cr\,O_4$ | 194,20 | 40,3 K |
| Kalijumova so permanganove kiseline . . . | Kalijum permanganat . . . . . | $K\,Mn\,O_4$ | 158,03 | 34,6 Mn |
| Kalijum šalitra | Kalijum nitrat . . | $KNO_3$ | 101,11 | 46,6 $K_2O$ |
| Kalijum tetra oksalat . . | Kalijum tetra oksalat . . . . . | $KH_3\,(C_2\,O_4)_2 \cdot 2\,H_2O$ | 254,15 | 15,4 K |
| Kalomel . . . | Merkurohlorid . . | $Hg_2\,Cl_2$ | 472,13 | 85,0 Hg |
| Kaolin . . . . | Kaolin . . . . . | $Al_2\,O_3 \cdot 2\,Si\,O_2 \cdot 2\,H_2O$ | 258,90 | 20,9 Al |
| Karborundum . | Silicijum karbid . | $SiC$ | 40,06 | 70 Si |
| Kaustična soda | Natrijum hidroksid | $Na\,(OH)$ | 40,00 | 57,5 Na |
| Kolodijum . . | Kolodijum (rastvor dinitroceluloze u etru i alkoholu) | | | |
| Korund (šmirgl) | Aluminijum oksid | $Al_2\,O_3$ | 101,94 | 52,9 Al |
| Kositerit . . . | Kalaj oksid . . . | $Sn\,O_2$ | 150,70 | 78,8 Sn |
| Kreč, gašeni . . | Kalcijum hidroksid | $Ca\,(OH)_2$ | 74,09 | 75,7 $CaO$ |
| Krečno mleko | Kalcijum hidroksid | v. kalcijum hidroksid (vodeni rastvor) | | |
| Krečnjak (kalcit . . . . . | Kalcijum karbonat | $Ca\,CO_3$ | 100,08 | 56,0 $CaO$ |
| Kreč, pečeni . | Kalcijum oksid . | $Ca\,O$ | 56,08 | 71,4 Ca |
| Kreda . . . . | Kalcijuma karbonat | $Ca\,CO_3$ | 100,07 | 56,0 $CaO$ |
| Krezol . . . | o-, m-, p-krezol (oxytoluol) . . . | $C_6\,H_4 \cdot OH \cdot CH_3$ | 108,06 | 90,8 C |
| Kristalna soda | Natrijum karbonat | $Na_2\,CO_3 \cdot 10\,H_2O$ | 286,15 | 21,7 $Na_2O$ |
| Kuhinjska so (kamena so) . | Natrijum hlorid . | $Na\,Cl$ | 58,45 | 39,4 Na |
| Lapis . . . . . | Srebra nitrat . . | $Ag\,NO_3$ | 169,89 | 63,5 Ag |
| Liskun . . . . | Liskun . . . . . | različitog sastava $Al_3\,(KNa)\,H_2\,(Si\,O_4)_3$ | | |
| Litopone . . . | Smesa cink sulfida ($Zn\,S$) i barijum sulfata ($Ba\,SO_4$) | | | |
| Lizol . . . . . | Smesa sirovih krezola (oko 50% u uljanim ili smolastim sapunima) | | | |

**Tablica 4. Tehnički važna hemiska jedinjenja** (nastavak)

| Industriski naziv | Hemiski naziv | Formula | Molekulska težina[3]) | 100 težin. delova jedinjenj sadrži[3]) |
|---|---|---|---|---|
| Industriski naziv hemikalija | | | | |
| Magnezijum oksid | Magnezijum oksid | $MgO$ | 40,32 | 60,4 Mg |
| Mangan dioksid | Mangan dioksid | $MnO_2$ | 86,93 | 63,2 Mn |
| Mangan superoksid | v. mangan dioksid, piroluzit | | | |
| Mermer | v. krečnjak | | | |
| Metanol | Metanol, metilalkohol, v. drvni špirit | | | |
| Minijum | v. Olovni minijum | | | |
| Mohrsch-ova so | Gvožđe amonijum sulfat | $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ | 392,16 | 14,2 Fe |
| Mravlja kiselina | Mravlja kiselina | $H \cdot COOH$ | 46,02 | 26,0 C |
| Musivno zlato | Kalaj disulfid | $SnS_2$ | 182,82 | 65 Sn |
| Naftalin | Naftalin | $C_{10}O_8$ | 128,1 | 93,5 C |
| Natrijum hidroksid | Kaustična soda u vodenom rastvoru v. tamo | | | |
| Natrijum šalitra | Natrijum nitrat | $NaNO_3$ | 85,01 | 16,5 N |
| Natrijum tiosulfat | Natrijum tiosulfat | $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ | 248,19 | 18,5 Na |
| Nišador | Amonijum hlorid | $NH_4Cl$ | 53,50 | 31,8 $NH_3$ |
| Oksalna kiselina | Oksalna kiselina | $(CO_2H)_2 \cdot 2H_2O$ | 126,05 | 19,02 C |
| Oleum | Konc. sumpor. kiselina | $H_2SO_4$ | 98,08 | 32,7 S |
| Olovna gleđ | Olovo oksid | $PbO$ | 223,21 | 92,8 Pb |
| Olovni minijum | Olovni minijum, olovo plumbat | $Pb_3O_4$ | 685,63 | 90,7 Pb |
| Olovno belo | Bazni olovo karbonat | $Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3$ | 775,65 | 80 Pb |
| Olovo acetat | Olovo acetat (olovna so sirćetne kiseline) | $Pb(C_2H_3O_2) \cdot 3H_2O$ | 379,30 | 55 Pb |
| Ozokerit. zemljin vosak | Cerezin = teško topljivi zasićen ugljenični parafin | | | |
| Perborat | Natrijum perborat | $NaBO_3 \cdot 4H_2O$ | 153,88 | 14,96 Na |
| Permanganat | Kalijum permangan. | $KMnO_4$ | 158,03 | 34,7 Mn |
| Permanentno belo | v. baritno belo | | | |
| Piroluzit | Mangan dioksid | $MnO_2$ | 86,93 | 63,2 Mn |
| Plava galica | Bakar sulfat | $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ | 249,71 | 31,9 Cu |
| Polirno crveno | Gvožđev oksid, feri oksid | $Fe_2O_3$ | 159,68 | 69,9 Fe |
| Potaša | Kalijum karbonat | $K_2CO_3$ | 138,21 | 68,2 $K_2O$ |
| Rongalit | Formaldehid-sulfoksitat | $CH_2O \cdot SO_2HNa \cdot 2H_2O$ | 154,12 | — |
| Schlipp-ova so | Natrijum sulfantimonat | $Na_3SbS_4 \cdot 9H_2O$ | 481,22 | 25,2 Sb |
| Seignette-ova so | Kalijum natrijum tartarat | $CH \cdot OH \cdot COONa$ \| $CH \cdot OH \cdot COOK \cdot 4H_2O$ | 282,2 | 16,98 C |
| Sfalerit | Cink sulfid | $ZnS$ | 97,44 | 67,1 Zn |
| Silicijumova kiselina (kvarc) | Silicijumova kiselina | $SiO_2$ | 60,06 | 46,7 Si |
| Sirće | Sirćetna kiselina (razbl.) v. glacijalna sirćetna | | | |
| Sirće iz drveta | Sirovi produkt destilacije drveta; smesa metilalkohola, acetona i sirćetna kiselina itd. | | | |

**Tablica 4. Tehnički važna hemiska jedinjenja** (nastavak)

Industriski naziv hemikalija

| Industriski naziv | Hemiski naziv | Formula | Molekulska težina[2] | 100 težin. delova jedinjenja sadrže[3] |
|---|---|---|---|---|
| Smešljivi gas | Azot suboksid | $N_2O$ | 44,02 | 63,6 N |
| Sona kiselina | Hlorovodonična kiselina | HCl | 36,47 | 97,2 Cl |
| Spatna ruda | Cink karbonat | $ZnCO_3$ | 125,33 | 64,9 ZnO |
| Stipsa | Kalijum-aluminijum-sulfat | $K \cdot Al(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$ | 473,37 | 5,7 Al |
| Sumpor vodonik | Sumpor vodonik | $H_2S$ | 34,07 | 94,1 S |
| Sumporasta kiselina | Sumpor dioksid | $SO_2$ | 64,06 | 50,1 S |
| Sumporna kiselina | Sumporna kiselina | $H_2SO_4$ | 98,08 | 32,7 S |
| Superfosfat | Smesa primarnog i sekundarnog kalcijum fosfata | $Ca(H_2PO_4)_2 + CaHPO_4$ | — | — |
| Svetlac, tinjac | Kalcijum sulfat (vrsta gipsa) | $CaSO_4 \cdot 2 H_2O$ | 172,16 | 32,6 CaO |
| Šalitra | v. natrijum i kalijum šalitra | | | |
| Šmirgl | Korund, v. tamo | | | |
| Špirit drvni | Metanol, metil alkohol | $CH_3 \cdot OH$ | 32,03 | 37,4 C |
| Špiritus | Etil alkohol (denaturisan) | $C_2H_5 \cdot OH$ | 46,05 | 52,1 C |
| Švajnfurtsko zeleno | Bakar acetat, bakar arsenit | $Cu(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3 Cu(AsO_2)_2$ | 586,35 | 43,4 Cu |
| Švedsko zeleno (Šel zeleno) | Bakrova so arsenaste kiseline promenljiva sastava | $Cu(AsO_2)_2$ i $Cu_3(AsO_3)_2$ | promenljiva | — |
| Talk | Magnezijum silikat | $Mg_3H_2(SiO_3)_4$ | 379,21 | 19,2 Mg |
| Tečnost za lemljenje | Vodeni rastvor cink hlorida (v. tamo) | | | |
| Tetra etil olova | Olovo tetra etil | $Pb(C_2H_5)_4$ | 323,38 | 64 Pb |
| Tetra hlor ugljenik | Tetra hlor ugljenik | $CCl_4$ | 153,83 | 92,2 Cl |
| Tetralin | Tetra hidronaftalin | $C_{10}H_{12}$ | 132,38 | 90,8 C |
| Trihloretilen | Trihloretilen | $C_2H \cdot Cl_3$ | 131,33 | 18,2 C |
| Tomasova zgura | Dvoguba so kalcijum fosfat—kalcijum silikat | $Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca_2SiO_4$ | — | — |
| Ugljena kiselina | Ugljeni dioksid | $CO_2$ | 44,00 | 27,3 C |
| Ugljen monoksid | Ugljen monoksid | CO | 28,00 | 42,9 C |
| Vinski kamen | v. i kalijum bitartarat | | | |
| Voda | Voda | $H_2O$ | 18,016 | 11,19 H |
| Vodeno staklo | Natrijum silikat | $Na_2SiO_3$ ili $K_2SiO_3$ | — | — |
| Vodonik super oksid (30%) | Perhidrol | $H_2O_2$ (30%) | 34,016 | 100 delov. daju 100 zapr. O |
| Zelena galica | Fero sulfat | $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ | 278,01 | 25,8 FeO |
| Živin fulminat | Živin fulminat | $Hg(CNO)_2 \cdot {}^1/_2 H_2O$ | 284,60 | 70,7 Hg |

# B. Tablice zapreminskih težina. Tablica potrebnog prostora za skladištenje

**Specifična masa** (gustina), $\varrho$ = masa/zapremina je masa jedinice zapremine datog tela. Dimenzija: $[KT^3/L^4]$, odnosno $[M/L^3]$, (vidi i str. 241 i 350).

**Specifična težina**, $\gamma$ = težina/zapremina, je težina jedinice zapremine datog tela. Dimenzija: $[K/L^2]$, odnosno $[M/L^2T^2]$.

**Relativna težina** ($s$) (relativna masa) je količnik: težina (masa) datog tela kroz težinu (masu) jednog tela za upoređenje, jednake zapremine. Relativna težina je neimenovan broj. Ako nisu dati nikakvi drugi podaci, za čvrsta i tečna tela se kao telo za upoređenje uzima voda na $4^0$ i 760 mm Hg[1]). Telo za upoređenje za gasovita tela je često vazduh na $0^0$ i 760 mm Hg.

**Zapreminska težina** je specifična težina nehomogenog tela u stanju u kome se ono nalazi.

**Stepen gustine** je količnik: zapreminska težina tela kroz specifična težina toga tela, dakle: stepen gustine = zapreminska težina/specifična težina.

Ako je $V$ (ili $V'$) zapremina tela (ili gasa) u $dm^3$ (l), $G$ (ili $G'$) težina tela (ili gasa) u kg, onda je

$$G = V\gamma \quad \text{i} \quad G' = V' \cdot \gamma'^{2}),$$

tj.. $1\ dm^3$ tela teži $\gamma$ kg, $1\ cm^3$ tela teži $\gamma$ g[1]),
$1\ l$ gasa teži $0{,}001\,293^{2})\ s$ kg $= 1{,}293^{2})\ s$ g.

**Specifična težina Zemlje** (određena po Jolly-evu postupku, merena od strane König-a, Krigar-Menzel-a i Richarz-a iznosi prosečno 5,505 kg/dm³, po drugim podacima 5,53 kg/dm³. Upupna težina Zemlje iznosi, dakle oko $5960 \cdot 10^{18}$ t = 5960 triliona tona.

**Brojni podaci**: Obratiti pažnju na ovo: 1. Brojne vrednosti specifične mase ($\varrho$) i specifične težine ($\gamma$) tela su identične kada je specifična masa uzeta u fizičkom, a specifična težina u tehničkom sistemu mera.

2. Brojne vrednosti su različite, kada su specifična masa i specifična težina merene u istom sistemu mera. Onda je $\gamma = \varrho \cdot g$; $\varrho = \gamma / g^3$).

---

[1]) Po novijim najtačnijim mjerenjima. (Proces Verbaux, Com. Intern. des Poids et Mesures 13 (1929) str. 272) voda na $4^0$ i pri pritisku od 760 mm Hg ima najverovatniju specifičnu masu 0,999 972 g + /cm³. Prema tome je težina $1\ cm^3$ vode pri ubrzanju Zemljine teže od 980,665 cm/s², $4^0$ i 76 cm Hg = 0,999 972 g. Težina jednog mililitra vode je = 1 g (pod istim uslovima). Iz toga sledi $1\ l = 1000{,}028\ cm^3$. Pri odmeravanju vodom vrši se određivanje zapremine u g/ml (ili u kg/l). Pri vrlo tačnim merenjima specifične težine treba, dakle, uzeti u obzir, da je $1\ g/cm^3 = 0{,}999\,972$ g/ml. Brojna vrednost relativne težine je prema tome veća od vrednosti specifične težine. Ova razlika se sme zanemariti u većini slučajeva, i obe vrednosti se mogu izjednačiti.

[2]) $\gamma' = \gamma_{vazd} \cdot s$; $\gamma_{vazd} = 0{,}001\,293$ kg/l. Kod vrlo preciznih merenja treba uzeti u obzir promenu $\gamma$ vazduha pri povećanju temperature srazmerno zapremini (str. 972) V. tablice u »Dodatku«.

[3]) Ubrzanje Zemljine teže $c$ (str. 352, tablica 65, v. Dodatak) = 9,81 m/s² = 95,1 dm/s² = 981 cm/s².

Primer: v. DIN 5450. Prema tome je za vazduh na morskoj visini u tehničkom sistemu mera

spec. težina ($\gamma$) 1,2255 kg/m³; spec. masa ($\varrho$) 0,12497 kg s²/m⁴ (= 1,2255 kg/m³ : 9,81 m/s²)

3. Brojne vrednosti specifične mase ($\varrho$), merene u tehničkom sistemu mera, otstupanju od odnosnih brojnih vrednosti specifične mase ($\varrho$) u fizičkom sistemu mera isto kao i specifične težine po ovim obrascima:

spec. težina data u tehničkom sistemu mera = spec. težina data u fizičkom sistemu mera $\times g$.

spec. masa u fizičkom sistemu mera = spec. masa u tehničkom sistemu mera $\times 1/g$.

$$1\ \frac{g^+}{cm^3} = \frac{10^3}{9{,}806\,65}\ \frac{kg\ s^2}{m^4}; \qquad 1\ \frac{kg}{m^3} = \frac{9{,}806\,65}{10}\ \frac{g^+}{s^2 cm^2}.$$

Primer[2]): specifična težina ($\gamma$) gvožđa

$\gamma = 7{,}8$ kg/dm³ ili $\gamma = 7800$ kg/m³

$= 7{,}8$ kg$^+$ · 98,1 dm/s² dm³ ili $\gamma = 7800$ kg$^+$ · 9,81 m/s² m³

$= 765{,}18$ kg$^+$/s² dm² ili $\gamma = 76518$ kg/s² m²

$= 765{,}18 \cdot 1000$ g$^+$ /100 s² cm² ili $\gamma = 76518 \cdot 1000$ g$^+$ /10000 s² cm²

$= 7651{,}8$ g$^+$/s² cm² ili $\gamma = 7651{,}8$ g$^+$ / s² cm².

Specifična masa ($\varrho$) gvožđa

$\varrho = 7{,}8$ g$^+$/cm³ = 7,8 g s²/(981 cm · cm²) = 0,007951 g s²/cm⁴.

**Areometar.** Ako su $n$ stepeni areometra, $\gamma_l$ i $\gamma_s$ specifične težine tečnosti lakše ili teže od vode, onda su prema areometru:

po Baumé-u (na 15° C) $\gamma_l = 144{,}30/(144{,}30 + n)$ i $\gamma_s = 144{,}30/(144{,}30 - n)$,

po Brix-u (na 15,63° C = 12,5° R) $\gamma_l = 400/(400 + n)$ i $\gamma_s = 400/(400 - n)$.

Tablice za prevođenje podataka za areometre po Baumé-u, Balling-u, Beck-u, Brix-u (Fischer), Stoppani-u i Cartier-u v. u »Dodatku«.

## Tablica 5

## Zapreminske i specifične težine čvrstih tela u kg/dm³ [3] [4]

Podaci: Metali, v. tabl. pregleda, str. 988. Tehnički važne hemiske materije, v. i XIX poglavlje;
Stene, v. svojstva tehnički važnih stena, V poglavlje, tabl. 3.
Goriva, v. XII poglavlje Goriva; Legure za livenje. tabl. 4, 5 i 6 str. 1029 i dalje.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ahat . . . . . | 2,5—2,8 | Anhidrit (kalc. sulfat) | 2,96 |
| Aluminasti cement . . | 3,15—3,25 | Antimon trisulfid . . | 4,12 |
| Aluminijum čist (99,97%) | 2,699 | Antracen . . . . . | 1,25 |
| Aluminijum kovan . . | 2,75 | Antracit . . . . . | 1,35—1,7 |
| Aluminijum liven . . | 2,56 | Apatit . . . . . | 3,16—3,22 |
| Aluminijum legure, v. str. 1026 i dalje | | Arsen . . . . . | 5,72 |
| | | Arsen sulfid . . . . . | 3,43 |
| Aluminijum oksid . . | 4,00 | Arsenasta kiselina . . | 3,718 |
| Amalgam, prirodni . . | 13,7—14,1 | Asfalt (str. 974 i 1188) | 1,05—1,38 |
| Amonijum hlorid . . | 1,52 | Asfalt beton z . . . . | 2,2 |

[1]) Vidi napomenu [2]) na str. 959. — [2]) Vidi napomenu [3]) na str. 959.

[2]) Obradio inženjer F. Ludloff.

[4]) z. znači zapreminska težina; ako nije data neka bliža oznaka onda podaci važe za specifičnu težinu. Specifične težine čistih elemenata odnose se na temperaturu od 20°. Specifične težine elemenata i hemiskih jedinjenja, v. i Stoffhüte, 2 izd., i Chemiehütte, 2 izd. Službeno propisani podaci o težinama za građevinske materijale, v. III. knj., »Dodatak«. Težine naslaganih tela v. str. 972. Tablica potrebnog prostora za skladištenje v. str. 974.

## Tablica 5. Zapreminske i specifične težine itd. (nastavak)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Asfalt bitumen (str. 1188) | okr. 1,0 | Cement, aluminasti (glinasti) | 3,15—3,25 |
| Asfaltit (str. 1188) | 1,04—1,20 | Cement, portland-, očvrsnuo z | 2,3 |
| Azbest (str. 1194) | 2,1—2,8 | Cement, portland-, svež | 3,1—3,2 |
| Azbestne cementne ploče z | 1,8—2,2 | Cement visoke peći z | 1,03 |
| Azbestni karton | 1,2 | Cementne sunđer. opeke | 2,2—2,4 |
| Azurno plavo | 3,7 | Cementne sunđeraste opeke z | isp. 0,85 |
| Bakar, elektrolitički | 8, 9—8,95 | Cer | 6,8 |
| Bakar, kovan | 8,9—9 | Cezijum | 1,87 |
| Bakar, liven | 8,30—8,92 | Cijan kalijum | 1,52 |
| Bakar, tečan | 8,22 | Cink hlorid | 2,753 |
| Bakar, valjan | 8,9—9 | Cink, liven | 6,86 |
| Bakar hlorid, bezvodni | 3,054 | Cink, tečan | 6,48 |
| Bakar legure za livenje brizganjem (str. 1004) | 7,4—8,5 | Cink, sulfat, bezvodni | 3,49 |
| Bakar legure za livenje u kokilama (str. 1002) | 7,6—8,8 | Cink sulfat, kristalni | 2,04 |
| Bakar silikat | 2,0—2,3 | Cinkovo belo | 5,65 |
| Bakarna žica | 8,9 | Cinober | 8,0—8,3 |
| Balata | 1,044 | Cirkon oksid | 3,3 |
| Barijum bromid | 3,827 | Cirkonova ruda | okr, 3.3 |
| Barijum oksid | 5,70 | Crep | 2,6 |
| Barijum sulfat | 4,25 | Crni barutni prah z | 1,6 |
| Bazaltna lava z | 2,25 | Čilibar | 1,0—1,1 |
| Beli metali (DIN 1703, str. 1066) | 7,5—10,1 | Čađ, gar | 1,7—1,8 |
| Beli mikanit | 2,5—2,6 | Čelik, v. str. 1012 i dalje | |
| Beton, v. str. 1111 i dalje | | Četkice ugljene z | 1,4—1,7 |
| Bizmit | 4,3—4,4 | Čilska šalitra | 2,1—2,25 |
| Bizmut galenit | 6,5 | Delta-metal | 8,6 |
| Bizmut, liven | 9,82 | Detelina, seme (težina u nabacanom stanju) | 0,85 |
| Bizmut tečan | 10,055 | Dijatomejska zemlja z | 2,66 |
| Bizmut oksid | 8,824 | Dijatomejski škriljac | 2,1 |
| Blokovi od pluta | 0,2—0,35 | Difenil | 1,04 |
| Boksit | 2,4—2,6 | Difenil-amin | 1,16 |
| Bolus | 2,2—2,5 | Dijamant | 3,5—3,6 |
| Bor | 2,34 | Dijamant (ugljenik) | 3,01—3,45 |
| Bor karbid | 2,51 | Drvena kaldrma z | 1,1 |
| Boracit | 2,9—3,0 | Drveni ugalj bez vazduha | 1,4—1,5 |
| Boraks, bezvodni | 1,721 | Drveni ugalj sa vazduhom | 0,4 |
| Bronza, 6—20% Sn | 8,7—8,9 | Drvo, vrste (str. 1130 i dalje) | |
| Bronza mašinska (str. 1045) | 8,56—8,9 | Duralumin | 2,27—5,87 |
| Celofan (6,5% pora) z | 1,420 | Elektrode (str. 1211) grafitirane z | 1,55—1,60 |
| Celon | 1.3 | Feldspat | 2,5—2,76 |
| Celuloid | 1,38 | Fenol | 1,07 |
| | | Fonolit | 2,35—2,65 |

## Tablica 5. Zapreminske i specifične težine itd. (nastavak)

| | |
|---|---|
| Fosfor, beo | 1,82 |
| Fosfor, crven | 2.20 |
| Fosfor, kristal | 2,34 |
| Fosforna kiselina | 1,651 |
| Fosforna bronza | 8,80—8,86 |
| Fosforna kiselina, orto- | 1,884 |
| Ftalna kiselina | 1,59 |
| Galalit | 1,3—1,4 |
| Galenit | 7,4—7,6 |
| Galijum | 5,9 |
| Gar, čađ | 1,7—1,8 |
| Gar iz plamena (težina gomile) | 0,07—0,20 |
| Gips kao kamen | 2,3 |
| Gips, liven | 0,97 |
| Gips, pečen | 1,81 |
| Glineni škriljac | 2,77—2,84 |
| Glinica, kristalna | 3,8—4,0 |
| Gorka so, bezvodna | 1,678 |
| Gorka so, kristalna | 2,66 |
| Gorski kristal | 2,65 |
| Građevinski kamen v. str. 1088 | |
| Grafit, elektro | 2,22 |
| Grafit, prirodni | 2,0—2,5 |
| Granat | 3,4—4,3 |
| Grožđani šećer | 1,544 |
| Guma (kaučuk) | 0,91—0,93 |
| Guma sa gvožđem | 1,4—1,7 |
| Gumeni proizvodi | 1,0—2,0 |
| Gumi arabika | 1,31—1,45 |
| Gumi guta | 1,2 |
| Gutaperka | 1,02 |
| Gutazin | okr. 1,55 |
| Gvožđe liveno, čvrsto | 7,25 |
| Gvožđe liveno, tečno | 6,9—7,0 |
| Gvožđe sirovo, belo | 7,0—7,8 |
| Gvožđe sirovo, sivo | 6,7—7,6 |
| Gvožđev hlorid fero $FeCl_2$ | 2,528 |
| Gvožđev hlorid feri $FeCl_3$ | 2,804 |
| Gvožđev oksid (FeO) | 5,9 |
| Gvožđev oksid ($Fe_2O_3$) | 5,2 |
| Gvožđev oksid ($Fe_3O_4$) | 5,1 |
| Hafnijum | 13,3 |
| Halkopirit | 4,1—4,3 |
| Hartija, celofan (6,5% pora) | 1,420 |
| Hartija, štamparska (50% pora) | 0,970 |
| Hartija, upijaća (78% pora) | 0,33 |
| Hartija, vlakna | 1,47—1,51 |
| Hematit | 5,2 |
| Hematit crveni | 5,2 |
| Hornblenda | okr. 3,0 |
| Hrom oksid, kristal. (3) | 5,21 |
| Hromit | 4,5—4,8 |
| Hromna kiselina, kristalna | 5,21 |
| Hromno žuto | 6,123 |
| Igelit | 1,35 |
| Ilovača, mokra z | 2,0 |
| Ilovača, suva z | 1,6 |
| Ilovača (zemlja) suva z | 1,5 |
| Indijum | 7,25 |
| Invar čelik (64% Fe, 36% Ni) | 8,7 |
| Itrijum | 4,57 |
| Jod | 4,93 |
| Juta, vlakno (str. 1192) | 1,44 |
| Kainit | 2,1 |
| Kalaj hlorid | 3,298 |
| Kalaj, liven | 7,2 |
| Kalaj, tečan | 7,025 |
| Kalaj oksid | 6,95 |
| Kalaj sulfid | 3,4—3,5 |
| Kalajna bronza | 8,80—8,86 |
| Kalaverit | 9 |
| Kalcijum fluorid | 3,1—3,2 |
| Kalcijum hlorid | 2,15 |
| Kalcijum hlorid, bezvodni | 2,152 |
| Kalcijum karbid | 2,21 |
| Kalcijum karbonat | 2,711 |
| Kalcijum oksid | 3,3 |
| Kalcijum sulfat, bezvodni | 2,96 |
| Kalcit | 2,6—2,8 |
| Kalijum bromid | 2,73 |
| Kalijum cijanid | 1,52 |
| Kalijum feri-cijanid | 1,8944 |
| Kalijum fero-cijanid | 1,883 |
| Kalijum hidroksid | 2,0 |
| Kalijum hlorid | 1,989 |

## Tablica 5. Zapreminske i specifične težine itd. (nastavak)

| | |
|---|---|
| Kalijum nitrat | 2,10 |
| Kalijumova šalitra | 2,09 |
| Kalijum sulfat | 2,66 |
| Kamen za građ. puteva | 2,57—2,83 |
| Kamen za popločavanje | 2,6 |
| Kamenina (str. 1099) | 2,5—2,6 |
| Kamfor | 0,99 |
| Kaolin | 2,2—2,6 |
| Kapok, vlakno | 1,32 |
| Karbamid | 1,32 |
| Karborund kamen z | 1,4—1,8 |
| Karborundum (silicijum karbid) | 3,12—3,20 |
| Karnalit | 1,6 |
| Kaučuk sirovi | 0,91—0,93 |
| Kaustična soda | 2,13 |
| Keramički tehnički materijali, str. 1098) | 1,6—3,9 |
| Klinker | 2,6—2,7 |
| Klinker z | 1,8—2,1 |
| Kobalt sulfid | 6,0—6,3 |
| Kobaltov čelik (15% Co) | 7,8 |
| Kobaltov čelik (35% Co) | 8,0 |
| Kokos, vlakno (str. 1192) | 1,64 |
| Koks | 1,6—1,9 |
| Kolofonijum | 1,07—1,09 |
| Konstantan (60% Cu, 40% Ni) | 8,8 |
| Konjska dlaka od grive | 1,25 |
| Konjska dlaka od repa | 1,4 |
| Kopal, bez vazduha | 1,064—1,083 |
| Kopal, prirodni | 1,062—1,069 |
| Korund, elektro- | 3,75—4,0 |
| Korund, sinter- | 3,9 |
| Kositerit, pepeo | 6,8—7,1 |
| Kosti | 1,7—2,0 |
| Koža hromna z | 0,8—0,85 |
| Koža štavljena, omašćena z | 1,02 |
| Koža, štavljena, suva z | 0,86 |
| Kreč, cementni z | 0,8—1 |
| Kreč, gašen | 1,15—1,25 |
| Kreč, hidraulički z | 0,6—0,7 |
| Kreč, pečen | 0,9—1,3 |
| Kreč roman z | 1,0—1,2 |
| Kreč u belim komadima (testo) z | 1,3—1,4 |
| Kreč u belim i sivim komadima (prah) z | 0,4—0,5 |
| Krečni malter, suv z | 1,60—1,65 |
| Krečni malter, svež z | 1,75—1,80 |
| Krečnjak | 2,62—2,84 |
| Krečnjak, školjčani (Muschelkalk) | 2,4 |
| Kreda | 1,8—2,6 |
| Krezol | 1,048 |
| Kriolit | 2,95 |
| Kristobalit | 2,30 |
| Krompir | 1,06—1,13 |
| Kudelja, vlakno (str. 1192) | 1,48 |
| Kudelja, manila, vlakno (banana) | 1,35 |
| Kuhinjska so | 2,15 |
| Kuprit | 5,5—5,8 |
| Kuprit (ruda) | 5,7—6 |
| Kvarc | 2,1—2,5 |
| Kvarc kao gorski kristal | 2,65 |
| Kvarc za elektrotehniku | 2,0—2,2 |
| Kvarcit z | 2,56 |
| Kvarcni kamen za mlinove | 1,25—1,60 |
| Kvarcni pesak z | 1,4—1,6 |
| Kvarcno staklo | 2,2 |
| Lan, vlakno (str. 966 i dalje) | 1,47—1,5 |
| Lantan | 6,15 |
| Lava, bazaltna | 2,8—3,0 |
| Lava, trahitna | 2,0—2,7 |
| Led ($0^0$) v. i led ugljene kiseline | 0,88—0,918 |
| Led ugljene kiseline, teoriski | 1,56 |
| Led ugljene kiseline, trgovački | 1,5—1,55 |
| Legure za livenje brizganjem (str. 1004) | 2,6—2,9 i 6,7—11,1 |
| Legure za livenje u kokilama (str. 1001 i dalje) | 2,6—3,1 i 7,6—8,3 |
| Lepak, tutkalo | 1,27 |
| Linoleum u rolama, prosečno z | 1,1 |

## Tablica 5. Zapreminske i specifične težine itd. (nastavak)

| | |
|---|---|
| Liskun | 2,6—3,2 |
| Litijum hlorid | 2,068 |
| Litijum karbonat | 2,111 |
| Loj (str. 975) | 0,90 – 0,97 |
| Magnetit | 5,1 |
| Magnetit ruda | 4,9—5,1 |
| Magnezija | 3,2 |
| Magnezijum hlorid, bezvodni | 2,32 |
| Magnezijum oksid | 3,6 |
| Magnezijum sulfat, bezvodni | 2,66 |
| Magnezijum sulfathidrat | 1,68 |
| Magnezijumova bronza | 8,8—8,9 |
| Magnezit | 3,45—3,65 |
| Malahit | 3,7—4,1 |
| Mangan karbonat | 3,3—3,6 |
| Mangan oksid (2) | 4,726 |
| Manganin | 8,4 |
| Manganit | 4,3—4,4 |
| Manganova ruda, meka — | 4,9—5 |
| Manganova ruda, tvrda | 4,1—4,4 |
| Manila kudelja, vlakno (banana) | 1,35 |
| Masti (str. 1178) | 0,91—0,96 |
| Masti iz kitove lobanje | 0,88—0,94 |
| Masti iz vune | 0,94—0,97 |
| Mesing, izvlačen | 8,43—8,73 |
| Mesing, liven | 8,4—8,7 |
| Mesing, valjan | 8,5—8,6 |
| Mesing za zavrtnje | ,5 |
| Mesingan lim | 8,5 |
| Metal-drvo z | 0,95—3, 3 |
| Metal za topove | 8,44 |
| Metali (v. str. 988) | |
| Mikaleks | 3,3 |
| Mikanit | 1,9—6,2 |
| Mikapapir | 1,2—1,5 |
| Minijum | 9,07 |
| Minijum z | 8,6—9,07 |
| Mipolam | 1,35 |
| Molerski kamen HP II z | 0,59 |
| Molerski kamen HP III z | 0,79 |
| Molibdenit | 4,7 |
| Monacit | 4,9—5,2 |
| Mrka gvozdena ruda | 3,4—3,9 |
| Naftalin | 1,145 |
| Natrijum bikarbonat | 2,206 |
| Natrijum fluorid | 2,766 |
| Natrijum hidroksid | 2,13 |
| Natrijum hlorid | 2,164 |
| Natrijum karbonat v. soda | 2,476 |
| Natrijum karbonat, bezvodni | 1,458 |
| Natrijum karbonat, kristalan | 2,26 |
| Natrijum nitrat | 2,3 |
| Natrijum oksid | 2,70 |
| Natrijum sulfat (Glauberova so) | 1,734 |
| Natrijum tiosulfat (str. 1229) | 2,1—2,25 |
| Natrijumova šalitra | 7,0 |
| Neodim | 8,35 |
| Nikl, liven | 8,13 |
| Nikl čelik (36% Ni) | 8,19 |
| Nikl čelik (50% Ni) | 8,0 3 |
| Nikl-mangan čelik (15% Ni, 5% Mn) | 6,4—6,6 |
| Nikl, sulfid, beo | 7,4—7,7 |
| Nikl sulfid, crven (nikelin) | 5,8—6,7 |
| Nikl sulfid, siv | 8,56 |
| Niob | 1,52 |
| Nišador | 1,66—1,67 |
| Nitroceluloza | 1,8 |
| Nitrocelulozna masa | 8,5 |
| Novo srebro (62% Cu, 15% Ni, 22% Zn) | 1,30—1,33 |
| Novotekst | 1,49 |
| Novozelandski lan, vlakno (str. 1192) | 3,5 |
| Oker | 1,653 |
| Oksalna kiselina | 7,83—7,98 |
| Olovna gled, prirodna | 9,3—9,4 |
| Olovna gled, veštačka | 6,3—6,9 |
| Olovna ruda | 9,07 |
| Olovni minijum | 6,7 |
| Olovno belo | 6,5 |
| Olovno belo, ruda | 2,4 |
| Olovo acetat | |

## Tablica 5. Zapreminske i specifične težine itd. (nastavak)

| | |
|---|---|
| Olovo oksid | 9,3 |
| Olovo, tečno | 10,64 |
| Opeke od kreča i peska | 1,89—1,92 |
| Opeke od magnezita z | 2,4—2,7 |
| Opeke od sunđeraste šljake iz visoke peći z | 0,85 |
| Opeke od uglja | okr. 3 |
| Opeke od uglja z | 1,35—1,40 |
| Opeke za zidanje | 2,6—2,7 |
| Opeke za zidanje z | 1,6—1,9 |
| Ortoklas | 2,5—2,6 |
| Ovčja vuna | 1,32 |
| Pamuk, vlakno | 1,47—1,5 |
| Parafin | 0,86—0,92 |
| Penasta guma z | 0,06—0,09 |
| Penasti beton, v. lakibeton | |
| Pepeljava ruda srebra | 5,0—5,12 |
| Permaloj | 8,59 |
| Pertinaks | 1,3 |
| Pesak od plovućca z | 0,7—0,8 |
| Peščani asfalt z | 2,0—2,2 |
| Peščar | 2,59—2,71 |
| Pikrinska kiselina | 1,767 |
| Pikrinska kiselina, presovana | 1,63 |
| Pikrinska kiselina, topljena | 1,68 |
| Pirit | 4,9—5,2 |
| Piroksen | 3,2—3,4 |
| Piroluzit | 4,9—5,0 |
| Pirotin | 4,5—4,6 |
| Plagioklas | 2,62—2,76 |
| Platina-iridijum (10% iridijuma) | 21,6 |
| Platina, livena | 21,15 |
| Platina, samorodna | 14—19 |
| Platirani limovi v str. 1024 | 7,80—8,82 |
| Plava galica | 2,276 |
| Pleksigum | 1,18 |
| Plemenita veštačka smola | 1,35 |
| Ploče od drvenih vlakana z | 0,25—0,50 |
| Ploče od drvenih vlakana, tvrde z | 1,0 |
| Ploče od presovanih vlakana | 1,3—1,5 |
| Plovućac, bečki | okr. 2,3 |
| Plovućac, prirodan | 0,37—0,9 |
| Plovućac, suv z | 0,28—0,32 |
| Plovućac, vlažan iz jame z | 0,8—0,9 |
| Plovućac za izolaciju, suv z | 0,28—0,32 |
| Pluta | 0,2—0,35 |
| Pluta z | 0,12—0,25 |
| Polirno crveno (feri oksid) | 5,24 |
| Porcelan (str. 1098) | 2,45 |
| Porcelan z | 2,30 |
| Porfir | 2,62 |
| Porfir z | 2,59 |
| Portland cement sa zgurom, rastresit, z | 1,0 0 |
| Potaša (str. 1227) | 2,29 |
| Praskavi želatin | 1,5 |
| Prazeodim | 6,6 |
| Presovan ugalj (briket) | 1,25 |
| Presovana smola | 1,25 |
| Presovani komadi od vlakana | 1,0—1,1 |
| Presovano drvo | 1,05—1,45 |
| Prespan | 1,2—1,4 |
| Repetit | 1,35 |
| Rezorcin | 1,283 |
| Rose-ov metal (50% Bi, 25% Pb, 25% Sn) | 10,7 |
| Rubidijum | 1,52 |
| Ruda, olovnog belog | 6,5 |
| Rutenijum | 12,28 |
| Salicilna kiselina | 1,48 |
| Samarijum | 7,7 |
| Selen, crven | 4,47 |
| Selen, element | 4,4 |
| Selen, metalan | 4,8 |
| Serpentin | 2,6 |
| Sfalerit | 3,9—4,2 |
| Siderit | 3,7—3,9 |
| Sienit z | 2,50—2,94 |
| Silicijumova kiselina, kristalna | 2,653 |
| Silika opeke | 2,38—2,43 |
| Silika opeke z | 1,55—1,92 |
| Silikat bakra | 2,0—2,3 |
| Silimanit | 2,45—2,50 |
| Silocel super opeka z | 0,61 |
| Silumin | 2,5—2,65 |
| Sinterovana opeka | 2,6—2,7 |
| Sivi antimon | 4,6—4,7 |
| Sizal, vlakno | 1,5 |
| Skrob u komadima | 1,53 |
| Slama z | 0,04—0,07 |
| Slonova kost, slonovača | 1,83—1,92 |
| Smitsonit | 4,1—4,5 |
| Smola | 1,07 |
| Smola | 1,25— ,33 |
| Sneg, rastresit | 0,06—0,2 |
| Sneg uglj. kisel. (—79°) | 1,53 |
| So, kamena | 2,1—2,2 |
| So, kuhinjska | 2,15 |
| Soda, kristalna | 1,446 |
| Soda, žarena | 2,5 |
| Spatna cinkova ruda (smitsonit) | 4,1—4,5 |
| Srebra ruda pepeljava | 5,0—5,12 |
| Srebro, elektrolitičko | 10,50 |
| Srebro, kovano | 10,5—10,6 |
| Srebro, liveno | 10,42—10,53 |

## Tablica 5. Zapreminske i specifične težine itd. (nastavak)

| | |
|---|---|
| Srebro bromid | 6,47 |
| Srebro hlorid | 5,56 |
| Srebro hlorid (ruda) | 5,5—5,6 |
| Srebro hromat | 5,625 |
| Srebro jodid | 5,674 |
| Srebro nitrat | 4,352 |
| Srebro sulfid (ruda) | 7,2—7,4 |
| Sredstva za štavljenje | 0,36—1,56 |
| Sredstva za zamenu voska | 0,94—0,999 |
| Sredstva za zaštitu od toplote (v. str. 679) | |
| Staklo | 2,4—3,0 |
| Stealit (talk) | 2,6—2,8 |
| Stearinska kiselina | 0,941 |
| Steatit | 2,6—2,8 |
| Steatit z | 2,35—2,68 |
| Stibnit | 4,6 |
| Stipsa | 1,71 |
| Stipsa, bezvodna | 2,666 |
| Sumpor, amorfan | 1,93 |
| Sumpor, monokliničan | 1,96 |
| Sumpor, rombičan | 2,06 |
| Sunderaste opeke z (od šljake) | 0,85 |
| Super dia-opeka z | 0,9 |
| Svila, veštačka str. 1192 | 1,25—1,60 |
| Šalitra (kalijum nitrat) | 2,11 |
| Šalitra (natrijum nitrat) (str. 1229) | 2,265 |
| Šamotni kamen | 2,5—2,7 |
| Šamotni kamen z | 1,7—1,9 |
| Šećer, beo | 1,61 |
| Šećer, grožđani | 1,544 |
| Šećer trščani (15°) | 1,588 |
| Šećer, voćni | 1,6691 |
| Šećerna repa | 1,095—1,1 |
| Šel lak | 1,2 |
| Šelit | 5,9—6,1 |
| Školjčani krečnjak (Muschelkalk) | 2,4 |
| Škriljac | 2,65—2,70 |
| Škriljac, dijatomejski | 2,1 |
| Škriljac, krovni | 2,77—2,84 |
| Šljaka z | 0,6—0,7 |
| Šljaka iz visoke peći | 2,5—3,0 |
| Šljunak, suv z. | 1,880 |
| Šmirgl | 4,0 |
| Štirak u komadima | 1,53 |
| Talijum | 11,85 |
| Talk | 2,6—2,8 |
| Tantal karbid | 14,5 |
| Telur | 6,24 |
| Temper liv | 7,2—7,6 |
| Tenacit | 1,6—2,3 |
| Titan oksid | 4,26 |
| Tomasova zgura | 3,3—3,5 |
| Tombak legura (str. 1049/50) | 8,6—8,8 |
| Topaz | 3,51—3,57 |
| Torijum | 11,7 |
| Torijum oksid | 9,861 |
| Trahit z | 2,30—2,77 |
| Tras | 2,3—2,5 |
| Treset, zemljani | 0,64 |
| Tresetne ploče za izolaciju | 0,1—0,3 |
| Trinitrotoluol | 1,75 |
| Trolit | 1,4—1,7 |
| Trolitul | 1,05 |
| Tuf z | 1,3 |
| Tusa, vlakno | 1,33 |
| Tutkalo, lepak | 1,27 |
| Tvrda guma | 1,15—1,7 |
| Tvrda hartija | 1,42 |
| Tvrdo drvo | 1,2—1,4 |
| Ugalj kokosovog oraha | 1,8 |
| Ugljene četkice z | 1,4—1,7 |
| Ugljenik (v. str. 1210) | 1,85—3,514 |
| Uranova smolna ruda (pehblenda) | 7,5—9,7 |
| Vatrostalni proizvodi, str. 1094 | |
| Veštačka svila (str. 1192) | 1,25—1,60 |
| Veštačke materije (str. 1140 i dalje) | |
| Vinofleks | 1,35 |
| Vlakna hartije | 1,47—1,51 |
| Vlakno jute (str. 1192) | 1,44 |
| Vlakno kapoka | 1,32 |
| Vlakno kokosa (str. 1192) | 1,64 |
| Vlakno kudelje (str. 1192) | 1,48 |
| Vlakno lana (str. 966 i dalje) | 1,47—1,5 |
| Vlakno lana novozelandskog (str. 1192) | 1,49 |
| Vlakno manila kudelje (banana) | 1,35 |
| Vlakno pamuka | 1,47—1,5 |
| Vlakno sizala | 1,5 |
| Vlakno tusa | 1,33 |
| Volfram čelik (6% W) | 8,2 |
| Volframit | 7,2—7,5 |
| Vosak rudarski | okr. 1,0 |
| Voskovi | 0,98—1,04 |
| Vulkan fiber | 1,1—1,45 |
| Vuna | 1,3—1,4 |
| Vuna od šljake z | 0,05—0,4 |
| Wood-ov metal | 9,7 |
| Zemlja (kao planeta) (str. 959 i Dodatak) | 5,53 |
| Zemlja za porcelan, v. kaolin | |
| Zlato liveno | 19,25 |
| Zlato samorodno | 15,6—19,4 |
| Živin fulminat | 4,43 |
| Živin hlorid | 7,152 |
| Živin sulfid (2) | 7,67 |

## Tablica 6. Specifične težine tečnih tela u kg/dm³ [1] [2])

v. i str. 615. Podaci o tehnički važnim hemiskim materijama v. str. 1222

| I m e | kg/dm³ | step. | I m e | kg/dm³ | step. |
|---|---|---|---|---|---|
| Acetaldehid $C_2H_4O$ | 0,783 | 20 | Butan-normalan $C_4H_{10}$ preveden u tečnost . . . . | 0,600 | +0,5[3]) |
| Acetilen $C_2H_2$ (str. 628, 954, 970, 1231) | 0,613 | —83,6[3]) | Buterna kiselina . | 0,96 | 15 |
| Amilalkohol $C_5H_{12}O$ . . . . | 0,81 | 20 | Dietilamin $C_4H_{11}N$ | 0,711 | 20 |
| Amonijak $NH_3$ (str. 665, 1228) . . . . | 0,680 | —33,4[3]) | Dihlortetrafluoretan $C_2F_4Cl_2$ . . . | 1,53 | 0 |
| preveden u tečnost[5]) (str. 668) . . . . | 0,6715 | —30[4]) | Dihloretilen-cis $C_2H_2Cl_2$ (str. 665) | 1,265 | 20 |
| | 0,6469 | —10[4]) | Dihloretilen-trans $C_2H_2Cl_2$ (str. 665) | 1,283 | 20 |
| | 0,6341 | 0[4]) | Dimetilamin $C_2H_7N$ (str. 665) . . . . | 0,680 | 0 |
| Anilin $C_6H_7N$ . . | 1,022 | 20 | | | |
| Anizol . . . . . | 1,00 | 10 | Etan $C_2H_2$ (str. 665 | 0,546 | —88,6 ) |
| Argon, preveden u tečnost . . . . | 1,404 | —185,9[3]) | Etilamin $C_2H_7N$ (str. 665) . . . . | 0,706 | 0 |
| Azot $N_2$ . . . . . | 0,810 | —195,8[3]) | Etilbenzoat $C_9H_{10}O_2$ . . . . | 1,047 | 20 |
| Azot suboksid, preveden u tečnost[6]) $N_2O$ . . . . . | 1,000 | —20[4]) | Etilbromid $C_2H_5Br$ (str. 665) . . . . | 1,45 | 20 |
| | 0,946 | —10[4]) | Etilen $C_2H_4$ . . . | 0,568 | —103,5[3]) |
| | 0,911 | 0[4]) | Etilhlorid $C_2H_5Cl$ (str. 665) . . . . | 0,90 | 12 |
| | 0,691 | 30[4]) | Etilformiat $C_3H_6O_2$ | 0,955 | 15 |
| Azotna kiselina $HNO_3$ (str. 954, 1224) | 1,512 | 20 | Fotogen . . . . . | 0,78 do 0,85 | 15 |
| Belance od jajeta | 1,04 | 15 | Freon (12) (difluor-dihlormetan) (str. 665, 667) . . . . | 1,3 do 1,4 | — |
| Benzin iz tera mrkog uglja . . . | 0,798 do 0,802 | 20 | Fluor $F_2$ . . . . . | 1,11 | —188[3]) |
| Benzin laki . . . | 0,68 do 0,72 | — | Fluorovodonična kiselina $H_2F_2$ . . | 0,99 | 13,6 |
| Benzin teški . . . | < 0,75 | — | Glacijalna sirćetna $C_2H_4O_2$ . . . . | 1,053 | 15 |
| Benzin za lakove . | 0,76—0,81 | — | Glicerin (str. 615, 684, 1232) | | |
| Benzin za motore | < 0,78 | 20 | | | |
| Benzin za motore iz zemnog ulja . | < 0,780 | 20 | | | |
| Benzinske vrste (str. 722, 1166, 1236) | | | | | |
| Brom $Br_2$ . . . . | 3,120 | 20 | | | |
| Butan-izo $C_4H_{10}$ preveden u tečnost (str. 665) . . | 0,595 | —10,2[3]) | | | |

[1]) Obradio F. Ludloff. — [2]) Specifične težine hemiskih jedinjenja, v. Stoffhütte, 2 izd., str. 953 i dalje, i Chemiehütte, 2 izd., str. 136 i dalje, i 166 i dalje. Specifična težina razblaženih kiselina, rastvora alkalija, vodenih rastvora alkohola, glicerina itd. v. i str. 1222 i dalje. — Tečna goriva v. str. 711 — Sredstva za hlađenje v. str. 665 i dalje. — Gasovi prevedeni u tečnost v. str. 618, 665 i dalje. — Kritične specifične težine v. str. 615. — Recipročne vrednosti, dakle specifične zapremine, v. str. 665 i dalje. — Procentni brojevi kod rastvora označavaju težinske procente. — [3]) Pri 760 mm Hg. — [4]) Pri pritisku zasićenosti. — [5]) Vidi i str. 665 i dalje, i Chemiehütte, 3 izd., 229. — [6]) Vidi i Chemiehütte, 2 izd., str. 229. — [7]) Sastav, v. str. 618. — [8]) Spec. težina i spec. zapremina vode između $0^0$ i $370^0$, v. str. 616 i 617. — [9]) 1 litar vode teži na $4^0$ i $g = 9{,}80665\ m/s^2$ 1 kg. 1 litar = 1,000 028 $dm^3$.

## Tablica 6. Specifične težine tečnih tela u kg/dm³ [2]) (nastavak)

| I m e | kg/dm³ | step. | I m e | kg/dm³ | step. |
|---|---|---|---|---|---|
| Helijum He . . . | 0,125 | —268,9[3]) i [7]) | Petroleum . . . . | 0,76 | 19 |
| | | | Petroleum - benzin | 0,661 do 0,681 | 20 |
| Heksan-n $C_6H_{14}$ . | 0,660 | 20 | | | |
| Heptan-n $C_7H_{16}$ . | 0,684 | 20 | Petroleum za osvetljenje . . . . . | 0,76 do 0,86 | — |
| Hlor, preveden u tečnost[6]) $Cl_2$ (str. 618, 951, 791) . . . | 1,558 | —35[3]) | Pivo . . . . . | 1,02 do 1,04 | — |
| | 1,598 | —50[4]) | Propan $C_3H_8$ (str. 665) . . . . . | 0,585 | —42,6[3]) |
| | 1,550 | —30[4]) | | | |
| | 1,496 | —10[4]) | | | |
| | 1,468 | 0[4]) | Rastvor cink sulfata ZN $SO_4$ | | |
| Hloral $C_2HOCl_3$ . . | 1,512 | 20 | 30% cinka . . . . | 1,383 | 18 |
| | | | 20% cinka . . . . | 1,234 | 18 |
| i-pentan $C_5H_{12}$ . . | 0,621 | 20 | 10% cinka . . . . | 1,103 | 18 |
| Kamforovo ulje . . | 0,91 | — | | | |
| Karbolna kiselina, sirova . . . . | 0,95 do 0,97 | 15 | Rastvor kalijúm hidroksida KOH (str. 1228) | | |
| Karbonil gvožđa (IG-Mothy) $Fe(CO)_5$ | 1,45 | — | Rastvor kalijum nitrata (šalitre) $KNO_3$ (str. 1229) | | |
| Kiseonik, preveden u tečnost, $O_2$ . . | 1,131 | -182,95[3]) | 20% kalijuma . . | 1,133 | 18 |
| Kripton Kr . . . . | 2,15 | —151[3]) | 10% kalijuma . . | 1,0632 | 18 |
| Ksenon X . . . . | 3,52 | —109[3]) | | | |
| Ksilol, orto - $C_8H_{10}$ | 0,880 | 20 | Rastvor natrijum hidroksida NaOH (str. 1228) | | |
| meta - $C_8H_{10}$ | 0,864 | 20 | | | |
| para - $C_8H_{10}$ | 0,861 | 20 | | | |
| | | | Rastvor natrijum hlorida Na Cl (str. 620) | | |
| Mast iz papaka . . | 0,92 | 15 | 20% hlora . . . . | 1,1487 | 18 |
| Metan, preveden u tečnost, $CH_4$ . . | 0,415 | —161,7[3]) | 10% hlora . . . . | 1,0714 | 18 |
| Metil bromid $CH_3Br$ (str. 665) | 1,731 | 0 | Rastvor natrijum nitrata (šalitre) Na $NO_3$ | | |
| Metil hlorid $CH_3Cl$ (str. 665, 667) . . | 0,997 | —24[3]) | 50% natrijuma . . | 1,42 | 18 |
| Mleko . . . . . | 1,03 | 15 | 40% natrijuma . . | 1,319 | 18 |
| Mravlja kiselina $CH_2O_2$ . . . . | 1,22 | 20 | 30% natrijuma . . | 1,227 | 18 |
| | | | 20% natrijuma . . | 1,144 | 18 |
| | | | 10% natrijuma . . | 1,0681 | 18 |
| n - heksan $H_6H_{14}$ . | 0,660 | 20 | Rastvor nišadora $NH_4Cl$ (str. 1229) amonijum-hlorid | | |
| n - heptan $C_7H_{16}$ . | 0,684 | 20 | | | |
| n - oktan $C_8H_{18}$ . | 0,702 | 20 | | | |
| n - pentan $C_5H_{12}$ . | 0,626 | 20 | 20% amonijaka . | 1,0573 | 18 |
| Nafta, zemna ulja (str. 1165) . . . . | 0,7 do 1,04 | 20 | 10% amonijaka . | 1,0291 | 18 |
| Neon Ne . . . . | 1,207 | —246,1[3]) | Rastvor olovo acetata Pb $(CH_3COO)_2$ | | |
| Nitrobenzol $C_6H_5O_2N$ . . . | 1,203 | 20 | 40% olova . . . | 1,399 | 18 |
| Nitroglicerin $C_3H_5O_9N_3$ . . . | 1,60 | 20 | 30% olova . . . | 1,271 | 18 |
| | | | 20% olova . . . | 1,163 | 18 |
| | | | 10% olova . . . | 1,077 | 18 |
| Oktan - n $C_8H_{18}$ . | 0,702 | 20 | Rastvor plave galice Cu $SO_4$ | | |
| Oleinska kiselina $C_{18}H_{34}O_2N$ . . . . | 0,89 | 20 | 20% bakra, presićen . . . . . | 1,23 | 18 |
| | | | 10% bakra . . . | 1,108 | 18 |
| Pentan - i $C_5H_{12}$ . | 0,621 | 20 | Rastvori sode, v. str. 1226 | | |
| Pentan - n $C_5H_{12}$ . | 0,626 | 20 | | | |

Napomene [2]), [3]), [4]), [6]) i [7]) vidi na str. 967.

**Tablica 6. Specifične težine tečnih tela u kg/dm³ [2]) (nastavak)**

| I m e | kg/dm³ | step. |
|---|---|---|
| Rastvori soli, v. str. 620 | | |
| Rastvor šećera | | |
| 60% šećera . . . | 1,2874 | 18 |
| 40% šećera . . . | 1,1773 | 18 |
| 20% šećera . . . | 1,0815 | 18 |
| 10% šećera . . . | 1,0386 | 18 |
| Rastvorna sredstva (str. 1230 i dalje) | | |
| Sirćetna kiselina $C_2H_4O_2$ (str. 616, 957, 1226) . . . . | 1,049 | 20 |
| Sona kiselina HCl (str. 618, 953, 971, 1224) . . . . . | 0,908 | 0 |
| Sumporasta kiselina, prevedena u tečnost[5]) $SO_2$ (str. 665, 666) . . . . | 1,460 | — 10[3]) |
| | 1,5572 | — 50[4]) |
| | 1,5090 | — 30[4]) |
| | 1,4601 | — 10[4]) |
| | 1,435 | 0[4]) |
| | 1,1100 | 100[4]) |
| 10% sumpora, razblažena . . . . | 1,05 | 15 |
| 5% sumpora, razblažena . . . | 1,03 | 15 |
| Sumporna kiselina $H_2SO_4$ (str. 958, 1222 . . . . . | 1,834 | 20 |
| Šalitra, v. rastvor kalijumova nitrata i natrijumova nitrata (šalitre) | | |
| Ter - iz gasa kamenog uglja . . . | 1,18 do 1,25 | — |
| Ter - iz kamenog uglja . . . . . | 1,1 do 1,2 | — |
| Ter - iz peći za koksovanje kamenog uglja . . . | 1,12 do 1,18 | — |
| Ter - iz škriljaca . | 0,855 do 0,860 | — |
| Ter - iz treseta . . | < 1,0 | — |
| Ter - za kolovoz . | ≦ 1,22 do 1,24 | 25 |
| Ter - švelovanjem kamenog uglja . | 0,96 do 1,05 | — |
| Ter - švelovanjem mrkog uglja . . | 0,85 do 0,91 | — |

| I m e | kg/dm³ | step. |
|---|---|---|
| Ugljen dioksid, preveden u tečnost[5]) $CO_2$ (str. 665, 669) | 1,6267 | — 18[3]) |
| | 1,154 | — 50[4]) |
| | 1,075 | — 30[4]) |
| | 0,981 | — 10[4]) |
| | 0,925 | 0[4]) |
| Ugljen monoksid, preveden u tečnost CO (str. 618, 628, 712, 958) . . . | 0,801 | —191,5[3]) |
| Ugljen oksi-sulfid COS . . . . . | 1,2 | — 48[3]) |
| Ugljenik tetra hlorid $CCl_4$ . . . . | 1,595 | 20 |
| Ulja biljna (str. 684, 1174) . . . . | 0,904 do 0,974 | 15 |
| Ulja iz tera . . . | 1,1 | — |
| Ulja iz tera kamenog uglja (str. 1168) | 0,90 do 1,10 | — |
| Ulja mineralna, v. ulja iz zemnih ulja | | |
| Ulja mineralna za podmazivanje . . | 0,89 do 0,96 | 20 |
| Ulja pogonska za dizel . . . . . | 1,02 do 1,08 | 20 |
| Ulja iz benzola za motore . . . . . | okr. 0,870 | 20 |
| Ulja iz tera dobivenog švelovanjem kamenog uglja | 0,97 | 15 |
| Ulja iz tera kamenog uglja (str. 1168) | | |
| Ulja iz tera mrkog uglja (str. 1168) | 0,880 do 0,890 | 20 |
| Ulja iz zemnih ulja v. i str. 1165 . . | 0,87 do 0,93 | 20 |
| Ulja riblja, kitovo ulje . . . . . | 0,914 do 0,923 | — |
| Ulja tera mrkog uglja (str. 1169) . | 0,798 do 1,04 | 20 |
| Ulja za zagrevanje iz zemnih ulja (str. 1168) . . . . | 0,89 do 0,98 | 20 i 15 |
| Ulja za zagrevanje iz tera kamenog uglja (str. 723, 1168) | 1,02 do 1,08 | 20 |

Napomene [2]), [3]), [4]) i [5]) vidi na str. 967.

**Tablica 6. Specifične težine tečnih tela u kg/dm³ [2])** (nastavak)

| I m e | kg/dm³ | step. | I m e | kg/dm³ | step. |
|---|---|---|---|---|---|
| Ulje arahida . . . | 0,911 do 0,926 | 15 | Ulje ricinusovo . . | 0,959 do 0,974 | 15 |
| Ulje borovo . . . | 0,865 do 0,878 | 15 | Ulje sezamovo . . | 0,922 do 0,924 | 15 |
| Ulje ćilibarno . . | 0,80 | 15 | Ulje tera kamenog uglja (str. 723, 1168) | | |
| Ulje drvno . . . . | 0,941 do 0,994 | 15 | Ulje za dizel motore iz tera kamenog uglja . . . | 1,02 do 1,08 | 20 |
| Ulje gasno iz nafte (str. 723) . . . . | 0,86 do 0,89 | — | Ulje za dizel motore iz tera mrkog uglja . . . . . | 0,88 do 0,90 | 20 |
| Ulje iz kokosovog oraha . . . . . | 0,93 | 15 | Ulje za traktore iz tera mrkog uglja | 0,845 do 0,855 | 20 |
| Ulje iz limuna . . | 0,84 | 16 | Ulje žuto iz tera mrkog uglja . . | 0,863 do 0,870 | 20 |
| Ulje iz palmovih koštica . . . . | 0,925 do 0,955 | 15 | Vazduh [7]) (str. 971) | 0,875 | —194 [3]) |
| Ulje iz pamukovog semena . . . . | 0,904 do 0,930 | 15 | Vino, rajnsko . . | 0,99 do 1,0 | — |
| Ulje kamforovo | 0,91 | — | Voda destilisana [8]) $H_2O$ . . . . . | 0,999 841 | 0 |
| Ulje kreozotno iz tera mrkog uglja | 0,96 do 0,98 | 20 | | 0,999 772 | 4 [9]) |
| Ulje lako iz tera dobivenog švelovanjem kamenog uglja . . . . . | 0,89 | 15 | | 0,9982 | 20 |
| Ulje laneno . . . | 0,930 do 0,936 | 15 | Voda morska . . | 1,02 do 1,03 | 15 |
| Ulje makovo . . . | 0,924 do 0,937 | 15 | Voda teška $D_2O$ . . | 1,11 | 20 |
| Ulje maslinovo . . | 0,914 do 0,919 | 15 | Vodonik, preveden u tečnost, $H_2$ . . | 0,0708 | -252,78 [8]) |
| Ulje od repe . . . | 0,911 do 0,918 | 15 | Vodonik superoksid $H_2O_2$ . . . . . | 1,465 | 0 |
| Ulje parafinsko | | | Živa Hg na 760 Torr | 13,5951 | 0 |
| a) ter dobiven švelovanjem kamenog uglja . . . . . | 1,02 | 15 | ,, ,, na 760 ,, | 13,5457 | 20 |
| b) ter mrkog uglja | 0,90 do 0,93 | 20 | ,, ,, na 760 ,, | 13,4723 | 50 |
| | | | ,, ,, na 760 ,, | 13,3995 | 80 |
| | | | ,, ,, na 760 ,, | 13,3514 | 100 |
| | | | ,, ,, na 20 Atm | 13,114 | 200 |
| | | | ,, ,, na 20 ,, | 12,395 | 500 |

Napomene [2]), [3]), [7]), [8]) i [9]) vidi na str. 967.

**Tablica 7. Specifične i relativne težine gasova i para [1])**

na 0° i 760 mm Hg [2]). Dalje podatke o gasovima v. 4. odeljak, Toplota, tablica 17, str. 618 i tablica 1, str. 628.

| I m e | Formula | Spec. težina g/dm³ | Relat. težina vazd. = 1 | I m e | Formula | Spec. težina g/dm³ | Relat. težina vazd. = 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acetilen . . . | $C_2H_2$ | 1,1709 | 0,9057 | Arsen vodonik . | $H_3As$ | 3,485 | 2,71 |
| Alkoholna para | $C_2H_6$ | 2,05 | 1,59 | Azot . . . . . | $N_2$ | 1,250 | 0,9673 |
| Amonijak . . . | $NH_3$ | 0,7714 | 0,5966 | Azot monoksid | NO | 1,3402 | 1,0366 |
| Argon . . . . | Ar | 1,7839 | 1,379 | Azot suboksid . | $N_2O$ | 1,978 | 1,5309 |

Napomene [1]) i [2]) vidi na sledećoj strani.

## Tablica 7. Specifične i relativne težine gasova i para (nastavak)

| I m e | Formula | Spec. težina g/dm³ | Relat. težina vazd. = 1 | I m e | Formula | Spec. težina g/dm³ | Relat. težina vazd. = 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Benzolova para | $C_6H_6$ | 3,48 | 2,69 | Kripton . . . . | Kr | 3,74 | 2,895 |
| Borfluorid . . | $BF_3$ | 3,00 | 2,32 | | | | |
| Brom vodonik . | HBr | 3,644 | 2,819 | Metilamin (str. 665) . . . . . | $CH_5N$ | 1,39 | 1,08 |
| Butan-izo (str. 665 . . . . . | $C_4H_{10}$ | 2,668 | 2,064 | Metiletar . . . | $C_2H_6O$ | 2,1097 | 1,632 |
| Butan-n . . . | $C_4H_{10}$ | 2,703 | 2,09 | Metil fluorid . | $CH_3F$ | 1,545 | 1,195 |
| Butilen . . . . | $C_4H_8$ | 2,50 | 1,936 | Metil oksid . . | $(CH_3)_2O$ | 2,1097 | 1,632 |
| Cian . . . . . | $C_2N_2$ | 2,32 | 1,79 | Neon . . . . . | Ne | 0,8999 | 0,6961 |
| Difluordihlormetan (str 665, 667) | $CF_2Cl_2$ | 5,083 | 3,93 | Nitrozil hlorid . | NOCl | 2,9919 | 2,314 |
| Eterova para . | $C_4H_{10}O$ | 3,30 | 2,55 | Ozon . . . . . | $O_3$ | 2,22 | 1,72 |
| Etilen . . . . | $C_2H_4$ | 1,2605 | 0,9750 | | | | |
| Fluor . . . . . | $F_2$ | 1,695 | 1,31 | Propan (str. 665) | $C_3H_8$ | 2,019 | 1,562 |
| Fluorvodonik . | HF | 0,893 | 0,713 | Propilen . . . | $C_3H_6$ | 1,915 | 1,481 |
| Fosfor vodonik | $H_3P$ | 1,530 | 1,183 | Selen vodonik . | $H_2Se$ | 3,6643 | 2,8343 |
| Gas dobiven šve-lovanjem ka-menog ugljа . | — | 0,54 | 0,42 | Silicijum fluorid | $SiF_4$ | 4,69 | 3,63 |
| | | | | Sumpor vodonik | $H_2S$ | 1,5392 | 1,1906 |
| Gas generatorski | — | 1,14 | 0,88 | Sumpor dioksid (str. 665, 666) . | $SO_2$ | 2,9263 | 2,2636 |
| Gas iz koksare . | — | 0,54 | 0,42 | Telur vodonik . | $H_2Te$ | 5,76 | 4,46 |
| Gas iz visoke peći . . . . | — | 1,28 | 0 99 | Ugljen dioksid . | $CO_2$ | 1,9768 | 1,529 |
| Gas mešani . . | — | 1,12 | 0,87 | Ugljen disulfida para . . . | $CS_2$ | 3,42 | 2,64 |
| Gas Mondov . . | — | 1,03 | 0,80 | Ugljen monoksid | CO | 1,250 | 0,967 |
| Gas svetleći . . | — | 0,49 do 0,53 | 0,38 do 0,41 | Ugljen oksi sul-fid . . . . . | COS | 2,72 | 2,105 |
| Gas varoški (stand. gas) . | — | 0,549 | 0,425 | | | | |
| Gas vazdušni . . | — | 1,19 | 0,92 | Vazduh, suv[3]) atmosferski | — | 1,292 8 | 1,0 |
| Helijum . . . | He | 0,1785 | 0,1381 | Vodena para (str. 644 i dalje) | $H_2O$ | 0,816 | 0,63 |
| Hlor . . . . . | $Cl_2$ | 3,220 | 2,491 | Vodeni gas . . | — | 0,71 | 0,55 |
| Hlorvodonik . . | HCl | 1,6391 | 1,268 | Vodonik . . . | $H_2$ | 0,08987 | 0,06951 |
| Jodvodonik . . | HJ | 5,789 | 4,478 | | | | |
| Kiseonik . . . | $O_2$ | 1,42891 | 1,1053 | Živina para . . | Hg | 9,02 | 6,98 |

[1]) Obradio F. Ludloff. — [2]) V. i Chemiehütte, 2 izd., str. 136 i dalje, i 166 i dalje. — Sabijeni i utečnjeni gasovi, v. str. 618, 665 i dalje. — Gasovi za zagrevanje v. str. 712. — Sredstva za hlađenje, v. str. 665 i dalje. — Kritične spec. težine v. str. 619. — [3]) Sastav, v. str. 618.

Spec. težine $\gamma$ u kg/dm$^3$) i temperature ($t$ u °) vazduha na različitim visinama ($H$ u km) po DIN 5450:

| $H$ | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $t$ | 15,00 | 2,00 | —11,00 | —24,00 | —37,00 | —50,00 |
| $\gamma$ | 1,225 5 | 1,006 8 | 0,819 35 | 0,659 82 | 0,525 22 | 0,412 70 |
| $H$ | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| $t$ | —56,00 | —56,00 | —56,00 | —56,00 | —56,00 | —56,00 |
| $\gamma$ | 0,363 89 | 0,310 78 | 0,226 68 | 0,165 34 | 0,120 59 | 0,087 959 |

## Tablica 8. Težine naslaganih i nabacanih tela u kg/dm$^3$ [1])

| | |
|---|---|
| Amonijum super fosfat | 800 |
| Bazalt, lomljen | 1505—1625 |
| Bazalt, složen kamen | 1560 |
| Beton, str. 1111; III knj. Dodatak; Stoffhütte, 2 izd. str. 475 | |
| Brašno (DIN) | 500 |
| Brašno nabijeno | 700—800 |
| Briket kamenog uglja | do 1200 |
| Briket mrkog uglja nabacan | 730 |
| Briket mrkog uglja složen | 1030 |
| Briket mrkog uglja okrugao | 820 |
| Cement (DIN) rastresit | 1200 |
| Cement nabijen trešenjem | 1900 |
| Drvo bukovo (cepanice) | 400 |
| Drvo, jelovo belo (cepanice) | 340 |
| Drvo, hrastovo (cepanice) | 420 |
| Drvo, smreka (cepanice) | 320 |
| Gips estrih, nabijen trešenjem | 1300—1700 |
| Gips estrih, rastresito sipan | 900—1200 |
| Gips štuko, nabijen trešenjem | 1000—1400 |
| Gips štuko, rastresito sipan | 600—850 |
| Glina (DIN), vlažna iz jame (5% vode) | 1800 |
| Glina (DIN), mokra | 2100 |
| Glina (DIN), suva | 1600 |
| Hartija (DIN) | 1100 |
| Ilovača, suva | 1500 |
| Ilovača vlažna | 1900 |
| Jabuke | 300 |
| Ječam (DIN) | 690 |
| Kainit | 1000—1200 |
| Kalcijum cijanamid | 900—1000 |
| Kaolin, mokar | 2000 |
| Karbamid | 630—670 |
| Kiselgur, rastresito nabacan | 100—240 |
| Koks kamenog uglja, metalurški (DIN) | 500 |
| gasni (DIN) | 450 |
| Kreč, pečen i prašen | 500 |
| Kreč (DIN) u komadima | 1000 |
| Kreč (DIN) u džakovima | 1000 |
| Kreč od školjaka, lomljenog kamena | 1480 |
| Krompir (DIN) | 750 |
| Kruške i šljive | 350 |
| Kućno đubre (DIN) | 660 |
| Malter (DIN) gipsni | 1200 |
| krečni i kreč—gipsni | 1700 |
| krečni i cement tras | 2100 |
| kreč cement i kreč tras | 1900 |
| Mahunasti plodovi (grašak, pasulj) (DIN) | 850 |
| Mulj | 1800 |
| Ovas (DIN) | 550 |
| Pepeo (DIN) | 900 |
| Pepeo koksa (DIN) | 700 |
| Pesak livački, nabacan | 1200 |
| Pesak livački, nabijen | 1650 |
| Pesak (DIN), mokar | 2100 |
| Pesak, suv | 1500—1650 |
| Pesak od plovućca (DIN) | 700 |

[1]) Podaci u literaturi su vrlo kolebljivi. Dalje brojne podatke za težine, v. str. 1107 i 1116 i III knj. u odeljcima: Pritisak zemlje, Fundiranje i Dodatak; dalje Eisenhütte, 4 izd., str. 904. U tablici su označene sa (DIN) težine propisane raspisom Pruskog Ministarstva finansija od 30 avgusta 1934 (DIN 1055).

**Tablica 8. Težine naslaganih i nabacanih tela u kg/m³** (nastavak)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Pod od ilovače, mokar | 1900 | Šećer (DIN) | 750 | Ugljena prašina | 400—500 |
| Pod od ilovače, suv | 1500 | Šećerna repa | 550—650 | Voće (DIN) | 350 |
| Porfir, lomljen | 1385—1450 | Šećerne repe, rezanci (DIN) | 300 | Vuna (DIN) presovana | 1300 |
| Pšenica (DIN) | 760 | Šljunak (DIN), mokar | 2000 | Vuna (DIN), rastresita | 450 |
| Raž (DIN) | 680 | Šljunak (DIN), suv | 1700 | Zemlja (DIN) suva | 1600 |
| Repa (DIN) | 650 | Thomasovo brašno | 2200 | Zemlja za nasipe, prir. vlažna | 1600 |
| Seno (DIN) presovano | 170 | Trava i detelina (DIN) | 350 | Zemlja za nasipe, suva | 1400 |
| Seno (DIN) rastresito | 70 | Tras, samleven | 950 | Zemlja za nasipe, zasićeno mokra | 1800 |
| Slad (DIN) | 530 | Tresat (DIN) | 600 | Žgura, šljaka (DIN) od uglja, nabijena | 1000 |
| Slama (DIN) | 45 | Treset sitan, presovan | 210—230 | iz visoke peći, granuliran pesak | 1000 |
| Slama (DIN) presovana | 280 | Tucanik | 1300—1500 | iz visoke peći u komadima | 1500 |
| Sneg (DIN) | 75 | Tucanik od diabaza | 1380 | sunđerasta, iz visoke peći | 700 |
| Sneg ugljene kiseline | 1530 | Tucanik od krečnjaka | 1340 | | |
| So (DIN) | 1250 | Ugalj, drveni | 200—400 | | |
| Šalitra natrijumova | 1000—1200 | Ugalj, kameni (DIN) | 900 | | |
| | | Ugalj mrki (DIN) | 750 | | |

**Tablica 9. Uglovi prirodnog nagiba u stepenima**[1])

| a) rastresito nabacivanje: | | b) nabijeno nabacivanje: | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Belutak, veliki i mali | 36 | Cement | 40 | Raž, pšenica, kukuruz | 25—35 |
| Ilovača, suva | 40 | Glinasta zemlja, suva | 40—50 | Ruda | 30—50 |
| Krečni prah, suv | 50 | Glinasta zemlja, vlažna | 20—25 | Slad | 22 |
| Ovas, ječam | 40—45 | Ilovača (zemlja) suva | 40—46 | So, kamena | 35—50 |
| Pesak izvorski, vlažan | 27 | Ilovača (zemlja) vlažna | 20—25 | Šećerna repa | 30—45 |
| Pesak, suv | 32 | Ječam, ovas | 25—35 | Šljunak, mokar | 25 |
| Proso | 23 | Kamena sitnež | 45 | Tucanik, mokar | 35—40 |
| Pšenica, grašak, kukuruz | 35 | Krečnjak | 30—45 | Ugalj, gasni | 45 |
| Raž | 37 | Krečni prah, suv | 50 | Ugalj iz jame | 30—45 |
| Ugalj i rude | 45 | Koks | 35—50 | Ugalj, mrki | 35—50 |
| Zemlja, baštenska, suva | 37 | Krupno komađe kamena (kosina nabačaja | 33 | Ugalj, sitan i orašast | 30—45 |
| Zemlja, baštenska, vlažna | 27 | Laporac i ilovača | 30—45 | Zemlja za nasipe | 27—40 |
| Žito | 30 | Mineta | 45 | Zemlja, pesak, šljunak | 30—45 |
| | | | | Zgura iz visoke peći | 35—50 |

[1]) Vidi i III knj, 1 odelj., Pritisak zemlje i 2. odelj., Fundiranje. — Dalje Eisenhütte, 4 izd., str. 904. — Uglove prirodnog nagiba uglja v. i str. 1164.

## Tablica 10.

**Tablica potrebnog prostora za skladištenje** (približne vrednosti)*)[1]

(1 cb'/t engl. = 0,028 m³/t od 1000 kg) (v. Dodatak, tablice upoređenja mera)

| Predmet | Način punjenja | m³/t | Predmet | Način punjenja | m³/t |
|---|---|---|---|---|---|
| Amonijum-sulfat | vreće[2]) | 1,9 | Grafit | burad[17]) | 1,4 |
| Asfalt | hlebovi[3]) | 1,0 | Grašak | vreće[18]) | 1,2—1,5 |
| ,, | rastresit | 0,65 | Grede[12]) | — | — |
| | | | Guma | vreće[19]) | 1,3 |
| Balast (pesak) | rastresit | 0,6—0,67 | Gvožđe, sirovo | komadi[20]) | 0,27 |
| Banane | svežanj[4]) | 3,7—4,5 | | | |
| Benzin | v. bu ad[5]) | 1,6—1,7 | Hartija | bale[21]) | 1,3—1,5 |
| Benzin | sanduci | 1,7 | Haringe | burad[22]) | 1,27 |
| Benzol | gv. »drum«[6]) | 2.0 | | | |
| ,, | gv. doboši | 1,6 | Ječam[23]) | rastresit | 1,6 |
| ,, | sanduci | 1,5 | Juta | bale[24]) | 3,0 |
| Boksit | rastresit | 0,8 | ,, | bale[25]) | 1,6 |
| Brašno | barel[7]) | 1·8 | | | |
| ,, | vreće[8]) | 1,4 | Kafa | vreće[26]) | 1,5—2,1 |
| Briketi, presovan ugalj | rastresiti | 1,1—1,4 | Kakao | vreće[27]) | 2,1 |
| | | | Kalcijum cijanamid | limena burad | 1,3—1,5 |
| Celuloza | bale[9]) | 1,3—1,6 | | | |
| Cement | burad[10]) | 1,1 | Kalcijum cijanamid | vreće od hartije[28]) | 0,9—1,1 |
| ,, | vreće od hartije[11]) | 1,0—1,2 | | | |
| Čaj | različiti sanduci | 2,8—3.2 | Kalijum karbonat | rastresit | 0,8—1,2 |
| Daske[12]) | — | — | Kalijumova šalitra | burad[29]) | 1,16—1,4 |
| Drvo (bor, ariš, smreka, belo drvo, jela) | standard[13]) | 2,1[14]) | Kapok | bale[30]) | 7,6 |
| pičpin — daske | ,, | —[15]) | Karbamid | vreće od jute[31]) | 1,3—1,6 |
| pičpin — grede | ,, | —[16]) | | bale[32]) | 1,7 |
| drvena stabla | rastresita | 1,0—2,3 | Karton | različito[33]) | 1,2—1,5 |
| | | | Katran, ter | | |

*) Obradio inženjer F. Ludloff, Berlin.

[1]) Opširne podatke sadrže između ostalih: Rotermund: Die Ladung, Hamburg 1924, Eckard u. Messtorff i Schiffahrtsjahrbuch 1929, Seedienstverlag, Hamburg, str. 322 i dalje. [2]) 1 vreća: 100 kg, 0,19 m³. [3]) hleb: 28 kg, 0,016 m³, i u vrećama po 100 kg, 0,1 m³. [4]) svežanj: 18,5 do 19 kg. [5]) burad od 200, 300 i 400 kg. težine. [6]) 1 »drum« hvata 360 kg. (za prekomorske pošiljke). [7]) 1 barel: 100 kg, 0,18 m³. [8]) 1 vreća: 50,70 ili 100 kg, 0,07; 0,10 ili 0,14 m³. [9]) 1 bala: 55 kg, 0,43 m³. [10]) 1 bure: 180 kg, 0,2 m³. [11]) vreća: 50 kg. okruglo 0,035 m³. [12]) vidi drvo. [13]) 1 standard drveta = 165 cbf engl., sa gubitkom na slaganje oko 192 cbf engl. [14]) 1 standard teži oko 2,5 t. [15]) 1 standard teži oko 3,6 t. [16]) 1 standard teži oko 4,1 t. [17]) burad 310 kg, 0,44 m³. [18]) 1 vreća: 60 do 100 kg. [19]) 1 vreća 100 kg. 0,13 m³. [20]) dobro naslagano. [21]) bale: 190 do 560 kg. [22]) burad: 110 kg, 0,14 m³. [23]) izgubi se oko 10% zapremine stavljanjem u vreću; i bušeli po 21,8 kg, 0,03 m³. [24]) i bala: 130 kg, 0,4 m³. [25]) 1 bala: 181 kg; 0,33 m³, takođe u bušelima po 25,4 kg, 0,3 m³. [26]) 1 vreća: 60 do 80 kg. [27]) 1 vreća: 60 kg, 0,14 m³. Kako u zrnu, vreća 80 kg, 0,17 m³. [28]) vreća: 100 kg. [29]) 1 bure: 100 kg. [30]) bala: 55 kg, 0,23 m³. [31]) 1 vreća: 100 kg. [32]) bale: 76 kg, 0,13 m³. [33]) 1 bure:: 125 kg, 0,2 m³.

**Tablica 10. Tablica potrebnog prostora za skladištenje** (nastavak)

| Predmet | Način punjenja | m³/t | Predmet | Način punjenja | m³/t |
|---|---|---|---|---|---|
| Koks | rastresit | 2,4 | Pamuk, zap. indiski, presovan | bale[49]) | 1,8 |
| Konoplja (Manila) | bale[34]) | 2,0 | Pasulj | rastresit | 1,4 |
| Konoplja (Novozelandska) | bale[35]) | 2,4—3,0 | Perje | vreće[50]) | 1,6—1,7 |
| Kopra | vreće[36]) | 2,1—2,4 | Pesak, mokar | bale[51]) | 1,9 |
| ,, | rastresita | 2,0 | Pesak, suv | — | 0,5 |
| Kože[37]) | — | — | Petroleum | — | 0,66 |
| ,, | usoljene | 1,0 | ,, | burad[52]) | 1,3—1,8 |
| ,, | rastresite, sušene | 4,5 | Petroleum, sirovi petr. na 0° | sanduci[52]) | 1,55 |
| Kože i krzna, soljene | burad | 1,42—1,60 | Petroleum, sirovi petr. na 30° | vel. tankovi*) | 1,0 |
| Kože i krzna suve | bale[38]) | 2,25—3,75 | Petroleum, sirovi petr. na 40° | | 1,024 |
| Krompir | vreće[39]) | 2,0 | Pirinač (riža) | | 1,033 |
| Kukuruz | vreće[40]) | 1,5 | Pivo | vreće | 1,4 |
| Laneno seme (uljane pogače) | vreće[41]) | 1,8 | Pluta | burad[53]) | 1,60 |
| Led, (sirovi) | rastresit | 1,5 | Pšenica[55]) | bale[54]) | 6,9—7,9 |
| Loj | različito[42]) | 2,0 | Raž[55]) | rastresita | 1,4 |
| Maslo | burad, sanduci | 1,5 | Ribe, smrznute | rastresit | 1,4 |
| Mast svinjska | različito[43]) | 1,5—2,5 | Ribe, sušene | sanduci[56]) | 1,3 |
| Meso, smrznuto i pakovano | rastresito | 2,8—3,1 | Rude, hematit crveni: bogat | sanduci[57]) | 1,5 |
| Meso, soljeno | barel[44]) | 1,35—1,6 | siromašan | rastresit | 0,40 |
| Meso, u čerecima vešano | rastresito | 3,5 | Rude, magnezit, gvozdena ruda: Švedska | rastresit | 0,55 |
| Ovas[23]) | rastresit | 2,0 | Rude, mrka gvozdena ruda: Bilbao | rastresita | 0,29—0,33 |
| Opeke | 1000 kom.[45]) | 0,8 | Rude, mrka gvozdena ruda: Gor. Šlezija | rastresita | 0,48 |
| Opeke, šamotne | 1000 kom.[46]) | 0,7 | Lahn | rastresita | 0,74 |
| Pamuk, američk nepresovan | bale[47]) | 3,1—3,2 | Rude, pirit | rastresita | 0,54 |
| Pamuk, američki, presovan | bale | 2,2—2,4 | Rude, siderit: Bilbao, žaren | rastresit | 0,53—0,71 |
| Pamuk, egipatski, nepresovan | bale[48]) | 4,8 | Siegerl, žaren | rastresit | 0,48 |
| Pamuk, egipatski, presovan | bale | 2,63 | Rum | rastresit | 0,53 |
| | | | Seno | burad | 1,8 |
| | | | | bale[58]) | 3,6 i 6,0 |

*) Za petroleum-barel vidi »Dodatak«, mere i težine različitih zemalja.

[34]) 1 bala: 127 kg, 0,28 m³. [35]) 1 bala: 1000 kg, 2,4 m³. [36]) vreće: 70 do 70,5 kg, 0,14 m³. [40]) 1 vreća: 65 kg. 0,08 m³. [41]) I vreća: 65 kg. 0,09 m³ 52,5 kg, 0,15 do 0,125 m³. [37]) vidi krzna. [38]) bala: 200 do 400 kg. [39]) vreće: [42]) 1 bure: 500 kg, 1 m³ ili 1 pipe od 400 kg, 0,85 m³. [43]) vrste punjenja za mast: 1 tierce: 200 kg. 0,305 m³, 1 barel: 120 kg, 0,212 m³, 1 firkin: 55,4 kg, 0,104 m³, 1 tub (kabao): 27,7 kg, 0,061 m³, 1 pail (kofa): 14 kg, 0,035 m³. [44]) 1 barel: 155 kg, 0,23 m³. [45]) 100 komada: 2500 kg, 2,2 m³. [46]) 1000 komada: 3000 kg, 2,4 m³. [47]) 1 bala: prosečno 225 kg, 0,45 do 0,75 m³, [48]) 1 bala: 300 kg, 0,61 m³. [49]) 1 bala: 180 kg, 0,33 m³. [50]) 1 vreća: 60 kg, 0,10 m³ ili 100 kg, 0,17 m³. [51]) 1 bala : 196 kg, 0,37 m³. [52]) 1 bure od 200 kg. 0,36 m³; 1 sanduk 36 kg. 0,06 m³. [53]) 1 bure: 80 kg, 0,13 m³. [64]) 1 bala: 60 do 75 kg. [55]) izgubi se stavljanjem u vreće 10%, i u bušelima 27,2 kg, 0,03 m³. [56]) sanduci od 18,5 kg. [57]) sanduci od 30 do 70 kg. [58]) bale; presovano 100 i 50 kg.

**Tablica 10. Tablica potrebnog prostora za skladištenje** (nastavak)

| Predmet | Način punjenja | m³/t | Predmet | Način punjenja | m³/t |
|---|---|---|---|---|---|
| Sizal (agave rigida) | bale[59]) | 2,6 | Šljunak (krupan, suv) | rastresit | 0,6 |
| Skrob, štirak | sanduci[60]) | 2,6 | | | |
| Slanina, soljena | barel[61]) | 1,5 | Tlo naneto bagerom, teško | rastresito | 0,5—0,6 |
| So | vreće[62]) | 1,6 | Tomasovo brašno | vreće[69]) | 0,88 |
| So, kamena | rastresita | 0,98 | | | |
| Soda | razl. | | Ugalj[70]) | — | — |
| | burad | 1,6 | Ugalj kameni | rastresi | 1,15—1,3 |
| Soja | vreće[63]) | 1,2—1,65 | Ugalj mrki | ,, | 1,25 |
| Staklo | razl. | | Uljane pogače | bale[71]) | 1,5—1,6 |
| | sanduci | 1,1—1,4 | Ulje[72]) | burad[73]) | 1,5—1,7 |
| Superfosfat | rastresit | 1,0—1,20 | Ulje | »drum«[74]) | 1,4—1,5 |
| Svila | bale[64]) | 2,8 | Ulje za podmazivanje | burad[75]) | 1,5—1,7 |
| Svila, tkana | sanduci | 3,3 | | | |
| Šalitra | vreće[65]) | 0,9 | Vino | burad | 1,5—3,0 |
| Šećer | sanduci[66]) | 1,6 | Vuna, nepresov. | bale | 7,0 |
| Šećer, sirov | vreće | 1,3—1,4 | Vuna, presovana | bale | 2,2—4,0 |
| Šine, železničke | | | | | |
| 7— 9 m | komadi[67]) | 0,22 | Zemlja, mokra | — | 0,5—0,6 |
| 10—12 m | komadi[68]) | 0,22 | Zemlja, suva | — | 0,6—0,9 |

[59]) 1 bala od 125 kg, 0,07 m³. [60]) sanduci: 25 kg, 0,07 m³. [61]) 1 barel: 155 kg, 0,23 m³. [62]) 1 vreća: 100 kg, 0,11 m³. [63]) 1 vreća od 86 kg. [64]) 1 bala: 60 kg, 0,14 m³. [65]) 1 vreća: 90 do 100 kg, 0,09 m³. [66]) 1 sanduk: 25 kg, 0,04 m³. [67]) 1 komad: 225 kg, 0,05 m³. [68]) 1 komad: 250 kg, 0,055 m³. [69]) vreća: 100 kg. [70]) vidi briket, mrki ugalj, koks, kameni ugalj. [71]) bale: 102 i 62 kg. [72]) vidi i pod petroleum i ulje za podmazivanje. [73]) 1 bure (barel) od 215 kg. [74]) 1 »drum« po 180 do 228 kg. [75]) 1 bure: 210 kg, 0,28 m³.

**Utovar robe u železničke vagone.** Mogućnost punjenja kola, kojima se poglavito prenosi materijal, treba tako odmeriti, da tovarna težina bude iskorišćena što je moguće više (vidi vagoni za robu, III knj., od. Železnice).

Za poručivanje vagona važe odredbe tarife[1]). Dozvoljeni su pokriveni vagoni (G, tovarna težina 15 t) za brzovoznu i sporovoznu robu u komadima, za ekspres-robu itd. i za robu, čije je prenošenje u pokrivenim vagonima zahtevao pošiljač ili je propisano u tarifi; pokriveni jako prostrani vagoni (Gl, Glt, tovarna težina 15 t) za robu, koja se zbog svoje količine ne može prenositi u G-vagonima, na pr., staklena roba, laka roba koja zahteva mnogo prostora, dalje automobili (Glt); vagoni sa poklopcima (K, tovarna težina 15 t) za kreč, sodu u finom prahu, stene u prahu i drugo; vagoni sa pregradama (V, tovarna težina 15 t) za sitnu stoku: svinje, ovce, živinu, isto tako za voće, povrće; O-vagoni (O, tovarna težina 15 t) za ugalj i svu robu koja dolazi u pitanje; OM-vagoni (Om, tovarna težina 20 t) za sve pošiljke kojima se iskorišćuje tovarna težina ili čija težina prelazi 15 t, za takve pošiljke do 15 t, koje se ne mogu prenositi u O-vagonima; vagoni sa stranicama (R, tovarna težina 15 t) za robu koja se ne može prenositi u O- Om- ili H-vagonima, na pr. seno, slama, dalje za robu čiji obim ili težina pojedinih komada ili svojstva ne dopuštaju utovarivanje jedno preko drugog, na pr. velika, teška burad, stakleni baloni, dalje za drugu robu, koja je predugačka za kraće vagone; S-vagoni (S, tovarna težina 15 t, sa dve osovine) i Sm-vagoni (Sm, tovarna težina 20 t, sa dve osovine) za šine, dugačke nosače, dalje za izvoz buradi za skladištenje i poljoprivrednih mašina,

[1]) Pri svakom odašiljanju robe mogu se tarife pregledati i kupiti.

ako se pošilika bez deljenja ne može tovariti na kraće vagone, za pošiljke od morskih pristaništa i za vunu, pamuk i koru od plute; S S - v a g o n i (SS, tovarna težina 35 t, sa četiri i više osovina), osim za robu označenu za S-vagone i za vršaće garniture, ako se pošiljka ne može utovariti nepodeljena na S-vagone ili kraće vagone; v a g o n i s a o b r t n i m p o s t o l j e m (H, tovarna težina 15 t), za dugačku građu, gvozdene konstrukcije i drugu robu, koja zbog svoje dužine treba da bude složena na obrtna postolja dva takva vagona.[1])

## C. Standardizacija [2])

Obradio poslovni biro Nemačke komisije za standarde. Berlin

Rad na standardizaciji u Nemačkoj, koji sam po sebi vodi poreklo već pre dosta godina, dobio je jedinstvenu podlogu tek stvaranjem N e m a č k e k o m i s i j e z a s t a n d a r d e (D N A), u kojoj učestvuju nadleštva, proizvođači, potrošači i ljudi od nauke. Tehnička standardizacija obuhvata ustanovljavanje opštih standarda i stručnih standarda.

**Radno područje.** Iz velike prostranosti standardizacije koja zalazi u sva područja ljudskog mišljenja i rada, u Nemačkoj komisiji za standarde se obrađuju samo izvesni odeljci na pr.:

P o j m o v i: Utvrđivanje sadržaja pojmova;

O z n a k e: Zajedničko usvajanje reči, skraćenica, kratkih oznaka za pojmove;

O b e l e ž j a: Ujednačavanje oznaka i simbola, na pr.: »Boje za raspoznavanje cevnih vodova« i »Oznake za cevne vodove«;

T i p o v i (i z b o r v r s t a)[3]): Utvrđivanje ograničenog broja vrsta za brojne vrste predmeta, od kojih svaka vrsta ima karakteristična svojstva, na pr.: za zavrtnjeve, vrste: šestostrani zavrtnjevi, klinasti zavrtnjevi, zavrtnjevi sa poluokruglom glavom itd.; za električne mašine, vrste: mašine sa nosećim ležištima, sa oklopljenim ležištima, sa stojećim ležištima itd.;

I z b o r v e l i č i n a: Izbor jedne veličine ili reda raznih veličina između mnogobrojnih u jednom tipu, na pr: izbor 10 šestostranih zavrtnjeva između 50 raznih šestostranih zavrtnjeva, utvrđivanje niza električnih napona, broja orbtaja, pritiska, snaga itd.;

O b l i k: Utvrđivanje oblika i dimenzija (neki put samo mere za priključke);

M a t e r i j a l i: Utvrđivanje kakvoće, svojstava materijala i mere za prelaz sa stranih materijala na domaće uz održavanje kakvoće, prikladnosti nameni i sigurnosti proizvoda;

T a č n o s t: Usvajanje granica u okviru kojih izvedena veličina sme da otstupa od propisane veličine, na pr: kod jedne dimenzije, jednog hemiskog sastava, jednog svojstva jačine;

M e t o d e i s p i t i v a n j a: Usvajanje postupaka za ispitivanje svojstava materijala;

P r a v i l a z a s n a g u: Ujednačavanje postupaka za utvrđivanje snage mašine i aparata;

---

[1]) Vidi »Die Güterwagen der deutschen Reichsbahn ihre Bauart, Bestellung und Verwendung«, izdato u izdanju »Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, Hauptwagenamt Berlin«, Berlin 1933, VDI - Verlag.

[2]) Obaveštenja o radovima na nemačkoj standardizaciji daje: Dinorm, Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40.

[3]) Tip je predmet (ugled, uzorak, oblik, sastav, vrsta, grupa itd.) sa karakterističnim svojstvima, koja imaju svi zastupnici tog tipa.

Načini isporuke: Ugovaranje vrste ponude i isporuke, na pr.: »Opis radova u građevinarstvu«, dalje, vrste pakovanja, ugovaranje sastava, da li se isporuka ima da izvrši franko fabrika ili franko mesto rada, itd.

Proizvodni postupci: Utvrđivanje postupaka za obradu i za sklapanje predmeta, na pr.: »Uputstvo za montažu spojnica za kablove od 10 000 volti«;

Propisi za pogon i propisi za upravljanje: Propisi za pogon i propisi za rukovanje pri pogonu mašina i aparata, propisi za upravljanje, na pr.: »Pravni i tehničko upravni propisi o uređajima za odvodnjavanje terena«;

Građevinski propisi i propisi sigurnosti: Usvajanje minimalnih uslova iz razloga sigurnosti u propisima za proračunavanje i građenje, na pr: »Drumski mostovi, dimenzije, usvojena opterećenja i osnove za proračunavanje«, »Propisi za zaštitu od visokog napona i zračenja u rentgenskim uređajima«.

O razgraničavanju odeljaka i o tome, koji će predmeti u datom trenutku biti obrađivani u jednom standardu, odlučuje jedino stvarna potreba, na pr.: Standardi o kakvoći sadrže: Utvrđene pojmove o materijalima, tačnosti, metodama ispitivanja i pravilima korišćenja.

Razlikuju se: Osnovni standardi, koji imaju opšte značenje (na pr. jedinice i veličine, formati, zavojnice, tačni sklopovi) i stručni standardi, koji važe samo za određena područja (na pr.: standardi za građevinarstvo, elektrotehniku, domaćinstvo, standardi opšteg mašinstva, standardi za bolničke uređaje i za tekstilnu industriju).

**Standardi.** Cilj standardizacije je povećanje učinka i sigurnosti uprošćavanjem rada, uštedom kapitala, uštedom u materijalu i smanjenjem količine robe na skladištima.

Predlozi standarda obavljaju se radi kritike u DIN - saopštenjima (časopis »Maschinenbau«) i u čitavom nizu drugih stručnih časopisa, i izdaju se kao štampani standardi posle dobijene saglasnosti pretsedništva DNA. Do kraja 1939 izdato je okruglo 6500 DIN - standarda. Skoro svake godine izlazi sistematski sređen Pregled rada na standardima[1]).

**Uvođenje standarda u upotrebu.** Celokupna radna privreda je obavezna da uredbom državnog ministarstva privrede od 12. XI 1936 primenjuje standarde. Okvirnim naređenjem od 8 IX 1939 opunomoćenika za četvorogodišnji plan ovlašćen je državni ministar privrede da određuje obaveznost prikladnih standarda; ovo pravo on može preneti i na druge ustanove. Stepen obaveznosti u pojedinostima određuje se prema okolnostima koje tada postoje.

**Međunarodna standardizacija.** Počev od 1926 postoji međunarodna saradnja Ustanova za standardizaciju raznih zemalja (International Federation of the National Standardising Associations, ISA), u kojoj učestvuju: Argentina, Belgija, Češka, Danska, Finska, Francuska, Grčka, Holandija, Italija, Japan, Jugoslavija, Mađarska, Nemačka, Norveška, Poljska, Rumunija, S A D., SSSR, Švajcarska, Švedska, Španija, Velika Britanija.

---

1) Može se nabaviti kod Beuth-Vertrieb G m b H, Berlin SW 68, Dresdener Strasse 97.

# D. Korozija. Površinska zaštita [1])

Obradio viši vladin savetnik Dr. phil. W. Wiederholt, Berlin i Dr. J. Kollwitz, Berlin (str. 928-985)

## a) Opšte

**Pojam. Oblici u kojima se javlja korozija.** Ako se neko telo izmeni neželjenim hemiskim ili elektrohemiskim napadom na površinu, onda se to označava kao »korozija«. O postojećim oblicima u kojima se javlja vidi Stoffhütte, 2 izd., str. 93 i dalje.

**Uzroci korozije** i pojava pri kojoj počinju razaranja materijala baziraju na težnji metala da prelaze u jedinjenja pri dodiru sa elektrolitima u jonskom stanju ili pri dodiru sa neelektrolitima. Na napredovanje napada u bitnosti utiču produkti reakcije. Vidi Stoffhütte, 2 izd., str. 94 i dalje.

## b) Ponašanje tehničkih materijala koji su najviše u upotrebi

Metali ne poseduju samo karakteristična mehanička nego i karakteristična hemiska svojstva.

**Aluminijum**, koji je po svome mestu u klasifikaciji po električnom potencijalu neplemeniti metal, srazmerno je postojan usled nepropustljive oksidne skrame, koja čvrsto prijanja i koju sam gradi. Njegovo hemisko ponašanje, dakle, zavisi od postojanosti oksidne skrame. Slabo reagujući reagensi (voda, neutralni vodeni rastvori, organska jedinjenja) ne napadaju oksidni sloj; oksidaciona sredstva ga pojačavaju. Hlor-joni prodiru kroz sloj: živa i živine soli, alkalni rastvori, jake kiseline koje ne dejstvuju oksidaciono, razaraju zaštitni sloj.

**Bakar**, na vazduhu se stvara patina; postojan je prema kiselinama koje ne dejstvuju oksidaciono; nepostojan je prema agensima koji dejstvuju oksidaciono i prema amonijum jedinjenjima.

---

**Literatura.** — Bauer, Kröhnke, Masing; Die Korrosion metallischer Werkstoffe, I Bd. Eisen und Legierungen, 1936; II Bd. Nichteisenmetalle, Leipzig 1938, Hirzel. — Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, Metallschhutz. Bd. I. Leipzig 1938, Teubner. — Ritter; Korrosionstabellen metallischer Werkstoffe, Berlin 1937, Springer. — Guidi u. Guzzoni; La Corrosione dei metalli, Milano 1937, Hoepli. — Evans: Metallic Corrosion, passivity and protection, London 1937, Arnold & Co. Nemački prevod od Pietsch-a, Berlin 1939, Springer. — Hedges: Protective-films on metals, London 1937, Champan & Hall Ltd. — Mac Kay a. Worthington: Corrosion resistance of metals and alloys, New York 1936, Reinhold Publishing Corp. — Speller: Corrosion: causes and prevention of corrosion, 1935, Mc Graw-Hill. — Müller: Die Bedeckungstheorie der Passivität der Metalle und ihre experimentelle Begründung, Berlin 1935, Verlag Chemie. — Freytag: Die Werkstoffe der chemischen Apparate, Berlin 1932, Verlag Chemie. — Rabald: Werkstoffe und Korrosion, Leipzig 1931, Spamer. — Izveštaji: »Korrosion I bis VI. Berichte über Korrosionstagungen« Berlin, VDI-Verlag. — 1 do 3 Report of the Corrosion Committee, London, Iron and Steel Institute. — Izveštaji odbora »American Society for Testing Materials«. Philadelphia, Pa. — Stand der internationalen Korrosionsforschung, ZVDI 83 (1939), str. 703.

Časopisi. — Korrosion und Metallschutz, Berlin, Verlag Chemie. — Der Bautenschutz, Berlin, Ernst & Sohn. — Dechema-Werkstoffblätter in Chemische Fabrik, Berlin, Verlag Chemie.

**Cink**, postaje mat atmosferskim dejstvom, stvaraju se zaštitni slojevi i u prisustvu sumpor-vodonika; i u vodi se stvaraju zaštitni slojevi do oko 60°; nepostojan je prema slabim kiselinama, alkalijama, rastvorima koji sadrže hloride i sulfate.

**Gvožđe** je postojano prema rastvorima koji dejstvuju oksidaciono i prema alkalnim rastvorima; u tvrdoj vodi, koja je bez agresivne ugljene kiseline, stvaraju se zaštitni slojevi. Stvaranje rđe u vodi, vodenim rastvorima i na atmosferi, potpomažu hlor-joni; nepostojano je prema kiselinama koje ne dejstvuju oksidaciono.

**Hrom** je nepromenljiv na atmosferi i pri višim temperaturama; postojan je prema svim oksidacionim sredstvima i prema mnogim drugim reagensima.

**Kadmijum** se ponaša slično cinku; u razblaženim kiselinama je nešto postojaniji: prema alkalnim rastvorima je postojan.

**Kalaj**, postojan je prema normalnoj atmosferi, vodi za upotrebu, vodenim rastvorima i neutralnim rastvorima koji sadrže hloride; dobro se ponaša prema slabim kiselinama (voćnim kiselinama) pri otsustvu kiseonika; osjetljiv je prema jedinjenjima sumpora; nepostojan je prema alkalnim i jakim kiselinama. Na nižim temperaturama prelazi u sivu modifikaciju uz raspadanje u prah (kuga kalaja).

**Magnezijum**, na vazduhu je postojan usled tankog zaštitnog sloja, isto tako prema jakim bazama, fluorovodoničnoj kiselini i vodenim rastvorima koji sadrže fluorida; nepostojan je prema razblaženim kiselinama i prema vodenim rastvorima hlorida (razvijanje vodonika).

**Nikl**, otporan je prema atmosferskim uticajima i pri zagrevanju u trajnom radu od 500° prema vodi, vodenim rastvorima, alkalnim rastvorima, rastopljenim alkalijama i organskim materijama; međukristalno ga napadaju gasovi koji sadrže sumpora.

**Olovo** je postojano na vazduhu, prema sumporu i sumpornim jedinjenjima gradi zaštitne slojeve u tvrdoj vodi koja sadrži ugljene kiseline; nepostojano je prema alkalnim rastvorima, i prema mekoj vodi bez ugljene kiseline.

**Srebro**, nepromenljivo je u normalnoj atmosferi; pocrni od tragova sumpor-vodonika; u vazduhu koji sadrži halogene stvara se prevlaka halogenida srebra; ne napadaju ga razblažene kiseline koje ne dejsvuju oksidaciono, naprotiv azotna kiselina i druga jaka oksidaciona sredstva ga napadaju.

## c) Zaštita od korozijüe

Mogućnosti zaštite:

### proistekle od tehničkog materijala:

sa ciljem: Izrada nepropustljivog, homogenog tehničkog materijala, bez pora, sa površinom bez zamerke, bez mehaničkih napona a s obzirom na upotrebu koja odgovara hemiskim svojstvima. O postizanju ovog cilja kod metala v. Stoffhütte, 2 izd., str. 105.

Beton dobiva veliku otpornost prema koroziji raznim dodacima (tras ili druge materije koje sadrže silicijum dioksid).

### proistekle od sredstva koje napada

uklanjanjem sastojaka koji napadaju ili čineći ih neškodljivim, ili dodacima koji koče nagrizanje ili stvaraju zaštitne slojeve; vidi Stoffhütte, 2 izd. str. 107 i dalje.

### Prevlake.

Opšte. Svrha: Potpuno gusto odvajanje tehničkog materijala od sredstva koje ga napada. Otpornost prema hemiskom naprezanju preuzima prevlaka. Osnovni uslovi za izbor prevlake: Postojanost prema dotičnom hemiskom napadu. Dalji uslovi: Slaganje fizičkih svojstava

prevlake i osnovnog materijala jedno sa drugim; mehanička svojstva prevlake da odgovaraju svrsi upotrebe, naročito dobro prijanjanje prevlake na osnovni metal, prema potrebi mehaničkim ili hemiskim stvaranjem hrapavosti osnovnog metala. Da bi se ti uslovi zadovoljili može prevlaka da se sastoji iz više slojeva. Prethodna obrada v. Stoffhütte, 2 izd., str. 109.

**1. Prevlake od metala**[1]). Primena: Upotrebljive su samo za zaštitu metala od korozije.

Prevlake od aluminijuma, kadmijuma, cinka protiv atmosferskih uticaja; prevlake od hroma, nikla protiv atmosferskih uticaja i za ulepšavanje; prevlake od olova, hroma, nikla srebra, kalaja za naročite hemiske uticaje.

Na metalima čija je nabavka vezana za devize može se štediti kad se upotrebe metalni međuslojevi.

Izrada metalnih prevlaka: Upotrebom soli dotičnih metala u vodenom rastvoru ili samih metala kao prah, žica, lim ili rastop.

1. **Postupak potapanja.** Osnovni metal se potopi u rastvor soli odgovarajućeg metala, posle obrazovanja prevlake izvadi se, temeljno ispere i osuši.

2. **Postupak svarivanjem.** Kao 1, samo je obrada pri povišenoj temperaturi kupatila.

3. **Kontaktni postupak.** Kao 1, odnosno 2, sa upotrebom trećeg metala, koji je neplemenit, za stvaranje slabe električne struje.

4. **Galvanski postupak.** Kao 1, odnosno 2, sa upotrebom električne struje iz spoljnjeg izvora struje.

Posljednji postupak je mnogo rasprostranjen i tehnički značajan pod nazivom elektroplatiranje. Preimućstva: Brza izrada slojeva u željenim debljinama, metal za prevlaku treba da bude srazmerno čist.

Za izradu prevlaka koje proističu od metala služe vvi oblici metala:

1. **Metalni prah** (cementiranje). Zagrevanje predmeta sa metalnim prahom i sredstvom za prenošenje na višim temperaturama; korisno je pokretanje komada u dobošima. Veličina komada ograničena je potrebnim pećima.

2. **Žica** (postupak: prskanja metala). Žica je električnim ili gasnim putem stopljena u »pištolju za prskanje« i pomoću pritiska vazduha se prska na predmet koji treba prevući. Postupak zahteva da se osnovni metal jako ohrapavi.

3. **Lim** (platiranje). Na osnovni metal nanosi se metal za prevlačenje (debljina oba dela je u određenom odnosu), valjanjem se oba metala čvrsto spoje jedan sa drugim. Postižu se srazmerno jaki slojevi, tako da se platirani materijali mogu dobro zavarivati.

4. **Rastop metala** (cinkovanje u vatri i slično). Predmet koji treba prevući potapa se u rastop uz upotrebu topioca. Ovaj postupak je najviše rasprostranjen. Potrebna je odgovarajuća količina stopljenog metala za prevlačenje; time je mogućnost upotrebe ograničena na metale sa niskom tačkom topljenja.

---

[1]) Birett: Die Praxis der Verchromung, Berlin 1935, Krayn. — Billiter: Prinzipien der Galvanotechnik, Berlin 1934, Springer. — Elsner: Galvanotechnik, Leipzig 1933, Akad. Verlagsges. — Almannsberger: Der Verchromungsbetrieb, Coburg 1932, Müller und Schmidt. — Pfanhauser: Verchromungstechnik, Leipzig 1931. Sopstveno izdanje. — Pfanhauser: Die elektrolytischen Metallniederschläge, Berlin 1928, Springer. — Bablik: Grundlagen des Verzinkens, Berlin 1930, Springer.

Najvažnije metalne prevlake:

Prevlake od cinka. Najvažniji postupak izrade: Cinkovanje u vatri potapanjem u kupatilo ne preko 450°. Debljina cinkovanja: za limove 200 do 1100 g/m², za cevi 500 do 1000 g/m², za žice 150 do 300 g/m². Upotreba galvanskog cinkovanja sve se više širi, pošto naneti sloj iznosi samo 80 do 100 g/m². Prevlaka je ravnomerna, upotrebljiva je i za kaljene delove. Za manje radne komade može se izraditi šerardiziranjem (zagrevanje u cinkovom prahu na ≈ 400°). Rasprostranjene su prevlake po postupku prskanja.

Postoji mogućnost razlikovanja prevlaka prema postupku izrade, pomoću uglačanih preparata i analizom.

Prevlake od aluminijuma. Prevlake prskanjem kao zaštita protiv atmosferskih uticaja i protiv dimnih gasova; naročito oblast primene je zaštita ložišnih rešetaka. Naknadna obrada prevlake sa nekim silikatom, na pr. vodenim staklom, zove se »alumitiranje«. Kaloriziranje i alitiranje označavaju obradu u prahu aluminijuma; primenjuju se kao zaštita protiv plamenih gasova i tome slično. Dalje mogućnosti izrade: platiranje aluminijum-legura valjanjem preko njih čistog aluminijuma ili lakih metala otpornijih prema koroziji (alautal, albondur, duralplat).

Prevlake od kadmijuma dobivaju se galvanskim putem iz cijanidnih kupatila. Dejstvo zaštite od korozije postoji prema atmosferskom uticaju, već pri debljini sloja od 0,008 mm = 60 g/m².

Prevlake od kalaja. Izrađuju se većinom u vidu kalajisanja u vatri i galvanskim kalajisanjem. Po prvom je postupku debljina sloja 50 g/m², a po galvanskom postupku 10 do 20 g/m². Glavna primena: Beli lim za konzervne kutije.

Prevlake od olova. Može se primeniti prvlačenje olovom u vatri, galvansko prevlačenje olovom, prevlačenje olovom prskanjem i homogeno prevlačenje olovom. Po poslednjem postupku, posle prethodnog kalajisanja, može se olovo naneti, u debelom sloju, topljenjem pomoću plamena za lemljenje.

Prevlake od bakra služe većinom kao međuslojevi u vezi sa drugim metalnim prevlakama. Izrađuju se galvanskim putem pri dobrom dubinskom dejstvu kupatila i time dobro pokrivaju osnovni metal.

Prevlake od nikla. Najvažnija izrada je galvanskim putem. Ušteda nikla se postiže prethodnim prevlačenjem bakrom.

Prevlake od hroma. Izrađuju se galvanskim putem pomoću rastvora hromne kiseline upotrebom olovnih anoda.

**2. Prevlake od organskih jedinjenja**[1]). Primena: Daleko je raširena kao zaštita gvožđa i obojenih metala od slabih, hemiskih uticaja (na pr. atmosfere). Za specijalne uticaje služe specijalni premazi. Dalje osnove koje dolaze u obzir: drvo, zid (malter i cement), tkanina.

Naročiti zahtevi: Postojanost prema bubrenju, to znači dovoljna otpornost prema fizičko-hemiskom uticaju vode; otpornost i prema foto-hemiskom razaranju putem kratkotalasnih zrakova Sunčeve svetlosti; čvrsto a ipak elastično prijanjanje za dotičnu osnovu. Otuda se postavlja kao osnovni uslov celishodna obrada donje površine (čišćenje od rđe, prethodna obrada lakih metala), tačan izbor pogodnog zaštitnog sredstva za dotični material, i prema uticaju koji dolazi u obzir i odgovarajuće nanošenje (na konstruktivno tačno uobličenom objektu, koji treba zaštititi premazom). Prevlake se izrađuju premazivanjem, prskanjem, potapanjem, natapanjem, oblaganjem i obavijanjem predmeta koji treba zaštititi. Za prevlake dolaze u obzir: sredstva za premazivanje, hemikalije, veštačke materije, ter i bitumen.

[1]) Obradio Dr. J. Kollwitz, Berlin, do III poglvalja, str. 985.

## I. Premazivanje

Nanošenje premaza: mazanjem četkicom, prskanjem, potapanjem i prelivanjem.

Sastav sredstva za premazivanje:

1. Sredstva za vezivanje (firnis lanenog ulja, ugušćeno laneno ulje i laneno drvno ulje, smola, veštačka smola, nitroceluloza, bitumen i slično).

2. Obojene materije (zemljane boje, mineralne boje, lakovi koji boje).

3. Sredstva za rastvaranje ili za razblaživanje (teški benzin, terpentinsko ulje, benzol, hidrirani naftalin, alkohol, estar itd. vidi str. 1236).

4) Sredstva za omekšavanje (kamfor, estar ftalne kiseline, trifenilfosfat itd.).

5. Sredstva za razvlačenje i za punjenje (na pr., barijum sulfat i kreda).

Sušenje premaza zavisi od sredstava za vezivanje, kod premaza uljanim bojama oksidacijom (primanje kiseonika iz vazduha i prelaženje tečnog sušnog veziva u žilav linoksin), kod lakova isparavanjem rastvornog sredstva. Sušenje se može ubrzati zagrevanjem, može se zapeći u sušnici.

**Premazivanje metala**[1]). Zaštitne prevlake kratkotrajnog dejstva su prevlake od vazelina, masti iz vune, mineralnog ulja, lanenog ulja (pare lanenog ulja); dalje, od rastvora kolofonijuma, tvrde smole ili nitroceluloze u pogodnim rastvaračima.

Klasičan premaz kao zaštita od rđe za gvozdene konstrukcije je gruntiranje sa olovnim minijumom, i pokrivni premazi sa bojama koje sadrže laneno ulje, odnosno zgusnuto laneno ulje, čija se tela za bojenje sastoje od olovnog belog, cinkovog belog, cink-oksida, liskuna gvožđa, smeša imenovanih suvih boja itd. Šareni pokrivni premazi se sastoje prvenstveno od olovnog belog ili cinkovog belog, odnosno cink-oksida, obojeni sa šarenim bojama.

Izrada premaza za zaštitu od rđe se deli na osnovni premaz i pokrivni premaz. Osnovni premaz treba da štiti gvožđe od korozije naročito pasivnim dejstvom, međutim pokrivni premaz treba da štiti osnovni premaz od uticaja napadajućih sastojaka vazduha itd.

Kod specijalnih namena premaza, kao što je to slučaj, na pr., u radu sa kalijumom, u mlekarstvu, u klanicama,

---

[1]) Moshage: Praktischer Rostschutz, Leipzig 1934, Jänecke. — Wenzel: Handbuch für Maler, Leipzig 1934, Justel u. Götell. — Ragg: Vom Rost und vom Eisenschutz, Berlin 1928, Union Deutsche Verlagsges. — Ragg: Die Schiffsboden- und Rostschutzfarben, Berlin 1925, Union Deutsche Verlagsges. — Fachbuchliste des Malerhandwerks u »Das deutsche Malerhandwerk« 27 (1938), sv. 7, str. 159.

**Propisi.** — »Verdingungsordnung für Bauleistungen, T, C, Abscen, XIII, Maler- und Anstreicherarbeiten«. Izradio »Reichsverdingungsausschuss«, Berlin 1937, Bauweltverlag. — Kollwitz: Technische Lieferbedingungen für Farben und Anstrichstoffe. Farbenztg 42 (1937), sv. 49/50, str. 1217 i dalje. — Anordnung 12 und Anordnung über Tallöl der Überwachungsstelle für industrielle Fettversorgung vom 21 November 1935 und 13 Juni 1936. — Allgemeine Anordnung über die Herstellung und Verwendung von Bleifarben der Überwachungsstelle für unedle Metalle und der Überwachungsstelle Chemie vom 12 August 1936.

hemiskim fabrikama, brodovima, tankovima itd., nalaze primenu materijali za premaz na bazi veštačke smole, nitroceluloze, benzilceluloze, hlornog kaučuka itd. U takvim slučajevima preporučuje se savetovanje sa fabrikama laka.

Za premaz vozila, automobila, alata i mašina, istisnute su uljane boje i uljani lakovi materijalima za premaze na osnovi naročito prepariranih sušnih ulja, veštačkih smola, nitroceluloze i hlornog kaučuka, delom međusobno kombinovani (v. Lakovi, str. 1180 i dalje i Stoffhütte, 2 izd. str. 799 i dalje).

Da bi se ostvarilo besprekorno lakiranje, potrebna je glatka osnova kao prethodni uslov. Neravnine u osnovi ne mogu se ispuniti lakom. U tim se slučajevima osnova mora prethodno poravnati sa specijalnim kitom (špahtlom) (o špahtlama v. str. 1184). To poravnanje sastoji se većinom u nanošenju više slojeva kita koji se redom glačaju tako dugo, dok se ne dobije potpuno ravna osnova.

Izrada uljanog lakiranja (za putnička kola državnih železnica): osnovni premaz sa olovnim belim i uljem, ponovljeno poravnjavanje i glačanje dok se ne dobije savršeno ravna površina, jedan premaz sa uljanom bojom, jedan premaz sa lak-bojom za glačanje, lak za glačanje uglačati, jedan premaz sa lak-bojom za prevlačenje. Izrada nitro lakiranja (kao kod uljanog lakiranja): osnovni premaz sa olovnim belim uljem, poravnjavanje i glačanje kao kod uljanog lakiranja, prskati boju za izolaciju, odnosno osnovnu boju, dva puta prskati nitro boju. Trajanje izrade uljanog lakiranja pri nanošenju materijala za premaz pomoću četkice 16 dana, sa pištoljem za prskanje 10 dana; trajanje nitro lakiranja: 6 dana.

Čelični delovi konstrukcija pod vodom mogu se zaštititi nanošenjem toplih ili hladnih bituminoznih sredstava za premaz. Ako se gruntira sa minijumom treba pri tome paziti da se premaz minijuma dobro prosuši, da rastvorno sredstvo pokrivnog premaza ne bi ponovo rastvorilo premaz minijuma.

Boje za brodsko dno sadrže soli žive, bakra i arsena. One treba da spreče brodsko dno da ne obraste algama i školjkama, naročito u tropskim vodama.

**Premazivanje drveta.** Za ovo služe sredstva za premaz, koja sadrže ulje u većoj ili manjoj količini, ranije su se upotrebljavale uljane boje i uljani lakovi, danas emulzije, lakovi bez ulja, veštačke smole itd. Kod premaza sa uljanom bojom i lak-bojom obratiti pažnju na ispravan sastav premaza! Osnovni premaz treba da bude mastan, međupremaz polumastan, poslednji premaz (lak-boja) mastan. Premaz treba nanositi samo na suvo drvo.

**Premazivanje maltera i cementa.** Pogodna sredstva za premaz su: krečna boja, boja sa tutkalom, kazein boja, silikatna boja, mešana veziva (emulzije), uljana boja, lakovi, ter i bitumeni. Premaze izvoditi samo na suvom malteru. Pri izboru materijala za premaz treba uzeti u obzir osnovu. Treba voditi računa o podacima koje daje proizvođač vezivnih sredstava i tela za bojenje o podobnosti njihovih proizvoda.

### II. Natapanje

Natapanje drveta se vrši hemikalijama (živin hlorid, cink sulfat, bakar sulfat, natrijum fluorid), ternim uljima (karbolineum) i hloriranim ugljovodonicima (ksilamon), dalje sa rastvorima nitroceluloze (str. 1135).

### III. Prevlačenje

U mnogim slučajevima, na pr., u hemiskoj industriji, su posude i sprave izložene jakim uticajima kiselina ili alkalija. Materijal od koga su napravljeni može se zaštititi prevlakom od meke ili tvrde gume, visoko polimernim masama i fenoplastima. Gumene prevlake se vulkaniziraju na odgovarajuću osnovu.

### IV. Obavijanje

Ova vrsta zaštite od korozije primenjuje se za zaštitu cevi postavljenih u zemlji. Cevi se premažu terom ili bitumenom i obaviju zavojima natopljenim bitumenom.

**3. Prevlake od nemetalnih, anorganskih jedinjenja.** Primena: Srazmerno mala, pošto mehanička svojstva nisu tako povoljna kao kod prevlaka od metala i organskih jedinjenja; u obzir dolaze silikati i fluoridi. Od ovih su najvažniji:

**Emajl**, uglavnom za gvožđe. Prevlake hemiski nisu postojane prema alkalijama i fluorovodoničnoj kiselini kao i ostalim jakim kiselinama.

**Fluoridi**, premazani preko betona, prouzrokuju stvaranje fluoridnog sloja, odnosno fluorsilikata, usled čega je osnovni materijal zaštićen od hemiskih uticaja.

**Rastvori vodenog stakla** povećavaju otpornost betona; nanose se premazivanjem.

**Prevlake od cementa** su upotrebljive za cevi i za građevine od armiranog betona.

**Vatrostalne ili kiselostalne mase** u obliku obloga; hemiska postojanost u bitnosti zavisi od kita, zbog toga treba izbegavati nepotrebne i suviše široke spojnice.

**4. Zaštita hemiskom i elektrohemiskom površinskom obradom**[1]).

Pri tome se na materijalu stvaraju jedinjenja sa naročitim hemiskim svojstvima. Prednosti: Stvaranje zaštitnog sloja iz samog materijala uz lako stvaranje hrapavosti njegove površine i time povećavanje prijonljivosti sloja. Obrada je jednostavna, pošto predmete treba uneti samo u reagens koji napada, dok se ne stvori zaštitni sloj. Reakcija prestaje automatski, kada reagens koji napada ne može više da prodire do osnovnog metala kroz obrazovani zaštitni sloj. Sastav slojeva uslovljava veliku

---

[1]) **Literatura.** — Hedges: Protective films on metals, 2 izd. London 1937, Chapman & Hall Ltd. — Krause: Metallfärbung, Berlin 1937, Springer. — Deutsche Chemische Gesellschaft, Oberflächenbehandlung von Aluminium und Aluminiumlegierungen, T. A., Lfg. 3, Aluminium, Gmelins Handbuch, Berlin 1936, Verlag Chemie — Jenny: Die elektrolytische Oxydation des Aluminiums, Dresden u Leipzig 1938, Steinkopff.

podobnost apsorpcije za neorganske i organske materije; time se stvara pogodnija osnova naročito za organske prevlake.

Najvažniji postupci: Za gvožđe: Postupak sa fosfatom, poznat kao parkerizovanje, odnosno Antrament-postupak. Ubrzavanje reakcije i time skraćivanje vremena obrade postiže se upotrebom cink fosfata i cink nitrata (Bonder- i brzi Antrament-postupak).

Za aluminijum: MBV-postupak, pri ovome se upotrebljava vodeni rastvor hromata i karbonata i anodna obrada u oksalnoj kiselini, hromnoj ili sumpornoj kiselini, poznat kao Eloxal-postupak (električno oksidisan aluminijum).

Za magnezijumove legure: Postupak sa hromatom (rastvor od 15% kalijum- ili natrijum-bihromata i 20% konc. azotne kiseline, ostatak voda) i Elomag-postupak.

### 5. Zaštita elektrolitičkom obradom.

Svrha: Ugrožena mesta bivaju katodno polarizovana dovoljnom gustinom struje, tako da se tu ne može pojaviti nikakvo nagrizanje. Protok električne struje se može ostvariti: a) stavljanjem jednosmerne struje iz spoljnjeg izvora struje, b) dodirom sa neplemenitijim metalima.

Primene: Kotlovi, podzemni cevni vodovi, kondenzatori i u brodogradnji.

### 6. Zaštita davanjem celishodnog oblika.

Građevinama i aparatima treba dati takav oblik da se spreči skupljanje i duže zadržavanje napadajućih rastvora i produkata korozije. Građevine treba brižljivo zaštititi od podzemnih voda. Izbegavati oštra ispupčenja, ivice i oštre uglove! Mesta gde su spojena dva razna metala treba da budu zaštićena od prilaza elektrolita ili da budu izolovana ugrađenim telima koja nisu električni provodnici. Pri ugrađivanju treba izbegavati nepotrebna mehanička naprezanja (napone). Lutajuće struje treba otkloniti.

## d) Ispitivanja korozije i tumačenje rezultata

Ako je ikako moguće treba obaviti laboratoriska ispitivanja kao uporedna ispitivanja. Ocena o upotrebljivosti materijala može se, međutim, vršiti samo na temelju praktičnog iskustva, tako da je poželjno da se laboratoriska ispitivanja dopune dugim vremenskim ispitivanjima pod normalnim uslovima.

Pri ispitivanju korozije treba se držati propisa DIN 4850. Za ravnomeran napad korozijom navedene su u DIN 4851 jedinice (analitička jedinica g/(m² na dan), konstruktivna jedinica godina/mm) i opšta uputstva — podaci o koroziji. Dalji standardi su: DIN prethodni standard 4852 — proba kuvanjem, DIN prethodni standard 4853 — metode ispitivanja korozije za lake metale; u pripremi su standardi: metode ispitivanja za metalne prevlake na žicama DIN DVM 1213.

# II. Pregled metala

## A. Opšte tablice

### Tablica 1. Pregled glavnih tablica o metalima


Opšte

Pregled tehn. važnih metala 988
Brzina prostiranja zvuka u metalima . . . . . 277
Rasprašivanje metala pri tinjajućem pražnjenju . . . 347
Termič. linearno širenje, linearno skupljanje 610, 611, 999, 1002
Toplotna svojstva (tačka topljenja, tačka ključanja, toplota isparavanja, spec. toplota) . . . . . 612, 614
Koef. provođenja toplote . 678
Koeficijenti apsorpcije toplote 692
Težina žica i metalnih ploča 990
Skale za dimen. žice i lima 991, 1268
Sredstva za nagrizanje . . . 993
Legure za livenje: u pesku, brizganjem i presovanjem 998
Metalne folije . . . . . 1267
Talasasti limovi . . . . 1261, 1269
Cevi i fazonski delovi 1270 i 1278

Gvožđe i čelik

Pregled standarda za čelik . . 1241
Vrste sirovog i livenog gvožđa (sastav) . . . . . 1010, 1013
Čelik, liveno gvožđe, čelični liv, temperliv . . . 921, 922, 1014
Opšti mašinski konstruktivni čelici (svojstva) . . . 922 i dalje
Čelici za oplemenjivanje, čelici za cementiranje i čelici za nitriranje (svojstva) 923, 924, 925
Čelici za opruge (oplemenjeni) 925
Otpornost na visokim temperaturama čelika za kotlove 926
Legirani konstruktivni čelici i čelici postojani na visokoj temperaturi . . . 1017, 1018, 1019
Čelici za cevi (otpornost na visokoj temperaturi) . . . 926
Specijalni čelici za ventile za motore (jačina) . . . . . 926
St 52 (sastav, svojstva jačine) 1016
Materijali za izradu trajnih magneta (sastav, svojstva) . 1018
Limovi za dinamo (sastav, podobnost magnetisanja) . . . 1020
Nelegirnai i legirani alatni čelici . . . . . 1020, 1022
Nemački normalni profili 1248 i dalje

Laki metali

Laki metali (jačina) 929, 931, 1026
Aluminijum-legure za obradu deformacijom . 929, 1027, 1028
Aluminijum-legure za livenje (svojstva, primena, sastav) 930, 1029
Legure za livenje u kokilama, laki metali . . . . . 930, 1002
Aluminijum-legure za klipove (sastav, svojstva) . . . . . 1032
Čist aluminijum (svojstva, sastav, primena) . . . . . 1025
Magnezijum legure (jačina) . 931
Magnezijum-legure za obradu deformacijom i za livenje (sastav, primena) . . . 1035, 1036
Berilijum-legure (svojstva) . 1038
Profili od lakih metala 1264 i dalje

Bakar i legure bakra

Bakar i legure bakra (jačina) 927, 928
Standardi za bakar (sastav, primena) . . . . . 1040
Mesing (sastav, stanje, jačina) 927
Bronze i mašinska bronza 928, 1045
Kalajne bronze obrađene deformacijom (primena, sastav) 1046
Žice od bronze (sastav, svojstva, primena) . . . . . 1048
Bronze za obradu deformacijom (sastav, svojstva) . . . 1049
Mesing za kondenzatorske cevi (sastav, stanje, svojstva) 1051
Legure bakra i cinka (mehanička svojstva) . . . . . 1052
Mesing i tombak (oblik isporuke i primena) . . . . . 1052
Specijalni mesing (sastav, svojstva) . . . . . 1054
Tvrdi lem, srebrni lem (sastav, tačka topljenja, primena) . 1055

Olovo, cink, metali za ležišta itd.

Cink (jačina) . . . . . 931
Trgovačke vrste cinka, čist cink (sastav, svojstva) 931, 1057
Legure cinka za livenje u kokilama (svojstva) . . . . . 1059
Legure cinka za valjanje i za livenje u pesku (svojstva) . 1059
Legure cinka koje sadrže aluminijum i bakar (svojstva) 1080
Olovo. Kalaj. Bizmut 931, 1060, 1064
Kalaj za lemljenje (sastav, primena) . . . . . 1065
Metali za ležišta. Beli metal. Metali za štamparska slova (sastav, svojstva) . . . . . 1066
Legure bizmuta (sastav, tačka topljenja) . . . . . 1066

Nikal i legure nikla

Trgovačke vrste sirovog nikla (sastav) . . . . . 1067
Nikal (mehanička svojstva) . 1068
Trgovački tvrdi metali (sastav, primena) . . . . . 1072

Ostali metali

Fero-hrom (sastav) . . . . . 1077
Legure hroma (sastav, svojstva) 1077

## Tablica 2. Pregled svojstava tehnički važnih metala[1])

(Posebni podaci dati su u sledećim poglavljima)

| Element (Simbol) | Specific. težina kg/dm³ | Tačka topljenja u° | Tačka ključanja na 760 mm Hg u° | Specifična toplota (područje od/do u°) cal/g° | | Toplota topljenja cal/g | Podobnost provođenja toplote (na °) cal/cm° | | Koef. linear. toplotnog širenja (područje od/do u°)[2]) | | Električ. provodlj. na 20° m/Ωmm² | Temper. koeficij. elekt. otp. ±0—5/o | Modul elastič. E kg/mm² | Jačina pri kidanju kg/mm² | Izduženje pri kidanju % | Tvrdoća po Brunell-u kg/mm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aluminijum (Al) | 2,70 | 658 | 2270 | 0,212 | (0/100) | 85 | 0,53 | (20) | 0,0₄2383) | (0/100) | 36,2*) 34,8**) | 408 | 7200 | 7—11*) 15—23**) | 45—30 8—2 | 15—25 35—40 |
| Antimon (Sb) | 6,69 | 630,5 | 1640 | 0,0503 | (17/100 | 38,9 | 0,0538 | (0) | 0,0₄109 | (17/100) | 2,4 | 511 | 7900 | 8,6 | 1,6 | 36 |
| Bakar (Cu) | 8,93 | 1083 | 2330 | 0,0928 | (18/100) | 51,0 | 0,938 | (0) | 0,0₄1698 | (50) | 58*) 56**) | 428 | 13000 | 21*) 45**) | 50 2 | 35 95 |
| Barijum (Ba) | 3,76 | 704 | 1700 | 0,068 | (—185/+20) | — | — | | — | | — | — | — | — | — | — |
| Berilijum (Be) | 1,85 | 1278 | 3000 | 0,2442 | (0/100) | 341 | 0,393 | | 0,0₄123 | | — | 42 | 30000 | — | — | — |
| Bizmut (Bi) | 9,8 | 271 | 1500 | 0,0293 | (18/100) | 14,1 | 0,0244 | (0) | 0,0₄1345 | (17/100) | 0,84 | 454 | 3290 | 0,5 | — | 9 |
| Cink (Zn) | 7,13 | 419,4 | 907 | 0,0946 | (20/100) | 24,1 | 0,2653 | (18) | 0,0₄2905 | (50) | 16,5 | 417 | 13000 | 15 | 35 | 35 |
| Cirkon (Zr) | 6,53 | 1900 | 2900 | 0,066 | (0/100 | — | — | | — | | — | — | — | — | — | — |
| Galijum (Ga) | 5,9 | 29,78 | 2300 | 0,079 | (12/23) | 19,1 | | | | | 1,8 | 350 | — | — | — | — |
| Gvožđe (čisto) (Fe) | 7,876 | 1530 | 2500 | 0,111 | (0/100) | 49,4 | 0,161 | (18 | 0,0₄123 | (0/100 | 10 | 657 | 21070 | 22 | 50 | 60 |
| Hrom (Cr) | 7,1 | 1800[3]) | 2400 | 0,1208 | (0/100) | 70 | | | 0,0₄084 | (0/100) | 35,8*) | — | — | — | — | — |
| Iridijum (Ir) | 22,5 | 2454 | 4800 | 0,0323 | (0/100) | 28 | 0,141 | (17) | 0,0₄066 | (17/100) | 18,2 | 393 | 52000 | — | — | — |
| Kadmijum (Cd) | 8,64 | 320,9 | 767 | 0,0559 | (20/100) | 12,9 | 0,0233 | (0) | 0,0₄297 | (10) | 13,1 | 424 | 510 | 6,4 | 17 | 16 |
| Kalaj (Sn) | 7,28 | 231,9 | 2300 | 0,0548 | (0/100) | 14,2 | 0,1528 | (0) | 0,0₄2703 | (18/100) | 8,3 | 465 | 4150 | 2,75 | 40 | 5 |
| Kalijum (K) | 0,862 | 63 | 760 | 0,173 | (0) | 15,7 | 0,23 | (5/20) | 0,0₄83 | (0/50) | 13,3 | 573 | — | — | — | 0,07 |
| Kalcijum (Ca) | 1,54 | 851 | 1400 | 0,149 | (0/100) | 78 | | | | | 9,5 | 333 | — | 5 | — | — |
| Kobalt (Co) | 8,8 | 1490 | 3200 | 0,105 | (0/100) | 64 | | | 0,0₄181 | (25/350) | 11,1 | — | 20800 | 26 | — | — |
| Litijum (Li) | 0,534 | 180 | 1400 | 1,092 | (0/100) | 32,8 | 0,155 | | 0,0₄600 | (do 180) | 11 | 450 | 500 | 18 | 22 | — |
| Magnezijum (Mg) | 1,74 | 650 | 1110 | 0,2475 | (17/100) | 46,5 | 0,411 | (0) | 0,0₄261 | (17/100) | 21,7 | 390 | 4100 | 20 | 10 | 25 |
| Mangan (Mn) | 7,3 | 1250 | 2100 | 0,1211 | (20/100 | | | | 0,0₄228 | (0/100) | 21,6 | — | — | — | — | — |
| Molibden (Mo) | 10,2 | 2600 | 3560 | 0,0647 | (20/100) | — | 0,346 | (18) | 0,0₄052 | (0/100) | 21 | 420 | — | — | — | — |
| Natrijum (Na) | 0,971 | 97,7 | 880 | 0,297 | (0/20) | 27,5 | 0,321 | (5,7) | 0,0₄720 | (0/50) | 20 | 530 | — | — | — | 0,04 |
| Nikl (Ni) | 8,9 | 1455 | 3000 | 0,1086 | (18/100) | 73 | 0,142 | (18) | 0,0₄130 | (0/100) | 11,5*) 10,5**) | 465 | 20500 | 40*) 80**) | 45 2 | 80 200 |
| Olovo (Pb) | 11,34 | 327,3 | 1730 | 0,0309 | (18/100) | 5,7 | 0,0837 | (0) | 0,0₄293 | (17/100) | 4,8 | 428 | 1700 | 1,4 | 60 | 4 |
| Osmijum (Os) | 22,48 | 2500 | 5300 | 0,0311 | (19/98) | 35 | | | 0,0₄067 | (40 | 9,7 | 420 | — | — | — | — |
| Paladijum (Pd) | 12,0 | 1555 | 2200 | 0,0592 | (0/100 | 36 | 0,1683 | (18) | 0,0₄119 | (50) | 9,3 | 377 | 11500 | 21 | 55 | 60 |
| Platina (Pt) | 21,45 | 1773 | 3800 | 0,0377 | (0/100) | 27 | 0,1664 | (18) | 0,0₄0907 | (50 | 9 | 392 | 17000 | 20 | 50 | 55 |
| Radijum (Ra) | — | 960 | 1140 | — | | — | — | | — | | — | — | — | — | — | — |
| Renijum (Re) | 20,5 | 3150 | — | — | | — | — | | — | | — | — | — | — | — | — |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rodijum | (Rh) | 12,4 | 1966 | 2500 | 0,058 | (10/97) | 52 | 0,210 | (17) | 0,04085 | (50) | 19,6 | 443 | 3 000 | — | — | 156 |
| Silicijum | (Si) | 2,33 | 1410 | 2392 | 0,171 | (0/99) | — | — | | 0,04078 | (50) | 1 | — | — | — | — | — |
| Srebro | (Ag) | 10,5 | 960,5 | 1950 | 0,0575 | (20/100) | 25 | 1,096 | (0) | 0,041968 | (0/100) | 62,5 | 410 | 8000 | 16 | 20—50 | 25 |
| Stroncijum | (Sr) | 2,60 | 757 | 1370 | — | — | — | — | | — | | 4 | 383 | — | — | — | — |
| Tantal | (Ta) | 16,6 | 3000 | 5300 | 0,033 | (14/100) | — | 0,130 | (18) | 0,04065 | (0/100) | 6,5 | 347 | 1900 | — | — | — |
| Titan | (Ti) | 4,53 | 1800 | 3000 | 0,1125 | (0/100) | — | — | | — | | 0,25 | — | — | — | — | — |
| Uran | (U) | 18,7 | 1699 | — | 0,0286 | (0/98) | — | — | | — | | 1,6 | — | — | — | — | — |
| Vanadijum | (V) | 6,0 | 1720 | 3000 | 0,1153 | (0/100) | — | — | | — | | — | — | — | — | — | — |
| Volfram | (W) | 19,3 | 3380 | 5000 | 0,0338 | (20/100) | 60 | 0,476 | (18) | 0,04045 | (0/100) | 18 | 464 | 3700 | 110 | — | — |
| Zlato | (Au) | 19,29 | 1063 | 2700 | 0,031 | (20/100) | 16 | 0,7464 | (10/97) | 0,04143 | (17/100) | 45 | 398 | 8000 | 14 | 50 | 18,5 |
| Živa | (Hg) | 13,5457 | —38,93 | 356,95 | 0,0332 | (0/20) | 2,7 | 0,0248 | (0) | 0,03825) | (0/100) | 1,05 | 099 | — | — | — | — |

[1]) Izvori: Henning: Wärmetechnische Richtwerte, Berlin 1938. VDI - Verlag. — Landolt-Börnstein, Berlin 1935/36. Springer. — Smithsonian - Physical Tables, City of Washington 1935. — Guertler: Metallographie, 2 Bd., 2 Teil.: Burkhardt: Die mechanisch-technologischen Eigenschaften der reinen Metalle, Berlin 1935. Gebr. Borntraeger. — [2]) Način pisanja: $0{,}0_4\,238 = 0{,}000\,0238$. — [3]) Po drugim ispitivanjima $1890 \pm 10^0$, v. ZVDI 81 (1937), str. 442. — [4]) Specifični otpor čistog sinterovanog elektrolitičkog hroma $14{,}14 \cdot 10^{-2}\ \Omega\ mm^2/m$ na $20^0$, ili električna provodljivost 7,1 $m/\Omega\ mm^2$. — [5]) Koef. zapreminskog toplotnog širenja. — *) Meko žaren — **) Tvrd.

## Tablica 3. Težina 1000 m žice u kg prema DIN 177, 1757, 1766, DIN VDE 6420

Specifične težine: žica od točenog čelika 7,85, bakra 8,9[1]), mesinga 8,5[2]), aluminijuma 2,7 $kg/dm^3$ [3])

| Prečnik | Točen čelik | Bakar | Mesing | Aluminijum | Prečnik | Točen čelik | Bakar | Mesing | Aluminijum | Prečnik | Točen čelik | Bakar | Mesing | Aluminijum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1 | 0,0617 | 0,070 | — | — | 0 34 | 0,713 | — | — | — | 0,95 | 5,56 | 6,308 | 6,024 | — |
| 0,12 | 0,0888 | 0,101 | — | — | 0,35 | — | 0,856 | 0,818 | — | 1,0 | 6,17 | 6,990 | 6,676 | 2,12 |
| 0,15 | — | 0,157 | — | — | 0,37 | 0,844 | — | — | — | 1,1 | 7,46 | 8,458 | 8,078 | — |
| 0,18 | 0,200 | 0,226 | — | — | 0,38 | — | 1,009 | 0,964 | — | 1,2 | 8,88 | 10,066 | 9,613 | 3,05 |
| 0,2 | 0,247 | 0,280 | 0,267 | 0,848 | 0,40 | 0,986 | 1,118 | 1,068 | 0,339 | 1,3 | 10,4 | 11,810 | 11,282 | — |
| 0,22 | 0,298 | 0,338 | 0,323 | — | 0,45 | 1,25 | 1,415 | 1,352 | — | 1,4 | 12,01 | 13,697 | 13,085 | 4,16 |
| 0,23 | 0,326 | — | — | — | 0,5 | 1,54 | 1,747 | 1,669 | 0,530 | 1,5 | 13,87 | 15,727 | 15,020 | 4,77 |
| 0,24 | 0,355 | — | — | — | 0,55 | 1,87 | 2,114 | 2,019 | — | 1,6 | 15,8 | 17,898 | 17,090 | 5,43 |
| 0,25 | 0,385 | 0,437 | 0,417 | — | 0,6 | 2,22 | 2,516 | 2,403 | 0,763 | 1,7 | 17,82 | 20,201 | 19,293 | — |
| 0,26 | 0,417 | — | — | — | 0,65 | 2,60 | 2,953 | 2,821 | — | 1,8 | 20,0 | 22,650 | 21,630 | 6,87 |
| 0,27 | 0,449 | — | — | — | 0,7 | 3,02 | 3,425 | 3,271 | 1,04 | 1,9 | 22,3 | 25,231 | 24,100 | — |
| 0 28 | 0,483 | 0,548 | 0,523 | — | 0,75 | 3,47 | 3,932 | 3,755 | — | 2,0 | 24,7 | 27,963 | 26,704 | 8,48 |
| 0,3 | — | 0,629 | 0,601 | 0,191 | 0,8 | 3,95 | 4,474 | 4,273 | 1,36 | 2,1 | — | 30,830 | 29,441 | — |
| 0,31 | 0,592 | — | — | — | 0,85 | 4,45 | 5,051 | 4,823 | — | 2,2 | 29,8 | 33,828 | 32,311 | 10,3 |
| 0,32 | — | 0,716 | 0,684 | — | 0,9 | 4,99 | 5,662 | 5,407 | — | 2,3 | — | 36,979 | 35,315 | — |

[1]) Specifične težine za tvrdo izvlačenu i žarenu žicu otstupaju samo malo jedna od druge. Za izračunavanje može se upotrebiti zaokrugljena vrednost 9,0 $kg/dm^3$. — [2]) Specifič. težina mesinga raste sa sadržajem bakra. Ona iznosi za 58% Cu, okruglo 8,5, a za 72% Cu okr. 6,8 $kg/dm^3$ — [3]) Specifič. težina aluminijuma varira prema stepenu čistoće i sastavnim delovima legure između 2,6 i 2,9 $kg/dm^3$. U prethodnoj tablici je uzeto za osnovu 2,7 oslanjajući se na DIN VDE 6420. U pojedinim listovima standarda nalaze se još uvek tablice sa vrednošću 2,73 $kg/dm^3$.

## Tablica 3. Težina 1000 m žice u kg prema DIN 177, 1757, 1766, DIN VDE 6420 (nastavak)

Specifične težine: žica od točenog čelika 7,85, bakra 8,9[1]), mesinga 8,5[2]), aluminijuma 2,7 kg/dm³ [3])

| Prečnik | Točen čelik | Bakar | Mesing | Aluminijum | Prečnik | Točen čelik | Bakar | Mesing | Aluminijum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,4 | 35,5 | 40,264 | 38,453 | – | 4,6 | 130 | – | – | – |
| 2,5 | 38,5 | 43,690 | 41,724 | 13,3 | 4,8 | – | 161,054 | 153,813 | – |
| 2,6 | 41,7 | 47,250 | 45,129 | – | 5,0 | 154 | 174,751 | 166,897 | 53,0 |
| 2,7 | – | 50,961 | 48,667 | – | 5,5 | 187 | 211,446 | 201,946 | – |
| 2,8 | 48,3 | 54,806 | 52,339 | 16,6 | 6,0 | 222 | 251,638 | 240,332 | 76,3 |
| 2,9 | – | 58,784 | 56,144 | – | 6,5 | 260 | 295,329 | 282,056 | – |
| 3,0 | 55,5 | 62,914 | 60,083 | 19,1 | 7,0 | 302 | 342,508 | 327,118 | – |
| 3,1 | 59,2 | – | – | – | 7,5 | – | 393,184 | 375,518 | – |
| 3,2 | – | 71,574 | 68,361 | 21,7 | 7,6 | 356 | – | – | – |
| 3,4 | 71,3 | – | – | – | 8,0 | 395 | 447,358 | 427,257 | 136,0 |
| 3,5 | – | 85,626 | 81,780 | 26,0 | 8,2 | 415 | – | – | – |
| 3,8 | 89,0 | 100,926 | 96,399 | 30,6 | 8,8 | 477 | – | – | – |
| 4,0 | 98,6 | 111,837 | 106,814 | 33,9 | 9,0 | 499 | – | – | – |
| 4,2 | 109 | 123,301 | 117,762 | – | 9,4 | 545 | – | – | – |
| 4,5 | – | 141,546 | 135,187 | 42,9 | 10,0 | 617 | – | – | 212,0 |

Napomene [1]), [2]) i [3]) v. str. 989.

## Tablica 4. Težina metalnih ploča u kg/m²

| Debljina mm | Liveno gvožđe | Točen čelik | Bakar | Mesing | Bronza | Cink | Olovo | Alum. legure |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7,25 | 7,85 | 8,90 | 8,50 | 8,6 | 7,2 | 11,34 | 2,7[1]) |
| 2 | 14,50 | 15,70 | 17,80 | 17,00 | 17,2 | 14,4 | 22,68 | 5,4 |
| 3 | 21,75 | 23,55 | 26,70 | 25,50 | 25,8 | 21,6 | 34,02 | 8,1 |
| 4 | 29,00 | 31,40 | 35,60 | 34,00 | 34,4 | 28,8 | 45,36 | 10,8 |
| 5 | 36,25 | 39,25 | 44,50 | 42,50 | 43,0 | 36,0 | 56,70 | 13,5 |
| 6 | 43,50 | 47,10 | 53,40 | 51,00 | 51,6 | 43,2 | 68,04 | 16,2 |
| 7 | 50,75 | 54,95 | 62,30 | 59,50 | 60,2 | 50,4 | 79,38 | 18,9 |
| 8 | 58,00 | 62,80 | 71,20 | 68,00 | 68,8 | 57,6 | 90,72 | 21,6 |
| 9 | 65,25 | 70,65 | 80,10 | 76,50 | 77,4 | 64,8 | 102,06 | 24,3 |
| 10 | 72,50 | 78,50 | 89,00 | 85,00 | 86,0 | 72,0 | 113,40 | 27,0 |
| 11 | 79,75 | 86,35 | 97,90 | 93,50 | 94,6 | 79,2 | 124,74 | 29,7 |
| 12 | 87,00 | 94,20 | 106,80 | 102,00 | 103,2 | 86,4 | 136,08 | 32,4 |
| 13 | 94,25 | 102,05 | 115,70 | 110,50 | 111,8 | 93,6 | 147,42 | 35,1 |
| 14 | 101,50 | 109,90 | 124,60 | 119,00 | 120,4 | 100,8 | 158,76 | 37,8 |
| 15 | 108,75 | 117,75 | 133,50 | 127,50 | 129,0 | 108,0 | 170,10 | 40,5 |
| 16 | 116,00 | 125,60 | 142,40 | 136,00 | 137,6 | 115,2 | 181,44 | 43,2 |
| 17 | 123,25 | 133,45 | 151,30 | 144,50 | 146,2 | 122,4 | 192,78 | 45,9 |
| 18 | 130,50 | 141,30 | 160,20 | 153,00 | 154,8 | 129,6 | 204,12 | 48,6 |
| 19 | 137,75 | 149,15 | 169,10 | 161,50 | 163,4 | 136,8 | 215,46 | 51,3 |
| 20 | 145,00 | 157,00 | 178,00 | 170,00 | 172,0 | 144,0 | 226,80 | 54,0 |
| 21 | 152,25 | 164,85 | 186,90 | 178,50 | 180,6 | 151,2 | 238,14 | 56,7 |
| 22 | 159,50 | 172,70 | 195,80 | 187,00 | 189,2 | 158,4 | 249,48 | 59,4 |
| 23 | 166,75 | 180,55 | 204,70 | 195,50 | 197,8 | 165,6 | 260,82 | 62,1 |
| 24 | 174,00 | 188,40 | 213,60 | 204,00 | 206,4 | 172,8 | 272,16 | 64,8 |
| 25 | 181,25 | 196,25 | 222,50 | 212,50 | 215,0 | 180,0 | 283,50 | 67,5 |
| 26 | 188,50 | 204,10 | 231,40 | 221,00 | 223,6 | 187,2 | 294,84 | 70,2 |
| 27 | 195,75 | 211,95 | 240,30 | 229,50 | 232,2 | 194,4 | 306,18 | 72,9 |
| 28 | 203,00 | 219,80 | 249,20 | 238,00 | 240,8 | 201,6 | 317,52 | 75,6 |
| 29 | 210,25 | 227,65 | 258,10 | 240,50 | 249,4 | 208,8 | 328,86 | 78,3 |
| 30 | 217,50 | 235,50 | 267,00 | 255,00 | 258,0 | 216,0 | 340,20 | 81,0 |

[1]) Specifična težina varira prema leguri između 2,6 i 2,9 kg/dm³.

## Tablica 5. Skale za dimenzije žice i lima[1])

Obradio Ing. F. Ludloff

| Debljina žice *d* u mm | | | | | | | | | | | Debljina lima *d* u mm | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nemačka skala za čeličnu žicu DIN 177 | | Vestfalska skala za žicu[3]) | | Francuska skala Pariz JdP[4]) | | American wire gauge[5]) | | Engleske skale BWG[6]) | SWG[7]) | Vestf. skala za žicu za eksere | Nemački čelični limovi | | Engleska BG-skala[8]) | | |
| Br.[2]) | *d* | Ime | *d* | Br. | *d* | Br. | *d* | *d* | *d* | *d* | Br. | *d* | *d* | Br. | *d* |
| 100 | 10,00 | — | — | $P_{15}$ | 0,15 | 7/0 | — | — | 12,700 | — | | DIN 1543 | | 33 | 0,221 |
| 94 | 9,40 | — | — | $P_{14}$ | 0,16 | 6/0 | 14,732 | — | 11,785 | — | | Vel. limovi | | 34 | 0,196 |
| 90 | 9,00 | — | — | $P_{13}$ | 0,17 | 5/0 | 13,119 | 12,70 | 10,973 | — | | 5 i iznad 5 | | 35 | 0,175 |
| 88 | 8,80 | — | — | $P_{12}$ | 0,18 | 4/0 | 11,684 | 11,53 | 10,160 | — | | | | 36 | 0,155 |
| — | — | — | — | $P_{11}$ | 0,20 | 3/0 | 10,404 | 10,80 | 9,449 | — | | DIN 1542 | | 37 | 0,137 |
| 82 | 8,20 | — | — | $P_{10}$ | 0,22 | 2/0 | 9,265 | 9,65 | 8,839 | — | | Srednje de- | | 38 | 0,122 |
| 80 | 8,00 | — | — | $P_{9}$ | 0,23 | 0 | 8,252 | 8,64 | 8,229 | — | | beli limovi | | 39 | 0,109 |
| — | — | — | — | $P_{8}$ | 0,25 | 1 | 7,348 | 7,62 | 7,620 | 0,60 | | 4,75 | | 40 | 0,102 |
| 76 | 7,60 | »Ketten« | 7,80 | $P_{7}$ | 0,27 | 2 | 6,544 | 7,21 | 7,010 | 0,68 | | 4,5 | | 41 | 0,098 |
| 70 | 7,00 | »Schleppen« | 6,83 | $P_{6}$ | 0,28 | 3 | 5,827 | 6,58 | 6,401 | 0,76 | | 4 | | 42 | 0,078 |
| 65 | 6,50 | — | — | $P_{5}$ | 0,31 | 4 | 5,189 | 6,05 | 5,893 | 0,80 | | 3,5 | | 43 | 0,069 |
| 60 | 6,00 | »Grobrinken« | 6,00 | $P_{4}$ | 0,34 | 5 | 4,621 | 5,59 | 5,385 | 0,88 | | 3 | | 44 | 0,061 |
| 55 | 5,50 | »Feinrinken« | 5,55 | $P_{3}$ | 0,37 | 6 | 4,115 | 5,16 | 4,877 | 1,00 | | | | 45 | 0,055 |
| 50 | 5,00 | — | — | $P_{2}$ | 0,42 | 7 | 3,665 | 4,57 | 4,470 | 1,12 | 15/0 | | 25,40 | 46 | 0,049 |
| 46 | 4,60 | »Malgen« | 4,70 | $P_{1}$ | 0,46 | 8 | 3,264 | 4,19 | 4,064 | 1,20 | 14/0 | | 24,34 | 47 | 0,043 |
| 42 | 4,20 | »Grobmemel« | 4,12 | $P_{0}$ | 0,50 | 9 | 2,906 | 3,76 | 3,658 | 1,30 | 13/0 | | 23,28 | 48 | 0,039 |
| 40 | 4,00 | — | — | 1 | 0,60 | 10 | 2,588 | 3,40 | 3,251 | 1,40 | 12/0 | | 22,23 | 49 | 0,034 |
| 38 | 3,80 | »Mittelmemel« | 3,82 | 2 | 0,70 | 11 | 2,305 | 3,05 | 2,946 | 1,56 | 11/0 | | 21,17 | 50 | 0,030 |
| 34 | 3,40 | »Feinmemel« | 3,40 | 3 | 0,80 | 12 | 2,053 | 2,77 | 2,642 | 1,66 | 10/0 | | 20,11 | 51 | 0,026 |
| 31 | 3,10 | »Klinkmemel« | 2,97 | 4 | 0,90 | 13 | 1,828 | 2,41 | 2,337 | 1,84 | 9/0 | | 19,05 | 52 | 0,024 |
| 30 | 3,00 | — | — | 5 | 1,00 | 14 | 1,628 | 2,11 | 2,032 | 2,01 | 8/0 | | 17,99 | | |
| 28 | 2,80 | »Natel« | 2,60 | 6 | 1,10 | 15 | 1,450 | 1,83 | 1,829 | 2,20 | 7/0 | | 16,93 | | |
| 26 | 2,60 | — | — | 7 | 1,20 | 16 | 1,291 | 1,65 | 1,626 | 2,40 | 6/0 | | 15,87 | | |
| 25 | 2,50 | »Mittel« | 2,36 | 8 | 1,30 | 17 | 1,150 | 1,47 | 1,422 | 2,60 | 5/0 | | 14,94 | | |
| 24 | 2,40 | — | — | 9 | 1,40 | 18 | 1,024 | 1,24 | 1,219 | 2,92 | 4/0 | | 13,76 | | |
| 22 | 2,20 | »Dünnmittel« | 2,15 | 10 | 1,50 | 19 | 0,9116 | 1,07 | 1,016 | 3,40 | 3/0 | | 12,70 | | |
| 20 | 2,00 | »3 Schilling« | 1,96 | 11 | 1,60 | 20 | 0,8118 | 0,89 | 0,914 | 3,84 | 2/0 | | 11,31 | | |
| 19 | 1,90 | — | — | 12 | 1,80 | 21 | 0,7230 | 0,81 | 0,813 | 4,20 | 1/0 | | 10,07 | | |

U ovoj tabl. su uzeti za osnov podaci Westf. Drahtindustrie, Hamm, Stahlwerksverb. Köln, i Deutsch. Normenausschuss. — Radi ranijih Dillinger skala za tanak lim i Halifax vire gauge (HWG) vidi i 26. izd. Hütte-a.

[1]) Dalji podaci u: Circular of the Bureau of Standards, Nr. 391; »Standard Thicknesses Weights, and Tolerances of Sheel Metal (Customary Practice)«, Washington 1931. — Taylor, Thomas: Gauges at a Glance, Liverpool 1925. — [2]) Brojevi nisu usvojeni u DIN-listu. — [3]) Westfalska skala (najstarija skala) u okolini Altena i Iserlohn-a. — [4]) Jauge de Paris; francuske mere za tanak lim slažu se za brojeve od 1 do 30. — [5]) Uporedi Circular of the Bureau, itd. pod [1]); odgovara Brown and Sharpe gauge. — [6]) Birmingham wire gauge, često nazvana Stubs' Iron wire gauge, Stubs' gauge). — [7]) Imperial Standard wire gauge. — [8]) Birmingham gauge.

## Tablica 5. Skale za dimenzije žice i lima[1]) (nastavak)

| Debljine žice $d$ u mm | | | | | | | | | | | Debljine lima $d$ u mm | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nemačka skala za čeličnu žicu DIN 177 | | Vestfalska skala za žicu[3]) | | Francuska skala Pariz JdP[4]) | | American wire gauge[5]) | | Engleske skale BWG[6]) | SWG[7]) | Vestf. skala za žicu za eksere | Nemački čelični limovi | | Engleska BG-skala[8]) | | |
| Br.[2] | $d$ | Ime | $d$ | Br. | $d$ | Br. | $d$ | $d$ | $d$ | $d$ | Br. | $d$ | $d$ | Br. | $d$ |
| 18 | 1,80 | — | — | 13 | 2,00 | 22 | 0,6438 | 0,71 | 0,711 | 4,65 | 1 | | 8,97 | | |
| 17 | 1,70 | »4 Schilling« | 1,74 | 14 | 2,20 | 23 | 0,5733 | 0,64 | 0,610 | 5,45 | 2 | | 7,99 | | |
| 16 | 1,60 | »1 Band« | 1,55 | 15 | 2,40 | 24 | 0,5106 | 0,56 | 0,559 | 5,96 | 3 | | 7,12 | | |
| 15 | 1,50 | — | — | 16 | 2,70 | 25 | 0,4547 | 0,51 | 0,508 | 7,00 | 4 | | 6,35 | | |
| 14 | 1,40 | »2 Band« | 1,40 | 17 | 3,00 | 26 | 0,4049 | 0,46 | 0,457 | 7,60 | 5 | | 5,65 | | |
| 13 | 1,30 | »3 Band« | 1,25 | 18 | 3,40 | 27 | 0,3606 | 0,41 | 0,4166 | 8,80 | 6 | | 5,03 | | |
| 12 | 1,20 | »4 Band« | 1,12 | 19 | 3,90 | 28 | 0,3211 | 0,36 | 0,3759 | 9,40 | 7 | | 4,48 | | |
| 11 | 1,10 | »5 Band« | 1,03 | 20 | 4,40 | 29 | 0,2859 | 0,33 | 0,3454 | 10,00 | 8 | | 3,99 | | |
| 10 | 1,00 | »6 Band« | 0,88 | 21 | 4,90 | 30 | 0,2546 | 0,30 | 0,3150 | — | 9 | | 3,55 | | |
| 9,6 | 0,96 | — | — | 22 | 5,40 | 31 | 0,2268 | 0,254 | 0,2946 | — | | DIN 1541 tanki limovi | | | |
| 9 | 0,90 | — | — | 23 | 5,90 | 32 | 0,2019 | 0,229 | 0,2743 | — | | | | | |
| 8,5 | 0,85 | »7 Band« | 0,83 | 24 | 6,40 | 33 | 0,1798 | 0,203 | 0,2540 | — | | | | | |
| 8 | 0,80 | „ord Münster (1 Blei)" | 0,71 | 25 | 7,00 | 34 | 0,1601 | 0,178 | 0,2340 | — | 10 | 2,75 | 3,18 | | |
| 7,5 | 0,75 | — | — | 26 | 7,60 | 35 | 0,1426 | 0,127 | 0,2134 | — | 11 | 2,50 | 2,83 | | |
| 7 | 0,70 | „fein Münster (2 Blei)" | 0,65 | 27 | 8,20 | 36 | 0,1270 | 0,102 | 0,1930 | — | 12 | 2,25 | 2,52 | | |
| 6,5 | 0,65 | — | — | 28 | 8,80 | 37 | 0,1131 | — | 0,1727 | — | 13 | 2,00 | 2,24 | | |
| 6 | 0,60 | „Gattung (3 Blei)" | 0,60 | 29 | 9,40 | 38 | 0,1007 | — | 0,1524 | — | 14 | 1,75 | 1,99 | | |
| 5,5 | 0,55 | „feine Gattung" | 0,55 | 30 | 10,00 | 39 | 0,0897 | — | 0,1321 | — | 15 | 1,50 | 1,78 | | |
| 5 | 0,50 | „1 Hol" ili „4 Blei" | 0,50 | | | 40 | 0,0799 | — | 0,1219 | — | 16 | 1,38 | 1,59 | | |
| 4,5 | 0,45 | 2 „ „ 5 „ | 0,46 | | | 41 | — | — | 0,1118 | — | 17 | 1,25 | 1,41 | | |
| 4 | 0,40 | 3 „ „ 6 „ | 0,42 | | | 42 | — | — | 0,1016 | — | 18 | 1,13 | 1,26 | | |
| 3,7 | 0,37 | 4 „ „ 7 „ | 0,39 | | | 43 | — | — | 0,0914 | — | 19 | 1,00 | 1,12 | | |
| 3,4 | 0,34 | 5 „ „ 8 „ | 0,36 | | | 44 | — | — | 0,0813 | — | 20 | 0,88 | 1,00 | | |
| 3,1 | 0,31 | — „ „ 9 „ | 0,34 | | | 45 | — | — | 0,0711 | — | 21 | 0,75 | 0,89 | | |
| 2,8 | 0,28 | 6 „ „ 10 „ | 0,31 | | | 46 | — | — | 0,0610 | — | 22 | 0,63 | 0,79 | | |
| 2,7 | 0,27 | | | | | 47 | — | — | 0,0508 | — | 23 | 0,56 | 0,71 | | |
| 2,6 | 0,26 | 7 „ „ 12 „ | 0,28 | | | 48 | — | — | 0,0406 | — | 24 | 0,50 | 0,63 | | |
| 2,5 | 0,25 | | | | | 49 | — | — | 0,0305 | — | 25 | 0,44 | 0,56 | | |
| 2,4 | 0,24 | 8 „ „ 14 „ | 0,26 | | | 50 | — | — | 0,0254 | — | 26 | 0,38 | 0,50 | | |
| 2,3 | 0,23 | 9 „ „ 16 „ | 0,24 | | | | | | | | 27 | 0,32 | 0,44 | | |
| 2,2 | 0,22 | 10 „ „ 18 „ | 0,22 | | | | | | | | 28 | 0,28 | 0,40 | | |
| 2,0 | 0,20 | 11 „ „ 20 „ | 0,20 | | | | | | | | 29 | 0,24 | 0,35 | | |
| | | | | | | | | | | | 30 | 0,22 | 0,31 | | |
| | | | | | | | | | | | 31 | 0,20 | 0,279 | | |
| | | | | | | | | | | | 32 | 0,18 | 0,249 | | |

Napomene [1]), [2]), [3]), [4]), [5]), [6]), [7]) i [8]) vidi str. 991.

## Tablica 6. Sredstva za nagrizanje*

### Gvožđe i čelik

| Sredstvo za nagrizanje | Spravljanje ili upotreba |
|---|---|
| **a) mikroskopska posmatranja** | |
| Sona kiselina | 1 $cm^3$ sone kis. 1,19 u 100 $cm^3$ alkohola; |
| Azotna kiselina | 1 $cm^3$ azot. kis. 1,40 u 100 $cm^3$ alkohola; |
| Pikrinska kiselina | a) 1 g pikrinske kiseline u 25 $cm^3$ alkohola, naročito pogodna za specijalan čelik; |
| | b) sa 2 kapi sone kiseline 1,12 na 50 $cm^3$ rastvora a); |
| Jod | 1 g joda u 20 $cm^3$ alkohola; |
| Amonijumpersulfat | 1 g amonijumpersulfata u 10 $cm^3$ vode; |
| Natrijumpikrat | 25 g natrijum hidroksida u 75 $cm^3$ vode; 2 g pikrinske kiseline na 100 $cm^3$ ovog rastvora; |
| Odgrevanje | Izglačana brušena površina se zagreva na vazduhu do žuto mrke (255°), ili ljubičaste (285°) boje odgrevanja; |
| Azot. kis. i natrijum pikrat | Rastvori, kao gore; |
| Azotna kisesina i odgrevanje | Rastvor, kao gore; boja odgrevanja žuto mrka (255°). |
| **b) za makroskopska posmatranja** | |
| Duboko nagrizanje sa pikrinskom kiselinom | 1 g pikrin. kis. u 25 $cm^3$ alkohola sa 1 kapi konc. sone kiseline, nagrizati vruće; |
| Nagrizanje fosfora sa bakar-amonijum hloridom | 1 g bakar amonijum hlorida u 12 $cm^3$ vode, prevlaku bakra treba otkloniti trljanjem; |
| Nagrizanje fosfora sa ferohloridom | 500 $cm^3$ destilisane vode, 500 $cm^3$ etil-alkohola, 0,5 g stalno hlorida, 1 g kupri hlorida, 30 g feri hlorida, 50 g konc. sone kiseline; |
| Nagrizanje fosfora sa merkuri hloridom | 10 g merkuri hlorida, 20 $cm^3$ sone kiseline 1,12, 100 $cm^3$ destil. vode. Na isečenu površinu staviti jednu svilenu krpu natopljenu ovim rastvorom i pustiti da deluje nekoliko minuta; |
| Nagrizanje linija dejstva sila | a) sitnozrna struktura: 40 $cm^3$ konc, sone kiseline, 30 $cm^3$ vode, 25 $cm^3$ alkohola, 5 g kupri hlorida; |
| | b) krupnozrna struktura: 10 $cm^3$ konc. sone kiseline, 100 $cm^3$ alkohola, 6 g feri hlorida; 6 g kupri hlorida; |

*) Obradio Dr. Ing. E. H. Klein, Berlin — Siemensstadt.

## Tablica 6. Sredstva za nagrizanje (nastavak)

### Gvožđe i čelik

| Sredstvo za nagrizanje | Spravljanje ili upotreba |
|---|---|
| | c) elektrolitičko nagrizanje; |
| Baumann-ovo nagrizanje sumporom | Natopiti hartiju srebro bromida sa $H_2SO_4$ i vodom 1 : 100, staviti na brušeno mesto odgovarajuće vreme, prema količini prisutnog sumpora. Posle skidanja fiksirati sa NaOH za fiksiranje; |
| Nagrizanje zavarenih spojeva | 3 g bakar amonijum hlorida u 25 $cm^3$ destilisane vode, 50 $cm^3$ sone kiseline 1,19 i 15 g feri-hlorida. |

### Metali i legure

| Materijal | Sredstvo za nagrizanje | Spravljanje ili upotreba |
|---|---|---|
| Aluminijum | Fluorovodonična kiselina[2)3)] | 0,5 $cm^3$ fluor. kis. u 100 $cm^3$ vode; |
| Bakar | Bakar amonijum hlorid[3)] | 10 g bakar amonijum hlorida u 120 $cm^3$ vode, dodavati toliko amonijaka dok se najprije stvoreni talog ponovo rastvori; u slučaju potrebe razblažiti vodom; |
| | Razblaženi amonijak[4)] | polirati sporim okretanjem tocila sa tkaninom; |
| Beli metal | Amonijum persulfat/vinska kiselina[3)] | a) 10 $cm^3$ amonijum persulfata u 100 $cm^3$ vode)<br>b) 30 $cm^3$ vinske kiseline u 100 $cm^3$ vode mešati 5 delova a) sa 2 dela b); |
| Cink | Azotna kiselina[3)] | 1 $cm^3$ azotne kiseline 1,40 u 100 $cm^3$ ili više vode; |
| Kalaj | Amonijum persulfat[3)] | 10 g amonijum persulfata u 100 $cm^3$ vode; |
| Magnezijum | Azotna kicelina[3)] | 1 $cm^3$ azotne kiseline 1,40; u 100 $cm^3$ alkohola; |
| Nikl | Azotna kiselina/ sirćetna kiselina | 65 $cm^3$ azotne kiseline 1,40; 18 $cm^3$ glacijane sirćetne, 17 $cm^3$ vode; |
| Olovo | Azotna kiselina/ sirćetna kiselina[2)3)] | 16 $cm^3$ azotne kiseline 1,40; 16 $cm^3$ glacijalne sirćetne; 68 $cm^3$ glicerina; u slučaju potrebe razblažiti glicerinom; |
| Tvrdi metal | Elektroliza rastvora | 10 g kuh. soli, 100 $cm^3$ vode, 0,3 A. |

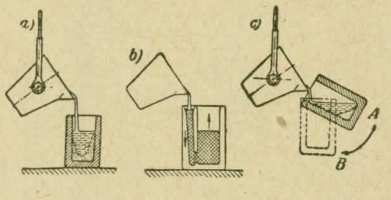
[1)] Stoffhütte, 2 izd. str. 163. — A. Schrader: Ätzhefft, 2 izd. Berlin 1939, Inst. f. Metallk. TH Berlin. — [2)] Otkrivanje granice zrna — [3)] Sitnozrne strukture. — [4)] Uključenja oksidula bakra i kupro sulfida.

## B. Postupci livenja[1])

Obradio Dr.-Ing. A. Väth, Berlin

Nalivanje kalupa je od bitnog uticaja na uspešno dobijanje livenog komada. Nalivanje se ne sme prekidati za vreme punjenja kalupa. Pri očvršćavanju nastaje, u zavisnosti od materijala, jače ili slabije skupljanje, koje može da prouzrokuje stvaranje šupljina.

Oprezno dolivanje, posle punjenja kalupa, kroz levak ili ulivak omogućuje naknadno strujanje metala ka mestima naklonjenim stvaranju šupljina i često potpuno sprečava obrazovanje šupljina usled skupljanja.




Sl. 1. Jednostavni postupci livenja blokova

Liveni blokovi za valjanje i kovanje moraju biti besprekorni u celokupnom preseku. Primena razrađenog postupka livenje zahteva do krajnosti brižljiv rad. Ulivanje u uspravne kokile sa mlazom koji slobodno pada (sl. 1a) ima tu manu, da se tečan materijal jako uskomeša u kokili i u preseku bloka stvaraju se oksidne opne i zgura. Kod sifonskog livanja (sl. 1b) nečistoće zaostaju velikim delom u levku. Kokile sa okretanjem (sl. 1c), koje su za vreme livenja položene, održavaju površinu tečnosti na istoj visini radi izbegavanja jakog vrtloženja. Savremeniji postupci livenja za blokove izbegavaju pretakanje u tiglove za livenje. Iz peći se izliva direktno u kokile. Osim toga pridaje se veća vrednost tačnom upravljanju brzinom livenja i povećavanju brzine hlađenja. Postupci livenja većinom su zaštićeni patentima.

### a) Livenje u pesku

Livenje u pesku se upotrebljava za livene komade skoro svake veličine i oblika. Za svaki liveni komad potreban je jedan kalup od peska[2]), koji se posle livenja razruši. Za manji broj komada je ekonomski povoljnije livenje u pesku. Ako su liveni komadi pogodni za livenje u kokilama ili za livenje brizganjem, onda veliki broj komada zahteva manje troškove izrade primenom ove vrste livenja.

**Livački pesak i pesak za jezgra** (str. 1084)[3]): Livački pesak mora da ima dobru propustljivost gasova i da daje jačinu kalupu, da bi mogao da pruži otpor pritisku tečnog metala. Propustljivost gasova zavisi od veličine zrna i količine gline, a jačina od količine gline. Teški metali sa visokom tačkom topljenja (bronza,

---

[1]) Vidi Stoffhütte, 2 izd. Berlin, 1937; livenje brizganjem, str. 136; livenje u kokilama, str. 136; liveno gvožđe, str. 226; temper liv, str. 234; čelični liv, str. 236; legure cinka za livenje, str. 408.

[2]) Becker: Die Formpraxis in der Metallgiesserei, Halle 1931, Knapp. — Irmann: Aluminiumguss in Sand und Kokille, 2 Aufl. Leipzig 1939, Akad. Verlagsges. — [3]) Schiel: die Formsande und Formstoffe Halle 1933, Knapp.

mesing) zahtevaju livački pesak dobre postojanosti na visokoj temperaturi. Pesak ne sme da sadrži ili sme da sadrži vrlo malo nečistoća krečnjaka, koji se na visokoj temperaturi livenja od 1000 do 1200° razlaže i razvija ugljenu kiselinu. Za izradu kalupa upotrebljava se smesa livačkog peska, koja se spravlja od različitih vrsti prirodnog peska i starog peska (već upotrebljavanog peska) sa 4 do 8% vode. Povećavanje propustljivosti gasova ili jačine postiže se mešanjem sa dodacima ugljene prašine, melase i ulja. Jezgra su najviše izložena dejstvu gasova usled potrebne propustljivosti gasova i jačine. Za njih se po pravilu upotrebljava nov livački pesak. Vezivna sredstva za smese peska za izradu jezgra jesu: laneno ulje, dekstrin. Jezgra od masnog peska (smesa prirodnog peska, naročito morskog peska i ulja za jezgra) imaju dobru propustljivost gasova i jačinu.

**Modeli** se moraju izraditi tačno uzimajući u obzir meru skupljanja materijala od koga treba izliti liveni komad. Za mali broj komada upotrebljavaju se modeli od drveta, a za veliki broj komada modeli od metala. Modeli od drveta moraju biti tako izrađeni, da se usled rada drveta što manje deformišu. Delovi izloženi jakom naprezanju zaštićuju se metalnim okovima.

**Izrada kalupa** vrši se ručno ili mašinama za kalupe (II knj., odeljak Mašine alatke).

**Livenje mesinga i bronze** zahteva težak pesak (sa velikim sadržajem gline). Kalupi su većinom suvi (livenje u suvim kalupima).

**Laki metali** zahtevaju pesak sa malo gline, koji propušta vazduh. Oni se liju u vlažnim ili »zelenim« kalupima (livenje u vlažnim kalupima). Samo veliki liveni komadi lakih metala i komadi vrlo komplikovanog oblika ljiu se u suvim kalupima. Rebrasta tela od lakih metala, na pr. glave cilindra hlađene vazduhom, izrađuju se u kalupima od masnog peska. Zbog lake oksidacije tečnih legura magnezijuma potrebno je dodati livačkom pesku 3 do 10% sumpora i 0,25 do 1% borne kiseline.

**Svojstva liva od peska.** Mala brzina hlađenja prema livu iz kokila i livu brizganjem uslovljava krupnozrnastiju strukturu. Površina livenog komada je više ili manje glatka prema stanju zidova kalupa i upotrebljenog peska. Liv lakih metala (aluminijuma) se većinom obrađuje mlazom peska. Kod malih livenih komada može da se održi tačnost od ± 0,4 do ± 0,5 mm.

**Legure za livenje u pesku,** v. tablicu 1, str. 998:

**Legure teških metala sa niskom tačkom topljenja:** Legure olova i kalaja retko se izrađuju livenjem u pesku (na pr. modeli).

**Legure teških metala sa visokom tačkom topljenja:**

**Bronze za livenje:** Bronze za livenje koje sadrže kalaja upotrebljavaju se za prstenove, čaure i ležišne posteljice. Aluminijum-bronze pri-

menjuju se za armature velike postojanosti prema koroziji, kod ležišta i posteljice ležišta. Naročito su otporne prema koroziji i abanju aluminijum-bronze sa više elemenata, a sa dodacima Fe, Ni, Si i Sn i jačinom od 40 do 45 kg/mm² (DIN 1714); ove legure su pogodne za pužaste točkove. (v. i livenje centrifugiranjem) i za posteljice ležišta izložene velikom naprezanju.

**Mašinska bronza i mesing.** Upotrebljava se za delove armatura, kućice i mašinske delove. Specijalan mesing prema DIN 1709 sa Mn, Al, Fe i Sn do 7,5%, prema izboru, i minimalnim jačinama od 35 do 60 kg/mm² upotrebljava se za delove izložene visokom naprezanju na presama, pumpama i za livene delove postojane prema morskoj vodi, na pr. brodski propeleri.

### Laki metali [1) 2)]:

**Legure aluminijuma:** (v. i str. 1026 i dalje) zauzimaju danas dominirajuće mesto u primeni livenih komada svih vrsta za izradu vozila i letilica. Legure za livenje stopljene od čistih metala, na bazi Al-Si i Al-Si-Cu (silumin i bakar-silumin) upotrebljavaju se za livene komade tankih zidova i komplikovanog oblika dobre jačine, na bazi Al-Zn-Cu (nemačka legura) za kućice i delove motora, na bazi Al-Cu i Al-Cu-Ni (legura bakra i Y-legura) za kućice i za livene komade izložene naprezanju na toploti (na pr. glave cilindara).

**Aluminijum legure podobne za kaljenje,** vrste G Al Si Mg (silumin Y )[1)] i G Al Mg Si dostižu jačine između 20 i 35 kg/mm² i upotrebljavaju se za livene komade izložene najvišem naprezanju kod motora i letilica.

**Aluminijum - magnezijum - legure** vrste Al Mg (na pr. hidronalium, KS- i BS- morska voda) imaju veliku postojanost prema koroziji i nalaze primenu za delove izložene atmosferskim uticajima, i za armature. Njihova jačina na visokoj temperaturi je vrlo značajna. Ona dopušta upotrebu legura za glave cilindara.

**Aluminijum - legure za pretapanje** upotrebljavaju se za liv za automobile i motorne točkove koji su malo ili srednje napregnuti. Standardizovanje još nije izvršeno [3)]. One su delom stopljene [4)] u sličnom sastavu kao navedene legure od čistih metala (tablica 1).

**Magnezijum - legure** (v. i str. 1035) imaju malu specifičnu težinu od 1,8 do 1,83 kg/dm³. One se upotrebljavaju u sve većoj meri. Njihova svojstva jačine dozvoljavaju i izradu livenih komada izloženih jakom mehaničkom naprezanju, na pr. kućice za avionske motore[5)].

---

[1)] Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle, J 8 Aluminium-Gusslegierungen, K 3 Elektron-Gusslegierungen, Berlin 1936, VDI-Verlag.

[2)] Irmann: Aluminiumguss in Sand und Kokile, 2 izd. Leipzig 1939, Akad. Verlagsges.

[3)] Nemački odbor za uslove isporuke (RAL) odredio je jedinstven pojam, pregled oznaka i karakteristika za čist aluminijum U (pretopljen), aluminijum za pretapanje i aluminijum legure za pretapanje kao sirovi materijal; v. i N⁰ 631 A liste nemačkog odbora za uslove isporuke (RAL), Berlin 1937, Beuth-Vertrieb. G m b H.

[4)] Irmann: Aluminium 18 (1936), str. 416 do 421.

[5)] Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle K 3, Berlin 1936, Beuth-Vetrieb G m b H.

## Tablica 1. Legure

| | Vrsta legure | Vrsta prema DIN ili naziv | Približan sastav % |
|---|---|---|---|
| Legure teških metala sa visokom tačkom topljenja[1]) | Bronze za livenje | G Bz 14 | 86 Cu; 14 Sn; |
| | | G Bz 10 | 90 Cu; 10 Sn; |
| | | G Al Bz 9 | 91 Cu; 9 Al; |
| | | G Al M Bz A | 76—94 Cu; 9—5 Al; do 15 tešk. metala |
| | | Alum. sa više elem. A | |
| | | G Al M Bz B | 73—91 Cu; 12—8 Al; do 15 tešk. metala |
| | | Alum. sa više elem. B | |
| | Mašinska bronza | Rg 10 | 86 Cu; 10 Sn; 4 Zn; |
| | | Rg 5 | 85 Cu; 5 Sn; 7 Zn; 3 Pb |
| | Mesing | G Ms 63 | 63 Cu; manje od 3 Pb; ostat. Zn |
| | | G Ms 67 | 67 Cu; manje od 3 Pb; ostat. Zn |
| | | So G Ms A | 54—64 Cu; do 1 Pb; do 7,5 tešk. metala; ost. Zn |
| | | Specijalan mesing A | |
| | | So G Ms B | 54—64 Cu; do 0,2 Pb; do 7,5 tešk. met; ost. Zn |
| | | Specijalan mesing B | |
| Legure lakih metala[2]) | Aluminijum legure za livenje bez termičke obrade[3]) | G Al Cu | 7—9 (15) Cu; ostatak Al |
| | | G Al Zn Cu | 8—12 Zn; 2—5 Cu; ostat. Al |
| | | G Al Si | 11—13,5 Si; ostatak Al |
| | | G Al Si Cu | 11—13,5 Si; 0,7—0,9 Cu; 0,2—0,4 Mn; ostatak Al |
| | | G Al Cu Ni[7]) | 4 Cu; 2 Ni; 1,5 Mg; ost. Al |
| | Aluminijum legure za livenje velike jačine[3]) podobne za kalenje | G Al Si Mg | 9—13,5 Si; 0,4—0,6 Mn; 0,1—0,5 Mg; ostatak Al |
| | | G Al Mg Si | 2—5 Si; 0,3—2 Mg; 0—1,5 Mn 0—1 Sb; 0—0,3 Ti; ostat. Al |
| | Legure velike postojanosti prema koroziji, na bazi Al-Mg[3]) | G Al Mg (a) | 2—4 Mg; 0—1,5 Mn; 0—1 Sb; 0—0,3 Ti; 0—1,5 Si; ost. Al |
| | | G Al Mg (b) | preko 4—10 Mg; 0—1,5 Mn; 0—1 Sb; 0—0,3 Ti; ost. Al — 0—0,6 Si |
| | | G Al Mg (c) | preko 4—10 Mg; 0—1,5 Mn; 0—1 Sb; 0—0,3 Ti; ost. Al — preko 0,6—1,5 Si |
| | Magnezijum legure za livenje | G Mg Al | 7—11 Al; 0—1,5 Zn; 0—0,5 Mn; ostat. Mg |
| | | G Mg Al 4 Zn | 3—4,5 Al; 2—3,5 Zn; 0—0,5 Mn; ostat. Mg |
| | | G Mg Al 6 Zn | 5—6,5 Al; 2—3,5 Zn; 0—0,5 Mn; ostatak Mg |

[1]) Brojni podaci za važne legure prema DIN 1705 (bronza i mašinska bronza), 1709 (mesing) i 1714 (aluminijum-bronza). — [2]) Za neke od ovih legura ili njihovu primenu izdata su u Nemačkoj i inostranstvu industrijska zaštitna prava ili izvršene prijave. — [3]) Vrednosti se naslanjaju na DIN 1713 (aluminijum legure). — [4]) Sastav i jačina prema DIN - prethod-

**za livenje u pesku**

| Karakteristike jačine | | | Temperatura livenja | Mera skupljanja[3]) |
|---|---|---|---|---|
| Jačina pri kidanju $\sigma_B$ kg/mm² najmanja | Izduženje pri kidanju $\delta_5$ % najmanje | Tvrdoća po Brinell-u $H_B$ kg/mm² najmanja | stepeni | % |
| 20 | 3—5 | 85(90) | 1050—1100 | 1,4—1,6 |
| 20 | 15 | 60 | 1100—1150 | 1,4—1,6 |
| 35 | 12 | 80 | 1100—1200 | 1,6—2,2 |
| 40 | 20 | 100 | 1100—1200 | 1,6—2,2 |
| 45 | 8 | 130 | | |
| 20 | 10 | 65 | 1100—1150 | ≈ 1,5 |
| 15 | 10 | 60 | | |
| 15 | 7 | 45 | oko 1050 | oko 1,5—1,75 |
| 18 | 20 | 40 | | |
| 30 | 10 | — | — | |
| 35—60 | 15 | 80—130 | — | |
| 12—18 | 0,5—4 | 60—90 | 700—780 | 1,25—1,35 |
| 12—18 | 0,5—4 | 60—90 | 680—760 | 1,3—1,4 |
| 16—22 | 4—8 | 50—60 | 680—760 | 1,1—1,2 |
| 17—22 | 2—5 | 50—60 | 700—760 | 1,1—1,2 |
| 18—20 | 0,5—1 | 80—95 | 720—780 | 1,3 |
| 25—29[5]) | 1—4[5]) | 80—100[5]) | 700—770 | 1,1—1,2 |
| 17—28[5]) | 1—4[5]) | 70—100[5]) | 700—770 | 1,2—1,3 |
| 14—18[6]) | 3—8[6]) | 40 - 60[6]) | 680—780 | 1,25—1,4 |
| 16—19[6]) | 3—8[6]) | 50—70[6]) | | |
| 16—19[6]) | 2—5[6]) | 55—80[6]) | | |
| 16—20 (23—29)[5]) | 3—6 (1—5)[5]) | 50—60 (70—90)[5]) | 720—770 | 1,2 - 1,6 |
| 17—22 | 5—9 | 45—55 | | |
| 16—20 | 3—6 | 50—60 | | |

nom predlogu za magnezijum legure. — [5]) Vrednost jačine u kaljenom stanju. — [6]) Vrednost jačine za neobrađeno stanje. — [7]) Vrsta G Al Cu Ni (Y-legura) je podobna za kaljenje. Međutim, u preseku izliveni komadi Y-legure retko se kale. — [8]) Vrednosti za normalne livene komade.

### b) Livenje u kokilama[1])

Tečan materijal se lije u trajnom kalupu od livenog gvožđa ili čelika (kokila), sastavljen iz dva ili više delova. Pomoću kokile se može izvršiti ograničen broj livenja koji zavisi samo od dužine njenog trajanja. Glavna preimućstva livenja u kokilama prema livenju u pesku su: veća tačnost, sitnozrnasta struktura, većinom sa većom jačinom i manjim troškovima proizvodnje pri većem broju komada. Donja granica ekonomične primenljivosti livenja u kokilama leži kod mnogih komada pogodnih za ovu vrstu livenja već između 500 i 1000 komada.

**Izrada kokila:** Materijal: sitnozrni sivi liv. Jezgra su od ugljeničnog čelika sa 0,4 do 0,5% C; jezgra od hromvanadijum-čelika, u datom slučaju od visoko legiranih materijala otpornih na visokoj temperaturi, izložena su jakoj temperaturi.

Debljina zida kokile i uticaj levka i odlivka moraju obezbediti jednoliko očvršćavanje livenog komada. Pogrešno postavljena kokila u pogledu tehnike livenja daje šupljine i smanjuje jačinu livenog komada. Na kokili se mogu izvesti promene samo u ograničenom obimu. L e d n a r e z a n j a u livenim komadima i delovima vrlo komplikovanog oblika zahtevaju često jezgra sastavljena iz mnogo delova, koja otežavaju rad sa kokilom i smanjuju broj izlivenih komada. U takvim slučajevima upotrebljavaju se uspešno jezgra od peska.

D u ž i n a t r a j a n j a jedne kokile za lake metale leži između 6000 i 30 000 livenja.

Odvođenje gasova se izvodi kanalima za vazduh, koji su smešteni u razdeonim površinama i u naležućim površinama jezgra. Na brzinu očvršćavanja može uticati izolovani premaz kokile raznih debljina. Temperatura kokile za vreme livenja ne treba da bude niža od 300°. Kokila se stavlja ili na »sto za kokile« i »zatvara« se i »otvara« rukom, ili se pritegne za neki uređaj, koji pomoću poluge omogućuje lako i brzo otvaranje i zatvaranje. Jezgra od čelika moraju da su malo zakošena da bi se mogla lakše ukloniti.

T a č n o s t: Kod livenih komada srednje veličine ona iznosi: uopšte ± 0,2 do ± 0,25 mm. Otstupanja od naznačene mere mogu se — prema Werkstoffhandbuch-u[2]) — kretati u ovim granicama:

do 100 mm prečnika ± 0,1 mm,
do 500 mm prečnika ± 0,5 do ± 0,8 mm,
do 1000 mm prečnika ± 0,8 do ± 1 mm.

Kod bočnih zidova preko 30 mm visine treba zakošenje (nagib) da bude 0,2 mm.

Za rupe i za jezgra od čelika:
do 10 mm unutrašnjeg i spoljašnjeg prečnika ± 0,1 mm
do 50 mm unutrašnjeg i spoljašnjeg prečnika ± 0,2 mm
do 100 mm unutrašnjeg i spoljašnjeg prečnika ± 0,25 mm.

Nagib jezgra:

do 10 mm prečnika 1 do 2%
do 40 mm prečnika 0,5 do 1%

---

[1]) Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle, Aluminiumkokillenguss J 11, Berlin 1936, Beuth-Vertrieb G m b H. — I r m a n n: loc. cit. — V ä t h: Die Giesserei 25 (1938), str. 117. — [2]) Vidi napomenu [1]) na str. 997.

**Svojstva i preimućstva livenja u kokilama:** Velika brzina hlađenja daje sitnozrnu i zbijenu strukturu sa dobrim svojstvima jačine. Površina je čista i glatka. Održavanje dimenzija livenog komada i velika jačina omogućuju smanjenje debljine zida prema livenju u pesku (ušteda na težini komada). Manja obrada, omogućena postignutom tačnošću livenog komada, smanjuje troškove obrade.

## Legure za livenje u kokilama:

**Legure teških metala:**

**Legure olova, kalaja i cinka** (tabl. 3), kao liv iz kokila, primenjuju se samo u malom obimu.

**Legure teških metala sa visokom tačkom topljenja:** Aluminijum - bronze i aluminijum specijalne bronze A i B sa Mn, Fe, Ni prema DIN 1714 (tabl. 1) mogu se liti u kokilama. Struktura i jačina su povoljnije nego kod liva iz peska. Bronze koje sadrže kalaja nisu pogodne za livenje u kokilama.

**Laki metali** (tabl. 2): Laki metali koji dobro ispunjavaju kalupe, sa malim intervalom očvršćavanja, malom merom skupljanja i dobrom otpornošću prema toploti, pogodni su za livenje u kokilama. Kokila se posle nalivanja mora brzo otvoriti, da bi se sprečilo prskanje livenog komada. Livenje lakih metala u kokilama našlo je u velikoj meri primenu za izradu vozila i avionskih motora, zbog dobrih svojstava jačine.

**Silumin-legure** (silumin, bakar-silumin) najbolje ispunjavaju kalupe. One se upotrebljavaju za liv tankih zidova. Imaju dobru postojanost prema koroziji i dobru jačinu.

**Aluminijum - legure podobne za kaljenje:** Vrsta G Al Si Mg i G Al Mg Si. One se posle livenja podvrgavaju termičkoj obradi (kaljenju). Njihova velika jačina dopušta primenu za livene delove izloženih najjačem mehaničkom naprezanju.

**Vrsta G Al Mg.** Ove legure karakteriše dobra hemiska postojanost prema atmosferskim uticajima, morskoj vodi i solnim rastvorima, kao i podobnost glačanja. Najvažnije oblasti primene su delovi armatura, delovi aparata i delovi okova svih vrsta. Velika otpornost na visokoj temperaturi dopušta primenu ovih legura za glave cilindara.

**Legure za klipove**[1]**.** Velika otpornost na visokoj temperaturi i dobra postojanost prema abanju ovih legura razlog su što se one skoro isključivo primenjuju za klipove od lakih metala za vozila i avionske motore. One dobro provode toplotu, (naročito legure sa manje Cu), čime je zajemčeno dobro odvođenje toplote. One se liju u kokilama sa jezgrima od čelika, a u izuzetnim slučajevima (na pr., kod malog broja komada) sa jezgrima od peska. Mogu se razlikovati dve grupe legura: jedna grupa sa većim sadržajem bakra (vrsta G Al Cu i G Al Cu Ni); i druga grupa sa većim sadržajem silicijuma[2]. Poslednje se odlikuju vrlo malim koeficijentom izduženja. Legure sa većim sadržajem bakra su pogodne za glave cilindara, hlađene vodom i vazduhom.

**Aluminijum - legure za pretapanje:** Primenjuju se u velikom obimu za delove automobila i motornih točkova koji su manje napregnuti. Još nije sprovedeno standardizovanje legura[3]. U upotrebi su legure za pretapanje na bazi Al - Cu (američka legura) i legure sa 5 do 7% Cu i 3,5 do 5% Si[2]).

**Legure magnezijuma**[4]**):** Vrsta legure G Mg Al našla je veću primenu. Pre svega je pogodna njena niska specifična težina.

---

[1]) Standardizovanje legura za klipove još nije sprovedeno.
[2]) V ä t h: loc. cit. — [3]) V. napomenu [3]) na str. 997. — [4]) V napomenu [5]) na str. 997.

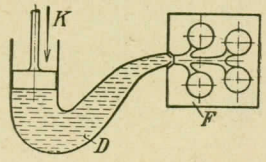
## Tablica 2. Legure lakih metala za livenje u kokilama

| Vrsta legure | | Vrsta prema DIN ili naziv | Karakteristike jačine: Jačina pri kidanju $\sigma_B$ kg/mm² | Izduženje pri kidanju $\delta_5$ % | Tvrdoća po Brinell-u $H_B$ kg/mm² | Temperatura livenja Stepeni | Mera skupljanja[8] % | Minimalna debljina zida[5] mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aluminijum-legure[1][2] | Silumin-legure sa najboljom podobnošću punjenja kalupa | G Al Si | 18—26 | 3—5 | 60—80 | 700—800[9] | Kokile sa jezgrom od čelika 0,5—0,9 | 2—4 |
| | | G Al Si Cu | 18—22 | 2—3 | 60—80 | 700—770 | Kokile sa jezgrom od peska 0,8—1,1 | 2—4 |
| | Legure podobne za kaljenje za livene komade najveće mehaničke otpornosti | G Al Si Mg[6] (silumin $\gamma$) | 26—35 | 0,7—1,5 | 90—110 | 700—770 | 0,5—0,9 | 2,5—4 |
| | | G Al Mg Si[6] | 20—30 | 1—4 | 80—100 | 700—770 | 0,8—1,15 | 2,5—5 |
| | Legure za livenje u kokilama sa velikom hemiskom postojanošću | G Al Mg (a)[7] | 15—19 | 3—8 | 50—60 | 690—770 | Kokile sa jezgrom od čelika 0,8—1,15 | 2,8—5 |
| | | G Al Mg (b)[7] | 22—26 | 5—8 | 70—85 | 680—770 | | |
| | | G Al Mg (c)[7] | 20—26 | 5—8 | 60—80 | | Kokile sa jezgrom od čelika 0,9—1,2 | |
| | Legure za klipove sa dobrom otpornošću prema abanju i na visokoj temperaturi[3] | G Al Cu (američka leg.) | 12—20 | 0,5—4 | 70—100 | 700—780 | Kokile sa jezgrom od čelika 0,75—1,1 | 2,8—5 |
| | | G Al Cu (Bohnalite-leg.) | 12—20 | 0,3—1 | 70—85 | | Kokile sa jezgrom od peska 1,00—1,2 | |
| | | G Al Cu Ni | 19—21 | 0,5—1 | 80—100 | 700—820 | Kokile sa jezgrom od čelika 0,8—1,05 | 2,5—4 |
| | | Ks 1275; Low Ex; EC 124 | 19—21 | 0,7 | 110 | | | |
| | | KS 280 | 19 | 0,2 | 135 | | Kokile sa jezgrom od peska 0,9—1,2 | |
| Legure magnezijuma[2] | Legura magnezijuma za livenje[4] | G Mg Al | 16—24 | 2—8 | 55—65 | 720—780 | 1—1,3 | 3—5 |

[1]) Podaci o sastavu i jačini prema DIN 1713, str. 1029. — [2]) Za neke od ovih legura ili za njihovu primenu izdata su u Nemačkoj ili u inostranstvu industriska zaštitna prava ili izvršene prijave. — [3]) Podaci za karakteristike jačine uzeti su i iz Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle, H. Steudel i Sterner-Rainer J 9, Leichtmetallkolbenlegierungen. — [4]) Prema DIN-prethodnom predlogu za magnezijum legure. — [5]) Minimalne debljine zida koje se mogu postići upravljaju se prema veličini livenog komada i prema veličini površine sa najmanjom debljinom. — [6]) Karaktreistik e jačine se odnose na kaljeno stanje. — [7]) Karakteristike jačine se odnose na neobrađeno stanje. — [8]) Vrednosti za normalne livene komade. — [9]) Visoka temperatura livenja za liv vrlo tankih zidova.

## Livenje brizganjem[1])

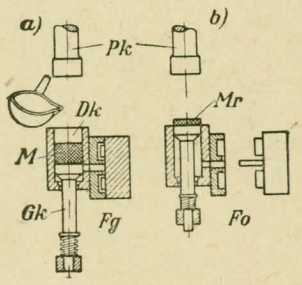
Pod livenjem brizganjem podrazumeva ze proces livenja, pri kome se tečan metal istiskuje jakim natpritiskom kroz mlaznik u trajan kalup. Usled velike brzine hlađenja zidova kalupa, liveni materijal brzo očvršćava. Visoki pritisak, pod kojim stoji u kalupu ubrizgani metal, čini da svi delovi kalupa budu najbolje ispunjeni. Livenje brizganjem je precizno livenje. Ono zahteva kalup načinjen od pogodnog materijala i najpreciznije obrađen. Troškovi za izradu kalupa za livenje brizganjem iznose dva do tri puta više nego za izradu kalupa za livenje u kokilama za iste livene komade. I pored toga je livenje brizganjem kod velikog broja komada povoljnije u pogledu cene, od livenja u pesku i u kokilama, zbog svog velikog prinosa i zbog obimnih ušteda u troškovima obrade. Granica ekonomičnosti upotrebe leži, prema livenom komadu, između 2 000 i 10 000 komada.




*D* komora za pritisak, *K* klip za pritisak, *F* kalup sa račvastim ulivanjem

Sl. 2. Mašina sa klipom za livenje brizganjem sa toplom komorom za pritisak

**Postupak:** Mašina za livenje brizganjem sastoji se od komore za pritisak, kalupa i nosača kalupa. Iz komore za pritisak utiskuje se tečan metal u kalup. Razlikuju se mašine za livenje sa toplom komorom za pritisak (livenje brizganjem, sl. 2.) i mašine za livenje sa hladnom komorom za pritisak (livenje presovanjem, sl. 3).




*Dk* komora za pritisak, *Gk* protivklip, *M* metal za livenje, *Mr* ostatak metala, *Pk* klip za pritisak, *Fg* zatvoren kalup, *Fo* otvoren kalup,
*a*) položaj pre livenja,
*b*) položaj posle livenja

Sl. 3 Mašina za livenje presovanjem sa hladnom komorom za pritisak

Za legure sa niskom tačkom topljenja i delimično za lake metale (Mg-legure) upotrebljavaju se mašine sa toplom komorom za pritisak (livenje brizganjem). Legure sa visokom tačkom topljenja (mesing, Al-bronze) i neke visokovredne aluminijum-legure »presuju se« u mašinama sa hladnom komorom za pritisak (livenja presovanjem). Kod mašina sa toplom komorom prenosnik pritiska je klip (crpke za brizganje sa klipom) ili komprimovan vazduh (mašina za livenje sa komprimovanim vazduhom). One rade većinom sa natpritiscima od 15 do 70 kg/cm². Metal za livenje održava se u komori za pritisak na temperaturi livenja i ubrizgava se. Visoki pritisci kod mašina sa hladnom komorom za pritisak (100 do 1000 kg/cm² natpritiska) zahtevaju

[1]) Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle, J 12 u. K 3, Berlin 1936 Beuth-Vertrieb G m b H. — RKW-Veröffentlichung Nr. 18. Spritzguss, 3. izd. Leipzig 1937. — W. Müller: Spritzgiessen, Die Giesserei 24 (1938). str. 602 i 623.

## Tablica 3. Legure za livenje brizganjem i presovanjem

| Vrsta legure | | Vrsta prema DIN ili naziv legure | Približan sastav % | Mehaničke vrednosti: Jačina pri kidanju $\sigma_B$ kg/mm² | Izduženje pri kidanju $\delta_{10}$ % | Tvrdoća po Brinell-u $H_B$ kg/mm² | Temperatura livenja stepeni C | Minimalna debljina zida[5] mm | Ostvarljiva tačnost prema zahtevanim merama[5] | Smanjenje jezgra u % dužine[5] (min.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Legure teških metala sa niskom tačkom topljenja[1,2] | Legure olova za livenje brizganjem | Sg Pb 97 | 96—98 Pb; 2—4 Sb | 5 | 20 | 9 | 270—330 | 0,75—2 | do 5 mm: ±0,005 mm; preko 5 mm: ± 0,1 % | 0,1 |
| | | Sg Pb 87 | 86—88 Pb; 12—14 Sb | 6 | 10 | 14 | | | | |
| | | Sg Pb 85 | 84—86 Pb; 4—6 Sn 9—11 Sb | 7,5 | 8 | 18 | | | | |
| | Legure kalaja za livenje brizganjem | Sg Sn 78 | 77—79 Sn; 16—18 Sb; 3,5—4,5 Cu; do 1,5 Pb | 11,5 | 2 5 | 30 | 270—330 | 0,5—2 | do 10 mm: ±0,005 mm; preko 10 mm: ± 0,05 % | 0,1 |
| | | Sg Sn 75 | 74—76 Sn; 16—18 Sb; 4.5—5,5 Cu; 2,5—3 Pb | 10 | 1,8 | 30 | | | | |
| | Legura cinka za livenje brizganjem | Sp G Zn-Al4-Cu 3 | 3,5—5 Al; 2,4—4 Cu; 0—0,06 Mg; ostat. Zn | 32—38 | 2—2,5 | 80—120 | 390—460 | 0,6—2 | do 13,5 mm: ± 0,2 mm; preko 13,5 mm: ± 0,15 % | 0,3 |
| | | Sp G Zn-Al-Cu 1 | 3,5—4,3 Al; 0,6—2,4 Cu; 0—0,06 Mg; ostat. Zn | 27—33 | 2—5 | 70—90 | | | | |
| | | Sp G Zn-Al 4 | 3,5—4,3 Al; 0—0,6 Cu; 0—0,06 Mg; ostat. Zn | 25—30 | 3—6 | 60—70 | | | | |
| Legure teških metala sa visokom tačkom topljenja[3] | | Mesing, Ms 58 | 58 Cu; 2Pb 40 Zn | 34,6 | 3,7 | 90 | 1000—1100 | 1,5—3 | ± 0,35 % najmanje ± 0,08 mm | — |
| | | Mesing, Ms 60 | 60 Cu; 0,8 Pb; 39 Zn | 36,6 | 8,6 | 90 | | | | |
| | | Aluminijum bronza Al Bz 10 | 90 Cu; 10 Al | 50—60 | 10 | 170 | | | | |
| Laki metali[2,4] | Legure aluminijuma za livenje brizganjem | Sg Al Cu Ni | 92-94 Al; 4,5-6 Cu; 1,5-2 Ni | 19—24 | 1,6—2,6 | 70—90 | 600—700 | 1—3 | do 15 mm: ± 0,3 mm; preko 15 mm: ± 0,2 % | 0,8 |
| | | Sg Al Si | 89,3-91,5 Al 0,5-0,7 Mn; 8-10 Si | 20—25 | 1,6—2,2 | 70—90 | | | | |
| | | Sg Al Si Cu | 90—94 Al; 2,5—4 Cu; 3,5—6 Si | 20—24 | 1,8—2,2 | 60—70 | | | | |
| | | Sg Al Mg | 88,5—96 Al; 4—9,5 Mg; 0—0,8 Mn; 0—1,2 Si | 20—24 | 1—2 | 70—90 | | | | |
| | Legure magnezijuma za livenje brizganjem | Sg Mg Al Zn | 8—10 Al; 0,2—1 Zn; 0,1—0,5 Mn; ostat. Mg | 18—20 | 1—2 | 60—70 | 600—700 | 1—3 | do 13,5 mm: ± 0,02 mm; preko 13,5 mm: ± 0,15 % | 0,5 |

[1]) Brojne vrednosti i jačine važnijih teških metala sa niskom tačkom topljenja prema DIN 1741 (legure olova za livenje brizganjem), 1742 (legure kalaja za livenje brizganjem) i 1743 (legure cinka za livenje brizganjem). — [2]) Za neke od ovih legura ili za njihovu primenu izdata su u Nemačkoj ili u inostranstvu industriska zaštitna prava ili izvršene prijave. — [3]) Podaci prema Sttoffhütte, II izd 1937, str. 136/37. — [4]) Podaci se oslanjaju na DIN 1744 (legure lakih metala za livenje brizganjem). — [5]) Prema veličini komada i obliku.

klipne pumpe. Pre proizvođenja pritiska stavlja se metal u cilindar crpke (sl. 3). Mesing se presuje kašast. Legure aluminijuma treba obradivati polazeći od tečnog stanja, jer se presovanjem u kašastom stanju ne postižu velike jačine[1]).

**Izrada kalupa.** Kalup izdeljen u dve polovine drži se zatvoren u nosaču kalupa pomoću pritiska; pritisak mora da bude dovoljno veliki, da bi sprečio otvaranje kalupa pri utiskivanju liva pod pritiskom.

Leđno rezanje na livenim komadima mora da bude omogućeno pomoću šibera, a praznina pomoću čeličnih jezgra. Kako su praznine izdeljene treba jezgro da bude rasklopljivo. Jezgra mora da budu konična. Besprekorna izrada zahteva veliko iskustvo.

Za kalupe za olova i kalaj uzima se obični ugljenični čelik (0,4 do 0,5% C), za legure cinka, lakih metala i teških metala sa visokom tačkom topljenja hrom-vanadijum-čelik i hrom-molibden čelik. Za jezgra se bira Cr-V-čelik i Cr-Mo-čelik; pri najvećem opterećenju visoko legirani čelik otporan na visokoj temperaturi (na pr., volfram-čelik). Kalupi izloženi naprezanju na visokoj temperaturi kale se radi povećanja veka trajanja. Dobro odvođenje vazduha mora se obezbediti urezivanjem kanala za vazduh. Tačan položaj levka i podela su presudni za besprekornu izradu livenog komada. Levak se stavlja ili u podeonu ravan kalupa (račvasto ulivanje, sl. 2) ili u sredinu jedne polovine kalupa (nedeljeno ulivanje, sl. 3).

Vek trajanja kalupa za legure olova i kalaja skoro je neograničen, za legure cinka 100 000 do 300 000 (500 000) livenja, za lake metale 12 000 do 80 000 (legure magnezijuma malo napadaju kalupe, a legure aluminijuma jako), a za legure teških metala sa visokom tačkom topljenja 8000 do 30 000 livenja.

**Svojstva liva dobivenog brizganjem.** Glatke površine i oštrina detalja livenog komada jesu spoljnje karakteristike liva dobivenog brizganjem i presovanjem. Jako dejstvo naglog hlađenja na hlađenim zidovima kalupa daje vrlo sitnozrnu strukturu, sa povoljnim svojstvima jačine. Fina oksidna ostrvca i gasne pore u poprečnim presecima zida nemaju većeg uticaja na jačinu i gustinu livenog komada. Tačno izrađen trajan kalup i visok pritisak brizganja ili presovanja daju livenom komadu najveću moguću meru tačnosti (ostvarljiva tačnost zahtevane mere i tolerancije, v. tabl. 3). Ukoliko je viša temperatura topljenja legure, utoliko više opada zahtevana tačnost.

**Legure za livenje brizganjem i presovanjem** v. tabl. 3, str. 1004.

**Legure teških metala sa niskom tačkom topljenja: legure olova i kalaja** upotrebljavaju se za delove koji treba da imaju veliku tačnost dimenzija a nisu jače napregnuti (štamparska slova i delovi brojača).

**Legure cinka**[2])[3]): Upotrebljavaju se legure koje sadrže aluminijuma vrste Sg Zn Al Cu i Sg Zn Al, koje imaju dobru postojanost zapremine. One moraju biti stopljene od čistih sirovina. Dodacima Mg i Li dobiva se vrlo sitnozrnasta struktura, velika jačina i postojanost. Ove legure su zamenile ranije mnogostruko primenjivane legure cinka sa sadržajem kalaja, koje imaju istina dobru postojanost, ali samo malu jačinu. Upotrebljavaju se za delove raznovrsnih aparata koji su samo slabo mehanički napregnuti.

---

[1]) Oglede je izvršio Dornauf, v. i Müller, loc. cit.

[2]) Anderson a. Werley: Zinc die casting alloy (aging data), Metals and Alloys I (1937), str. 97.

[3]) Dornauf: Neue Erkenntnisse über Zink-Spritz- und Pressguss unter besonderer Berücksichtigung amerikanischer Erfahrungen, Z. f. Metallk 29 (1937), sv. 2. str. 53/60.

**Legure teških metala sa visokom tačkom topljenja:** mesing i bronze aluminijuma se presuju u mašinama sa hladnom komorom za pritisak (livenje presovanjem). Postiže se velika jačina. Upotrebljavaju se za manje delove aparata i mašina koje su jako napregnute.

**Laki metali:** Livenje lakih metala brizganjem ili presovanjem mnogo je uvedeno. Za legure aluminijuma velikog stepena čistoće primenjuje se postupak livenja presovanjem.

**Legure aluminijuma:** na bazi Al Cu Ni (Y-legura) upotrebljavaju se za delove otporne na visokoj temperaturi, na bazi Al Si (silumin) i Al Si Cu za delove tankih zidova sa dobrom jačinom. Vrsta legure Sg Al Mg upotrebljava se za livene komade, koji treba da imaju što veću postojanost prema koroziji.

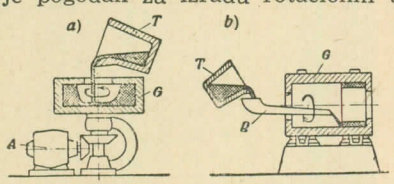
**Legure magnezijuma** upotrebljavaju se danas u velikoj meri za delove aparata, koji nisu ugroženi korozijom. Korisna je dobra jačina i mala specifična težina.

### d) Livenje centrifugiranjem[1])

**Postupak:** Tečan metal se za vreme livenja obrće (rotira). Centrifugalna sila pritiskuje metal na zidove kalupa, gde on očvršćava. Po pravilu se obrtanje prenosi na tečan metal pomoću kalupa za livenje, koji se obrće oko jedne ose. Centrifugirani liv je pogodan za izradu rotacionih tela, kao što su cevi, prstenovi i čaure. Prema položaju ose oko koje se kalup obrće razlikujemo:

vertikalno livenje centrifugiranjem sa vertikalnom osom obrtanja (sl. 4a),

horizontalno livenje centrifugiranjem sa horizontalnom osom obrtanja (sl. 4b).




a) vertikalno livenje centrifugiranjem (kalup se obrće oko vertikalne ose)

b) horizontalno livenje centrifugiranjem (kalup se obrće oko horizontalne ose)

*A* pogon, *G* obrtni kalup, *T* sud za livenje, *R* oluk za livenje

Sl. 4. Postupci livenja centrifugiranjem

Postupci vertikalnog livenja centrifugiranjem služe prvenstveno za centrifugiranje prstenova, čija je visina manja od prečnika obrtnog tela. Cevi, posteljice ležišta i čaure centrifugiraju se skoro isključivo sa horizontalnom osom obrtanja. Za kalup bira se kokila od sivog liva ili od čelika (veliko dejstvo hlađenja) ili kalup obložen peskom (mala brzina hlađenja).

**Prednosti i primena.** Pri velikom broju komada jevtinija je izrada centrifugiranim livom od izrade livom iz peska. Osim toga su svojstva jačine kod centrifugiranog liva dobra i veoma ravnomerna. Cevi od livenog gvožđa izrađuju se danas najvećim delom po postupku livenja centrifugiranjem.[2])

---

[1]) V ä t h: Der Schleuderguss, Berlin 1934. VDI-Verlag.
[2]) Stoffhütte, 2 izd. str. 293.

**Mesing, mašinska bronza i bronze.** Povoljnije karakteristike jačine centrifugiranog specijalnog mesinga i centrifugirane fosforne bronze[1]) prema livu iz peska vide se iz donje tablice:

| | Jačina pri kidanju $\sigma_B$ kg/mm² | | Izduženje $\delta_5$ % | |
|---|---|---|---|---|
| | Centrifugirani liv | Liv iz peska | Centrifugirani liv | Liv iz peska |
| Specijalan mesing DIN 1709 | 51 | 43 | 32 | 24 |
| Fosforna bronza . . . | 34 | 20 | 21 | 10 |

Po postupku livenja centrifugiranjem izrađuju se: prevlake za vratila na brodovima od 150 do 1000 mm prečnika od specijalne bronze, valjci za pritisak od bakra i bronze (bez pora), venci zupčanika od specijalne bronze aluminijuma, i čaure otporne prema abanju od raznih legura bakra.

**Metali za ležišta.** Centrifugiranje se primenjuje za serisku izradu ležišnih posteljica sa nalivenim ležišnim metalom sa velikim sadržajem olova i kalaja, i za izradu pojedinih ležišta velikih prečnika. Liv ima sitnozrnu strukturu, on je jednolik i kompaktan.

**Laki metali.** Za razne specijalne svrhe centrifugiraju se cevi, prstenovi i ležišta od poznatih legura aluminijuma, da bi se dobila dobra jednolika jačina i da bi se postigla što bolja gustina.

## e) Metalni prah

Metalni prah se upotrebljava za izradu tela od metala ili legura koje se teško tope i liju. Tela se presuju od praha i zatim se sinteruju (metalna keramika)[2]). Osnovne veličine zrna praha leže između 0,0001 i 0,1 mm. Najvažniji načini izrade praha su:

1. Isitnjenje krtih metala. Tucanje većih komada. Mlevenje u mlinovima za prah. Primeri: antimon, cink, kalaj, hrom.

2. Mehaničko dejstvovanje na tečne metale. Vibriranje polutečnog (kašastog) metala u mašinama za vibriranje (na pr. dobivanje aluminijumovog praha). Livenje metalnog mlaza u vodu ili na ploču koja rotira (izrada granula — metalnih zrnaca[3])) — Razbijanje tečnog metala u prah strujom nekog indiferentnog gasa ili vazduha.

3. Izrada isparavanjem i brzom kondenzacijom (na pr., cink u prahu).

4. Izrada hemiskim procesom. Jedinjenje praškastog oblika, na pr. oksid nekog metala, redukuje se nekim redukcionim sredstvom, na pr., vodonikom, ugljen monoksidom, ugljenikom ili jako pozitivnim metalima (alkalni i zemno alkalni metali). Tako nastaje sitnozrni metalni prah. Primeri: volfram[4]), molibden, tantal, torijum, cirkons nikal, gvožđe.

---

[1]) S i m o n: Giessereizeitung 26 (1929), str. 700.

[2]) S k a u p y: Metallkeramik, Berlin 1930, Verlag Chemie.

[3]) Prečnik granula iznosi obično nekoliko milimetara. One se upotrebljavaju za legiranje (na pr., dodatak nikla u obliku zrna pri izradi nikal-livenog gvožđa).

[4]) Volframova žica za sijalice se izrađuje od sinterovih volframovih šipki.

# III. Gvožđe i čelik[1])

Obradio prof. Dr.-Ing. E. H. Schulz, Dortmund

## a) Podela i definicije

**Pojam.** Reč »gvožđe« znači neki put čist metal (hemiski element) Fe, a neki put, »tehničko gvožđe«, koje uvek sadrži primese drugih elemenata (naročito C, Si, Mn, P, S i Cu), dakle, ono je legura. Tehničko gvožđe obuhvata sirovo gvožđe i liveno gvožđe (oba se ne mogu kovati) i čelik (podoban za kovanje).

Za razlikovanje gvožđa merodavan je prvenstveno sadržaj u gljenika, on uopšte dalekosežno određuje svojstva tehničkog gvožđa Ako ne postoji nikakav uticaj drugih primesa, onda sa ≈ 1,7% ugljenika prestaje podobnost kovanja i time područje čelika (sl. 1) (dijagram stanja gvožđe-ugljenik).

**1. Čisto gvožđe. Legure gvožđe-ugljenik.** Fizičke karakteristike čistog gvožđa v. tablicu 2, str. 988. Specifična težina čistog gvožđa 7,876 kg/dm³, opada sa porastom sadržaja ugljenika; pri 1% C ona iznosi 7,82. Toplotna provodljivost kod čistog gvožđa iznosi oko 62 kcal/mh°; ona opada sa porastom temperature, na 700° iznosi oko 33 kcal/mh°; smanjuje je ugljenik i drugi pratioci gvožđa, na pr., pri 1% C na sobnoj temperaturi ona iznosi oko 44, pri 0,5% C, 0,5% Si i 0,5% Mn iznosi oko 33, za čelik koji ne rđa (> 12% Cr) iznosi oko 20, a za liveno gvožđe 40 do 55. Specifične toplote v. tablicu 1, i isto tako tablicu 9, str. 614. Koeficijent toplotnog širenja v. str. 610. Koeficijenti zračenja v. tablicu

**Tablica 1. Srednje specifične toplote gvožđa $c_0^t$ između 0 i $t$° [2])**

Količina toplote $Q_0^t$ kcal za zagrevanje 1 kg gvožđa od 0° $t$° po po Oberhoffer-u

| $t$ | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1200 | 1400 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c_0^t$ | 0,126 | 0,131 | 0,137 | 0,142 | 0,159 | 0,170 | 0,170 | 0,168 | 0,167 | 0,167 |
| $Q_0^t$ | 37,7 | 52,2 | 68,3 | 85,0 | 111,6 | 136 | 153 | 168 | 200 | 233 |

16, str. 692. Tačka topljenja, toplota topljenja, tačka ključanja i toplote isparavanja, v. tablicu 6, str. 612. Električna provodljivost v. tablicu 2, str. 988 (žica 1000 m dužine i 1 mm² preseka ima okruglo 100 Ω otpora na 0°). Gvožđe je magnetično, preko 770° postaje nemagnetično. Oblik kristala: pravilan, raspored atoma ispod 900° i preko 1400° kubično prostorno centriran, između 900° i 1400° kubično površinski centriran.

Iznad 720° legure gvožđe-ugljenik menjaju na raznim temperaturama svoju unutrašnju strukturu prema sadržaju ugljenika (dijagram stanja gvožđe-ugljenik, sl. 1). Objašnjenje za oznake strukture, tačke transformacije itd. v. Stoffhütte, 2 izd. str. 207.

---

[1]) **Literatura.** — Opširni podaci u Eisenhütte, 4 izd., Stoffhütte, 2 izd. str. 201, i Werkstoffhandbuch Stahl und Eisen, 2 izd., Düsseldorf 1937. Verlag Stahleisen.

[2]) Dalji podaci, v. Eisenhütte, 4. izd.

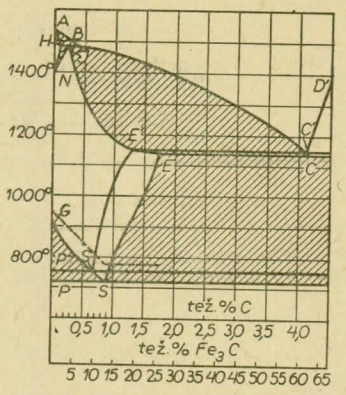
**2. Sirovo gvožđe. Liveno gvožđe.** Sadržaj ugljenika iznosi većinom preko 2,6%; ono se ne može kovati; pri probi kidanja, praktično se ne izdužuje; pri zagrevanju topi se neposredno (bez prelaza preko testastog stanja).

Prema obliku u kome se javlja sadržaj ugljenika razlikuje se:

s i v o s i r o v o g v o ž đ e, kod koga se veći deo sadržaja ugljenika izdvaja posle očvršćavanja kao grafit; površina preloma je siva;

b e l o s i r o v o g v o ž đ e, kod koga je skoro sav sadržaj ugljenika vezan kao cementit (karbid gvožđa ($Fe_3C$); površina preloma je bela; tvrđe je i krtije od sivog sirovog gvožđa.

Sirovo gvožđe pogodnog sastava, koje se — većinom posle ponovljenog pretapanja — lije u kalupe za neposrednu uporebu, zove se l i v e n o g v o ž đ e.




Sl. 1. Dijagram stanja gvožđe-ugljenik

Za poboljšavanje mehaničkih svojstava i otpornosti prema koroziji dodaju se livenom gvožđu dodaci: l e g i r a n o l i v e n o g v o ž đ e.

**3. Čelik.** a) U g l j e n i č n i č e l i c i — poznati i kao nelegirani čelici — sadrže ugljenika od oko 0,2% do praktično oko 1,3%; dalji dodaci — koji pojedinačno variraju prema načinu izrade i svrsi upotrebe — su:

| | | | |
|---|---|---|---|
| silicijum . . | tragovi do oko 0,35%, | sumpor . . . | 0,01 do oko 0,06%, |
| mangan . . | oko 0,3 do 0,8%, | bakar . . . . | tragovi do oko 0,15%. |
| fosfor . . . | 0,01 do oko 0,10%, | | |

b) U l e g i r a n i m č e l i c i m a je ili sadržaj pojedinih primesa, koje se nalaze u čeliku osim ugljenika, povećan znatno iznad vrednosti navedene pod a) ili su dodati drugi elementi; u oba slučaja menjaju se svojstva čelika.

## b) Proizvodnja tehničkog gvožđa

**1. Čisto gvožđe.** Dobiva se elektrolizom soli oksidula gvožđa (elektrolitičko gvožđe), ili redukcijom oksida gvožđa u struji vodonika i stapanjem tako dobivenog praha gvožđa vakuumu (sunđerasto gvožđe), ili po karbonil - postupku uobičajenom kod nikla (karbonil - gvožđe).

**2. Sirovo gvožđe.** Prilikom topljenja u visokoj peći redukuju se iz rude osim gvožđa uvek izvesne količine silicijuma, mangana, fosfora, bakra i arsena, koje se pomešaju sa gvožđem; isto tako prelazi sumpor iz rude i iz koksa u metal (dodatkom kreča se to sprečava); ali pre svega pojavljuje se veliki sadržaj ugljenika u sirovom gvožđu, usled rastvorljivosti ugljenika u tečnom gvožđu. Sastav raznih vrsti sirovog gvožđa, v. tablicu 2, str. 1010.

Za proizvodnju T h o m a s-ova č e l i k a sakuplja se iz nekoliko visokih peći dobiveno sirovo gvožđe tečno, u mešalice za sirovo gvožđe (sadržine do 1000 t), čime se izjednačuju razlike u sastavu pojedinih izli-

vanja, pa se sadržaj sumpora znatno smanjuje. Pri upotrebi pretežno kiselih ruda, tj., ruda bogatih silicijumovom kiselinom, koje bi inače zahtevale veliki dodatak kreča, topi se sirovo gvožđe sa sadržajem sumpora preko normalnog, i posle izlivanja desulfuriše se u tečnom stanju obradom sa alkalijama.

3. **Čelik. Postupak dobivanja čelika duvanjem vazduha.** Za izradu T o m a s-ova t o č e n o g č e l i k a lije se tečno sirovo gvožđe bogato fosforom, sa dodatkom kreča, u posude (konvertore) oblika kruške, obložene dolomitom (baznom masom) i zatim se u tečan metal duva vaz-

## Tablica 2. Vrste sirovog gvožđa

(Sastojci u %)

| C | Si | Mn | P | Prelom | Sporedni sastojci | Sadržaj Fe | Potrošnja koksa[1]) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Sirovo gvožđe za pudlovanje (Lotrinško - Luksemburški kvalitet) | | | | | | | |
| 3,3—3,6 | 0,2—0,8 | 0,3—0,6 | 1,5—2,0 | belo mešano | 5,3—7,0 | 94,7—93,0 | 90—100 |
| 2. Kvalitetno gvožđe za pudlovanje | | | | | | | |
| 3,5—3,8 | 0,3—1,0 | 3,0—5,0 | 0,1—0,3 | belo mešano | 6,9—10,1 | 93,1—89,9 | 90—100 |
| 3. Gvožđe za dobijanje čelika | | | | | | | |
| 3,5—4,0 | 0,3—1,0 | 3,0—6,0 | 0,08—0,3 | belo | 6,88—11,3 | 93,12—88,7 | 95—110 |
| 4. Gvožđe za preradu po Thomas-u | | | | | | | |
| 3,5 | 0,15—0,6 | 1,0—1,5 | 1,7—2,0 | belo mešano do belo polusiv | 6,5—8,0 | 93,5—92,0 | 90—110 iz mineta do 125 |
| 5. Gvožđe za preradu po Bessemer-u | | | | | | | |
| 3.5 | 1,5—2,0 | 1,0 | 0,1 | siv | 6,1—6,6 | 93.9—93,4 | 110 |
| 6. Sirovo gvožđe za livenje: a) sa malim sadržajem fosfora | | | | | | | |
| 4,0 | 2,0—3,0 | 1,0 | 0,1 | siv | 7,1—8,1 | 92,9—91,9 | 110—130 |
| b) sa srednjim sadržajem fosfora | | | | | | | |
| 4,0 | 2,0—3,0 | 0,6 | 0,6 | siv | 7,2—8,2 | 92,8—91,8 | 110—130 |
| c) sa velikim sadržajem fosfora | | | | | | | |
| 4,0 | 2,0—3,0 | 0,5 | 1,7 | siv | 8,2—9,2 | 91,8—90,8 | 110—130 |
| 7. Ogledalasto (špigl) gvožđe | | | | | | | |
| 4,0—5,0 | 1,3—0,2 | 10—30 | 0,1 | belo | 14,6—36,4 | 85,4—63,6 | 110—130 i više |
| 8. Feromangan (gvožđe-mangan) | | | | | | | |
| 5,0—7,0 | 1,3—0,2 | 20—80 | 0,2 | belo | 26,5—87,9 | 73,5—12,1 | 140—275 |
| 9. Ferosilicijum (gvožđe-silicijum) | | | | | | | |
| 1,6—3,8 | 12,0—16,0 | 1,0 | 0,1 | meliran | 14.7—17,9 | 85,3—82,1 | 250—300 |
| 10. Siliko-špigl (silicijum-špigl) | | | | | | | |
| 1,4 | 12,0 | 19,0 | 0,2 | belo | 32,6 | 67,4 | 250—300 |

[1]) U kg za 100 kg sirovog gvožđa.

duh kroz dno konvertora gde se nalaze mlaznici. Si, Mn, C i P sagorevaju (pretvaraju se u gas ili zguru) pomoću kiseonika iz vazduha; fosfor vezivanjem sa krečom prelazi u zguru (Thomas-ova zgura je važna kao sredstvo za đubrenje). Pošto se za proizvodnju Thomas-ova čelika upotrebljava sirovo gvožđe bogato fosforom, to je sadržaj fosfora u sirovom gvožđu, pri celishodnom vođenju postupka, obično viši nego kod Simens-Martin-ova čelika. Vrlo jako smanjenje fosfora vodi ka većem i štetnom obogaćenju kiseonika. Tako dobiveno gvožđe dezoksiduje se, dodatkom ugljenika dovodi se na željeni sadržaj (naknadno ugljenisanje) i izliva se u blokove.

Duvanje vazduha u konvertore koji su obloženi samlevenim peščarom ili kvarcom (kiselom masom) (Bessemer-ov postupak), zahteva sirovo gvožđe malog sadržaja fosfora, i zato se u Nemačkoj samo malo iskorišćuje za proizvodnju čeličnog liva. I kiselim postupkom dobiveni Bessemer-ov čelik često sadrži više fosfora od normalnog Siemens-Martin-ova čelika.

**Siemens-Martinov točen čelik.** Sirovo gvožđe i staro gvožđe (otpaci čelika) tope se u niskim pećima sa topilištem, sa gasnim regeneratorskim loženjem i oksiduju se sporim sagorevanjem sporednih sastojaka uz dodatak kreča. Postupak se može izvoditi i isključivo sa šaržom starog gvožđa kao čist proces pretapanja ili kao »proces sirovo gvožđe-ruda«, pri čemu se uneto tečno sirovo gvožđe oksiduje čistom rudom gvožđa. Obloga peći je većinom bazična, retko kisela.

**Čelik iz lonaca.** Odmerena količina čistog čelika pretapa se zajedno sa željenim dodacima (Ni, Cr, W, Mo, V itd.) u loncima i izliva se. Proizvod je naročito čist (sadrži malo oksida). Zbog velikih troškova izrade primenjuje se samo još u maloj meri.

**Elektročelik.** Dobiva se topljenjem toplotnim dejstvom električne struje, svetlosnim lukom ili indukcijom tečne ili hladne šarže. Kod tečnog punjenja upotrebljava se topljena šarža prečišćena u Siemens-Martinovoj peći; kod hladnog punjenja se upotrebljavaju otpaci čelika i sirovo gvožđe. Obloga peći je bazična, delimično i kisela.

**Varen čelik ili pudlovan čelik** (izrađuje se samo još u malim količinama). Sirovo gvožđe se topi u dodiru sa zgurom koja daje kiseonik (oksid gvožđa) u plamenim pećima (pećima za pudlovanje) koje primaju 200 do 500 kg gvožđa, meša se gvozdenim šipkama i time se oksiduje. Nastali čelik, u testastom stanju sa mnogo zgure, izdvaja se u grudve (lupe) od okruglo 60 kg, kuje se (istiskivanjem velikog dela zgure) i valja se u »sirove šipke«, koje se (ponekad i sa otpacima pudlovanog i točenog čelika) onda paketiraju i izvaljaju. Dobiveni metarijal sadrži veoma mnogo zgure.

**Cementiran čelik.** Mek čelik (po pravilu varen čelik) složi se u drveni ugalj, žari se oko osam dana u sanducima ili pećima za žarenje i pri tome se podiže sadržaj ugljenika (do 0,9 do 1,5%); po pravilu je ovo sirovina za proces u loncima.

### c) Hemiski sastav, struktura i svojstva tehničkog gvožđa

**1. Gvožđe** (čisto), praktično najčistiji oblik: elektrolitičko gvožđe. Količina nečistoće je vrlo mala, sadržaj gvožđa iznosi 99,95 do 99,98%.

U hladnom i toplom stanju, elektrolitičko se gvožđe dâ lako deformisati. Ono se razlikuje praktično od najmekšeg čelika, dakle, onog sa najmanje ugljenika, samo još manjom tvrdoćom i jačinom, a veća mekoća i izduženje su bez većeg praktičnog značaja.

**2. Sirovo gvožđe:** Sastojci značajni za svojstva sirovog gvožđa su ugljenik u vezanom i nevezanom obliku, silicijum, mangan, fosfor. Sastavi raznih vrsta sirovog gvožđa su navedeni u tablici 2. O livenom gvožđu v. str. 1013.

3. **Čelik:** Kod nelegiranih čelika je ugljenik u obliku cementita ($Fe_3C$) najvažniji element legure. Kod valjanog čelika raste jačina pri kidanju sa porastom sadržaja ugljenika od okruglo 30 kg/mm² do 100 kg/mm² pri 0 do 1% C, izduženje srazmerno opada. U žarenom stanju raste jačina od 30 do 60 kg/mm². Tačka topljenja se spušta sa porastom sadržaja ugljenika prema liniji *A B C* (sl. 1). Sa porastom sadržaja ugljenika se penje do izvesne granice i tvrdoća čelika.

Silicijum smanjuje razvijanje gasova u rastopu i zato utiče na smanjivanje pora (neumiren, poluumiren i umiren čelik). Sadržaj silicijuma je ograničen, jer podobnost kovanja i zavarivanja opada sa višim sadržajem silicijuma. Izvestan sadržaj mangana je bezuslovno potreban kod čelika kao dezoksidaciono sredstvo, za pravilno izvođenje metalurškog procesa. Sumpor preko izvesnog sadržaja smanjuje kovnost i zavarljivost, čelik postaje u određenom temperaturnom području kruto-lomljiv, gornja dozvoljena granica je različita prema vrsti čelika. Fosfor u većem sadržaju smanjuje žilavost na zarez ispitanu udarom. S druge strane, veći sadržaj fosfora, a naročito sumpora, do 0,2%, povećava obradljivost sa alatima za rezanje (automatni čelik). Sadržaj bakra od oko 0,2% i više jako smanjuje brzinu rđanja na atmosferi. Inače brzina rđanja kod čelika ne zavisi od hemiskog sastava (čelici koji ne rđaju, v. str. 1017). Čelik sadrži uvek i male količine kiseonika (kao Fe O, on proizvodi pri većim količinama krt prelom), azota (u Thomasovu čeliku najviše oko 0,01%, u elektročeliku oko 0,008 do 0,016%, u Siemens-Martin-ovu čeliku 0,003 do 0,008%) i vodonika

Elementi za legiranje legiranih čelika su uglavnom mangan, silicijum, nikal, bakar, hrom, volfram, molibden i vanadijum za **konstruktivne čelike;** hrom, volfram, molibden i vanadijum (stvaraoci karbida) **za alatne čelike.**

Kod legiranih čelika razlikuju se dve grupe: slabo — odnosno srednje legirani čelici i visoko-legirani čelici; kod poslednjih je velikim dodatkom za legiranje (nikla ili mangana) potpuno izmenjena suština čelika prema ugljeničnom — i slabo do srednje-legiranom čeliku (austenitni čelici) ovi čelici zahtevaju sasvim drugu termičku obradu. Tablice 6 do 10 i 12, str. 1016 do 1022, daju prmere za najvažnije grupe legiranih čelika, iz kojih treba uzeti količine dodataka, koji praktično dolaze u obzir.

### d) Obrada deformacijom[1])

1. **Gvozdeni liv.** Sirovo gvožđe raznog sastava i otpaci čelika pretapaju se u kupolnim pećima ili plamenim pećima i liju se u kalupima od peska, koji se mogu upotrebiti samo jedanput, ili u trajnim kalupima ili po specijalnom postupku (livenje centrifugiranjem).

Tvrdi liv. Liveno gvožđe naročitog sastava lije se u gvozdenim kalupima. Time očvrsne spoljna kora usled bržeg hlađenja i postaje bela i tvrda.

Perlitni liv. Po naročitom postupku izrađeno liveno gvožđe sa dobrim svojstvima jačine (naročito formiranje perlitne strukture i raspodele grafita).

Temper liv. Belo liveno gvožđe dekarburisano oksidacionom obradom žarenjem.

---

[1]) Iscrpni podaci o uređaju i radu, v. Eisenhütte, 4 izd., 1930.

Liveno gvožđe[1]). Sastav i svojstva, v. tabl. 3, tabl. 3 i 6, str. 610 i 612 i tabl. 1 do 3, str. 921 i 922, dužinske mere skupljanja, v. tablicu 4, str. 611. Liv otporan prema kiselinama sadrži 12 do 14% Si (teško se može obrađivati ili se uopšte ne može obrađivati sa alatima za rezanje); vatrostalan liv sa dodatkom hroma do 30% Cr.

Bliže o uslovima prijema livenog gvožđa, svojstvima itd. v. DIN 1691.

**Tablica 3. Sastav raznih vrsti livenog gvožđa u %**

| Primena | Ukupan C | Si | Mn | P | S < | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Konstruktivni i trg. liv . . | 3,3—3,6 | 2,0—2,5 | 0,4—0,8 | 0,6—1,2 | 0,120 | |
| Običan mašinski liv . . . | 3,4—3,6 | 2,0—2,5 | 0,6 | 0,8 | 0,120 | |
| Mašinski liv po naročitim propisima — laki mašin. liv | 3,4—3,6 | 2,0—2,2 | > 0,80 | < 0,6 | 0,120 | |
| Mašinski liv po naročitim propisima — sred. mašin. liv | 3,2—3,4 | 1,8—2,0 | > 0,80 | < 0,5 | 0,120 | |
| Mašinski liv po naročitim propisima — teški mašin. liv | 3,1—3,3 | 1,6—1,8 | > 0,80 | < 0,4 | 0,120 | |
| Visokovredni liv . . . . . | 2,8—3,2 | 1,2—1,8 | 0,8—1,2 | < 0,30 | 0,120 | |
| Tvrdi liv — pun tvrdi liv . . . | 2,8—3,3 | 0,6—1,2 | 0,4—1,2 | 0,50 | 0,120 | |
| Tvrdi liv — liv sa korom (površina naglo hlađena vodom) | 3,0—3,4 | 0,5—1,0 | 0,4—1,2 | 0,10 | 0,05 | |
| Tvrdi liv — valjci od tvrdog liva | 2,8—3,2 | 0,5—1,5 | 0,6—0,8 | 0,03 | 0,05 | |
| Liv otporan prema kiselinama . . . . . | — | 12—14 | — | — | — | |
| Liv otporan prema alkalijama . . . . . | 3,0—3,4 | 1,2—1,6 | 0,80 | 0,20 | 0,12 | Ni 1—2% |
| Vatrostalan liv | 3,1—3,3 | 1,4—1,6 | < 0,5 | < 0,5 | 0,12 | event. dodatak hroma |

**Čelični liv.** Dobiva se topljenjem starog gvožđa i sirovog gvožđa u kiseloj ili bazičnoj Martin-ovoj peći, peći sa loncima ili električnoj peći, ili oksidisanjem sirovog gvožđa, topljenog u kupolnoj peći, u malom Bessemer-ovom konvertoru i izlivanjem čelika u vatrostalne kalupe.

Bez naknadne obrade čelični liv ima malu žilavost na zarez ispitivanu udarom, usled obrazovanja grube strukture; zbog toga se delovi od čeličnog liva skoro bez izuzetka naknadno žare kratko vreme preko $A_3$[2]), čime struktura postaje sitnozrnasta i žilavost na zarez ispitivana udarom se znatno povećava. Čelični liv se može kovati bez posebne pripreme. U DIN 1681 su utvrđena svojstva, podela i ispitivanje čeličnog liva (tabl. 4). Osim standardizovanih vrsta čeličnog liva, izrađuje se čelični liv za specijalne oblasti upotrebe, v. tabl. 5. Livene komade od livenog gvožđa, koji docnijom obradom u peći za temperovanje dobivaju svojstva slična čeliku (temperliv), ne treba označavati kao čelični liv (DIN 1681).

[1]) Jungbluth: Hochwertiges Gusseisen, Die Giesserei 15 (1928), str. 457 do 466 i 486 do 493. — Vidi i Eisenhütte, 4 izd. str. 561.

[2]) Vidi Stoffhütte, 2 izd. str. 207.

**Tablica 4 a i 4 b. Kvalitetne vrste čeličnog liva (DIN 1681), minimalne vrednosti**

a) Normalan kvalitet

| Oznaka | $\sigma_B$ kg/mm² | δ % |
|---|---|---|
| Stg 38 · 81 | 38 | 20 |
| Stg 38 · 81 R | 38 | 25 |
| Stg 45 · 81 | 45 | 16 |
| Stg 50 · 81 R | 50 | 19 |
| Stg 52 · 81 | 52 | 12 |
| Stg 60 · 81 | 60 | 8 |

Stg 38 · 81 R i Stg 50 · 81 R upotrebljavaju se samo za izradu lokomotiva i vagona po propisima Nemačkih državnih železnica.

b) Specijalan kvalitet

| Oznaka | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_F$ kg/mm² | δ % |
|---|---|---|---|
| Stg 38 · 81 S | 38 | 18 | 25 |
| Stg 45 · 81 S | 45 | 22 | 22 |
| Stg 52 · 81 S | 52 | 25 | 16 |

Stg 38 · 81 S i Stg 50 · 81 S odgovaraju u pogledu minimalne jačine pri kidanju i izduženja pri kidanju propisima Germanskog Lloyd-a.

**Tablica 5 a do 5 c. Specijalan čelični liv**

a) Čelični liv sa naročitim magnetnim svojstvima

| Oznaka | $\sigma_B$ kg/mm² | δ % | Magnetna indukcija AW/cm | $B_{25}$ 25 | $B_{50}$ 50 | $B_{100}$ 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Stg 38 · 81 D | 38 | 20 | CGS-jedinica (gaus) | 14500 | 16000 | 17500 |
| Stg 45 · 81 D | 45 | 16 | | 14500 | 16000 | 17500 |

b) Čelični liv za cementiranje

| Oznaka | Stanje | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_F$ kg/mm² | δ $L = 5\,d$ % |
|---|---|---|---|---|
| Meki čelični liv za cementiranje | žaren | 40 | 22 | 25 |
| | kaljen | 50 | 30 | 18 |
| Niklčelični liv za cementiranje | žaren | 45 | 28 | 25 |
| | kaljen | 60 | 40 | 18 |

c) Čelični liv za konstruktivne delove izložene jakom naprezanju

| Oznaka | Stanje | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_F$ kg/mm² | δ $L = 5\,d$ % |
|---|---|---|---|---|
| Specijalan čelični liv (nelegiran) | oplemenjen | 50 | 28 | 18 |
| Mek silicijum-čelični liv . . . | „ | 50 | 30 | 18 |
| Tvrd silicijum-čelični liv . . . | „ | 55 | 35 | 16 |
| Mek mangan-čelični liv . . . | „ | 52 | 30 | 18 |
| Tvrd mangan-čelični liv . . . | „ | 58 | 32 | 16 |
| Nikal-mangan-čelični liv . . . | „ | 55 | 33 | 18 |
| 2 do 3%-tni nikal-čelični liv . | „ | 60 | 35 | 18 |
| Mek hrom-nikal-čelični liv . . | „ | 65 | 40 | 15 |
| Tvrd hrom-nikal-čelični liv . . | „ | 75 | 45 | 12 |

Navedena svojstva jačine pretstavljaju minimalne vrednosti određene na izlivenim probnim štapovima.

**2. Plastična obrada.** a) U toplom stanju: Valjanjem se obrađuje najveći deo čelika, naročito Thomas-ov i Siemens-Martin-ov čelik valja se u šine, pragove, profilisano gvožđe, šipkasto gvožđe, valjanu žicu, limove, trake. Kovanjem čekićem poglavito se obrađuju visokovredni alatni i konstruktivni čelici, i profilisani komadi koji se teško valjaju. Isto se odnosi i na kovanje u matricama. Kovačke prese primenjuju se za kovanje velikih komada, a izvlačenjem se izrađuju cevi i cilindri većih debljina zidova.

b) U hladnom stanju: Valjanjem se obrađuju tanje trake i limovi na tačne dimenzije. Noževi za brijače, lančane spojnice, trakasti čelik itd. Izvlačenjem se obrađuje prvenstveno žica, isto tako profilisane šipke i cevi. Isecanje i presovanje se primenjuje kod čelika male jačine, ali većeg izduženja i tanjih dimenzija. Duboko izvlačenje.

Poređenje postupaka. Davanje oblika u hladnom stanju ima, prema obradi u toplom stanju, to preimućstvo što se zadržavaju dimenzije i čista površina. Nedostatak se sastoji u potrebnoj termičkoj obradi između pojedinih radnih postupaka. Pri izvlačenju, valjanju i presovanju u hladnom stanju povećava se tvrdoća, tako da se materijal, ukoliko se ne žari, pri daljoj obradi u hladnom stanju kida. Zbog toga je posle pojedinih stupnjeva obrade deformacijom u hladnom stanju potrebno žarenje. Peći za sjajno žarenje.

Kod delova deformisanih u toplom stanju preporučljivo je normalno žarenje posle davanja oblika, da bi se postigla ujednačenost strukture.

## e) Termička obrada

**Žarenje** je zagrevanje radnog komada u čvrstom stanju na određenu temperaturu, posle čega se obavlja po pravilu sporo hlađenje. Pri termičkoj obradi čelika treba razlikovati:

**Normalizovanje:** Zagrevanje podeutektoidnih[1]) čelika na temperaturu neposredno iznad gornje tačke transformacije, posle čega se obavlja hlađenje na mirnom vazduhu. Normalizovanjem se uklanjaju uticaji prethodne termičke obrade.

**Meko žarenje** (žarenje na zrnasti cementit): Žarenje čelika dugim zagrevanjem neposredno ispod donje tačke transformacije, ili oscilovanjem oko donje tačke transformacije, posle čega se obavlja sporo hlađenje da bi se dobio zrnast cementit, prvenstveno što mekše stanje za obradu rezanjem.

**Žarenje za otklanjanje napona:** Zagrevanje i držanje na temperaturi većinom ispod 650°, ali uvek ispod $Ac_1$ da bi samnjili unutrašnji naponi bez bitnih ili željenih promena svojstava jačine.

**Naglo hlađenje:** Ubrzano hlađenje radnog komada, najviše u cilju kaljenja.

**Kaljenje:** Čelici se mogu kaliti (povećavanje jačine) ubrzanim hlađenjem iz oblasti čvrstog rastvora (temperature iznad $A_1$, većinom iznad $A_3$). Postignuta tvrdoća zavisi od legure i od sredstva za naglo hlađenje, tj., od brzine hlađenja. Nelegirani čelici se većinom naglo hlade u vodi, delom se tako obrađuju i srednje legirani čelici, ali je za ove često propisano i kaljenje u ulju. Visoko legirani čelici (brzorezni čelik) kale se na vazduhu ili u ulju.

[1]) Oznake za strukture, v. Stoffhütte, 2 izd., str. 207.

**Otpuštanje**: Zagrevanje na temperaturu ispod $Ac_1$ posle prethodnog kalenja ili posle deformacije u hladnom stanju. Kaljene alatke se otpuštaju radi izjednačenja napona, i to nelegirani čelici na 100 do 350°, brzorezni čelici do na oko 550°. Otpuštanje kod konstruktivnih čelika, v. oplemenjivanje.

**Oplemenjivanje**: Kaljenje posle čega se obavlja otpuštanje na tako visokim temperaturama, da nastaje bitno povećavanje žilavosti, naročito kod konstruktivnih čelika. Otpuštanje se vrši na temperaturama od oko 450 do 650°.

**Površinsko kaljenje:** Cementiranje. Da bi se dobile tvrde površine pri nepromenjenom mekom i žilavom jezgru, zagrevaju se nisko ugljenični nelegirani ili legirani čelici na temperaturu u blizini gornje tačke transformacije u sredstvima koja daju ugljenik. Površinske zone pri tome primaju ugljenik, dubina pougljenih zona zavisi od temperature, vremena i dodatog sredstva. Pri daljem naglom hlađenju kale se mnogo jače spoljne zone, bogate ugljenikom, od jezgra siromašnog ugljenikom.

Nitriranje: Naročito legirani čelici (v. tabl. 7) obrazuju pri dužem žarenju u struji amonijaka na 550° i daljem hlađenju u peći površinski sloj nitrita izvanredno velike tvrdoće. Nije potrebno naglo hlađenje, usled toga se ne pojavljuju zaostali naponi niti deformacije.

## f) Vrste tehničkog čelika

1. Kao čelik za **velike čelične konstrukcije** (mostove, hale, brodove itd.) dolazi uglavnom u obzir St 37 prema DIN 1611, 1612 i 1621, delom sa dodatkom bakra zbog smanjivanja brzine rđanja. U manjoj meri se upotrebljavaju nešto tvrđi ugljenični čelici do najmanje jačine od oko 50 kg/mm², za zakivke St 34.13. U sve većoj meri se upotrebljava St 52, slabo legiran čelik sa granicom velikih izduženja od najmanje 36 kg/mm², jačinom pri kidanju 52 do 62 kg/mm² i izduženjem 20%. Hemiski sastav i svojstva jačine, v.tabl. 6; primenjuje se većinom u valjanom stanju; limovi i široko trakasto, profilisano gvožđe i druga gvožđa većih dimenzija većinom su žareni.

**Tablica 6. Sastav i svojstva jačine St 52**

Najviši sadržaj u %

| C | Si | Mn | Cu | P | S | Σ (P+S) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,20 | 0,50 | 1,20 | 0,55 | 0,060 | 0,060 | 0,100 |

Uz to su dozvoljeni i dodaci od:
0,30% Mn ili 0,40% Cr ili 0,20% Mo.

Najmanje vrednosti svojstava jačine

$\sigma_F$ = granica velikih izduženja
$\sigma_B$ = jačina pri kidanju
$\sigma_{10}$ = izduženje

| Debljina u mm | $\sigma_F$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | δ poduž. | δ poprič. | Previjanje DIN 1605. poduž | Previjanje DIN 1605. popr. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| do 18 | 36 | 52—62 | 20 | 18 | 2 $a$ | 2 $a$ |
| 18,1—30 | 35 | 52—62 | 19 | 17 | 2 $a$ | 3 $a$ |
| 30,1—50 | 34 | 52—62 | 18 | 16 | 2 $a$ | 3 $a$ |
| 50,1—80 | 33 | 52—62 | 18 | 16 | 2 $a$ | 3 $a$ |

2. **Mašinski konstruktivni čelici.** Kao nelegirani mašinski čelici (žareni, oplemenjeni ili posle cementiranja) upotrebljavaju se čelici prema DIN 1611 i 1661. Kao legirani mašinski konstruktivni čelici ranije su se upotrebljavali čelici prema DIN 1662 (nikal- i hromnikal-čelik) sada prema DIN prethodnom standardu 1663 (hrom- i molibdenhrom-čelik). Vrednost jačine, v. tabl. 4 do 9, str. 922. i dalje. O nekim drugim čelicima, naročito i više legiranim, v. tabl. 7.

## Tablica 7. Legirani konstruktivni čelici

*C* = cementiranje; *O* = oplemenjivanje; *K* = kaljenje; *U* = kaljenje u ulju; *N* = kaljenje nitriranjem.
Tačka ispred brojeva u koloni »sastav« znači 0

| Vrsta čelika | Sastav % | Termička obrada | $\sigma_B$ kg/mm² | Naročita svojstva |
|---|---|---|---|---|
| Hrom-nikal-čelik | v. DIN 1662 | *C* i *O* | v. DIN 1662 | [1] |
| Hrom-molibden čelik | v. DIN 1663 | *C* i *O* | v. DIN 1663 | |
| Mangan-silicijum-čelik | C .4/.5 Si 1/1,5 Mn 1/1,5 | *O* i | 80–90 | Dobra trenjska podobnost[2] |
| | .4/.5 1/1,5 1/1,5 | *K* | 130–150 | Dobra žilavost[3] |
| Nikal-čelik | C .1/.2 Mn .5/.6 Ni 1/.3/.5 | *C* | | [4] |
| | .1/.2 .5/.6 1/.3/.5 | *O* | | [5] |
| | .2/.35 .5/.6 1/.3/.5 | *O* | 65–85 | [6] |
| Hrom-čelik | C .15/.2 Mn .5/.6 Cr 1 | *C* | Jezgro 70–80, površina oko 100 Shore | Velika tvrdoća površine i jačine jezgra[7] |
| | .3/.5 .5/.6 1/2,0 | *O* | 80–95 | Dobra žilavost[8] |
| | .1/.2 13/17 | *O* | | Ne rđa[9] |
| Hrom-molidben-čelik | C .3/.5 Mn .5 Cr 1/1,5 Mo .2/.3 | *O* | 80–100 | Dobro oplemenjivanje skroz, velika postojanost prema otpuštanju[10] |
| | .15 .2 .3/.5 | žaren | 50 | Velika trajna jačina[11] |
| | .3/.5 .5 1/1,5 .2/.5 | *U* | 150–170 | Najveća otpornost prema abanju[12] |
| Hrom-vanadijum čelik | C .3/.5 Mn .6 Cr 1 V .2 | *O* i | 80–100 | [13] |
| | .3/.5 .6 1 .2 | *K* | 130–150 | Dobra tvrdoća[14] |
| Nitrirani čelik | Al .3/.4 .5 1–1,5 1,0 (odnosno nikal ili molibden) | *N* | 60–130 | Najveća tvrdoća površine, i na temper. do 500° vrlo žilavo jezgro[15] |
| Čelik koji ne rđa V 2 A-grupa | Ni .1/.2 18–20 7/9 | | 70–80 | Najveća postojanost prema rđanju i kiselinama[16] |

Napomena od [1]) do [16]) v. na str. 1018.

**Tablica 7. Legirani konstruktivni čelici** (nastavak)

| Vrsta čelika | Sastav % | Termička obrada | $\sigma_B$ kg/mm² | Naročita svojstva |
|---|---|---|---|---|
| Čelici postojani na visokoj temperaturi | C .1 .1 .12 .1 | Cr .5 Si 6,5 .9 Al 23 1 Si 2 Al 25 20 Ni 1 Si 20—30 5-9 Al | *O* | 45—55<br>60<br>55 | Postojan na toploti do 800°<br>„ „ 1200° [17]<br>„ „ 1300° |
| Mangan-tvrdi-čelik | C 1/1,4 | M 12/15 Si <0,35 | *K* | 90—110 | Najveća otpornost prema abanju |

**Uz tablicu 7. — Primena:** [1]) Za konstruktivne delove automobila i aeroplana. — [2]) Za srednje napregnute delove konstrukcija. — [3]) Opruge. — [4]) Točkovi za lance beskrajni zavrtnji upravljača, osovinice menjača. — [5]) Lopatice turbina, rukavci osovina. — [6]) Prednje osovine, ekscentar vratila, delovi zglobova. — [7]) Za vratila, čepove, kalibre. — [8]) Za cilindere, osovine i poluge upravljača. — [9]) Lopatice turbina. — [10]) Kardanske osovine, radilice i druge delove konstrukcija. — [11]) Za povišene temperature do 500°. — [12]) Za zupčanike menjača, rukavce. — [13]) Za vratila, opruge i druge delove konstrukcija. — [14]) Za opruge. — [15]) Za sve delove konstrukcija koji su izloženi jakom abanju, no bez napre-zanja udarom. — [16]) Za sve delove koji treba da budu postojani prema koroziji i kiselinama. — [17]) Za cevi, roštilje, sudove za cementiranje, mufle itd.

Sem toga, postoji čitav niz konstruktivnih čelika, koji su kombinacije vrsta navedenih u gornjoj tablici. Oni se tada proizvode za specijalne slučajeve.

**3. Celici za proizvođače pare i za hemisku industriju.** Kao specijalan zahtev postavlja se većinom velika otpornost prema

**Tablica 9. Sastav u % i svojstva**

| Vrsta materijala | C | Cr | W | Co | Mo | Ostatak |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Hrom-čelik za magnete . . . . . | 0,9—1,2 | 1,8—5,0 | — | — | — | |
| Volfram-čelik za magnete . . . . | 0,7—0,8 | 0—1,0 | 5—6 | — | — | |
| Kobalt-čelik za magnete sa Cr-Co-Mo | 0,9—1,2 | 8—11 | — | 6—17 | 1—2 | |
| Kobalt-čelik za magnete sa Co-W-Cr | 0,8—1,0 | 1,5—6,0 | 5—9 | 30—36 | 0—1 | |
| Gvožđe-kobalt-volfram-čelik . . . | max 0,03 | — | 16—22 | 8—16 | — | |
| Gvožđe-kobalt-molibden-čelik . . | max 0,03 | — | — | 9—16 | 13—18 | |
| Gvožđe-nikal aluminijum-legura | mogućno 0 max 0,03 | — | — | — | — | |
| Gvožđe-nikal-aluminijum-kobalt-legura . . . . . | mogućno 0 max 0,003 | — | — | 5—10 | — | |
| Gvožđe-nikal-kobalt-titan-legura | mogućno 0 max 0,03 | — | — | 28—35 | — | |

[1]) Prema Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, 2 izd. $B_r$ = remanenca,

visokoj temperaturi, otpornost prema puzanju (trajna jačina) i često otpornost prema određenim hemiskim uticajima. Velika toplotna izdržljivost se postiže naročito dodacima vanadijuma ili molibdena, osim toga još i dodacima hroma ili volframa. O toplotnoj izdržljivosti koja se može postići na raznim temperaturama, v. tabl. 8, zatim tabl. 11 i 12, str. 926. Od čelika za hemisku industriju najvažniji su čelici koji ne rđaju (v. tabl. 7). Protiv napada zbijenog vodonika na višim temperaturama treba upotrebiti čelike legirane sa molibdenom.

**Tablica 8. Konstruktivni čelici postojani na visokoj temperaturi**

Sastav u %. $\sigma_D$ = trajna jačina u kg/mm²

| C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | V | $\sigma_D$ na 400° | $\sigma_D$ na 500° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10/0,15 | < 0,35 | 0,3/0,5 | — | — | 0,4/0,6 | — | 14 | 9 |
| 0,10/0,15 | < 0,35 | 0,3/0,5 | 0,8/1,0 | — | 0,4/0,6 | — | 18 | 15 |
| 0,10/0,15 | < 0,35 | 0,3/0,5 | 0,7/0,9 | 1,4/1,6 | 0,8/1,0 | — | 35 | 20 |
| 0,15/0,20 | 0,5 | 0,3/0,5 | 1,0/1,2 | — | 0,8/1,0 | 0,15/0,25 | 38 | 22 |
| 0,20/0,30 | < 0,35 | 0,5/0,7 | 0,8/1,0 | — | 1,1/1,2 | — | 42 | 28 |

**4. Čelici za elektrotehniku. Čelici za magnete.** Hrom- ili volfram-čelici u kaljenom stanju, visoko i mnogotsruko legirani čelici sa naročitom termičkom obradom i najzad za najviše zahteve visoko legirane legure za livenje (naročito sa Ni i Al), v. tabl. 9.

**Čelici za dinamo i transformatore.** Za postizanje magnetne mekoće (mali gubici u vatima) upotrebljava se čelik sa malim sadržajem C i 1% do 4% Si, v. tabl. 10, str. 1020.

**materijala za trajne magnete[1])**

**sačinjava Fe**

| Ni | Al | Ti | Magnetne karakteristike | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $B_r$ | $H_c$ | $10^{-3} B_r H_c$ [2]) | $10^{-3}$ max $BH^2$) |
| — | — | — | 9500—10500 | 75— 60 | 645 | 260 |
| — | — | — | 9500—11000 | 70— 60 | 670 | 300 |
| — | — | — | 7000— 9500 | 200—140 | 1250—1500 | 450—650 |
| — | — | — | 8000— 9000 | 250—200 | 1900 | 900 |
| — | — | — | 9500—12000 | 160— 75 | 600—1500 | 350—700 |
| — | — | — | 9500—12000 | 300—175 | 1750—2500 | 850—1200 |
| 24—32 | 9—15 | 0—1 | 6000— 7000 | 550—450 | 3300 | 1250 |
| 24—30 | 9—15 | (Cu) 4—6 | 5800— 7000 | 700—500 | 4000 | 1400 |
| 15—20 | 0—8 | (Ti) 6—12 | 5800— 7000 | 900—700 | 5000 | 1750 |

$H_c$ = koercitivna sila, $BH$ = proizvod remanence i koercitivne sile. — [2]) Srednje vrednosti.

**5. Alatni čelici.** Nelegirani alatni čelici, v. tabl. 11. Kod slabo legiranih čelika kao elementi za legiranje dolaze u obzir prvenstveno hrom i volfram. Brzorezni čelici su visoko legirani čelici. Legirani alatni čelici, v. tabl. 12, str. 1022.

**Tablica 10. Sastav, gubici i podobnost magnetisanja limova (0,5 mm debljine) za dinamo prema DIN 6400[1])**

| Vrsta | | Normalni limovi za dinamo (dinamo A) | Slabo legirani limovi (dinamo B) | Srednje jako legirani limovi (dinamo C) | Visoko legirani limovi (limovi za transformat.) |
|---|---|---|---|---|---|
| Sastav u % | C najviše | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,08 |
| | Si | 0,4—0,8 | 0,6—1,2 | 1,8—2,3 | 3,6—4,2 |
| | Mn | 0,20—0,35 | 0,20—0,35 | 0,20—0,35 | 0,10—0,20 |
| | P najviše | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,025 |
| | S najviše | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,025 |
| Najviše dozvoljeni gubici u W | $V_{10}$ | 3,6 | 3,0 | 2,3 | 1,7 |
| | $V_{15}$ | 8,6 | 7,4 | 5,6 | 4,0 |
| Magnetna indukcija (najmanje vrednosti) | $B_{25}$ | 15 300 | 15 000 | 14 700 | 14 300 |
| | $B_{50}$ | 16 300 | 16 000 | 15 700 | 15 500 |
| | $B_{100}$ | 17 300 | 17 100 | 16 900 | 16 500 |
| | $B_{300}$ | 19 800 | 19 500 | 19 300 | 18 500 |
| Starenje u % (Najviše dozvoljeni priraštaji gubitaka) | | 9 | 7,5 | 6,5 | 5 |

[1]) Prema Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, 2 izd.

**Tablica 11. Nelegirani alatni čelici [1])**

| Sadržaj C u % | Primena |
|---|---|
| | Čelici sa 0,4 — 0,8% Mn |
| 0,35—0,45 | Srpovi, makaze, vile, raonici, svrdla za bušenje tla. |
| 0,45—0,55 | Čekići, kose, makaze, noževi, čelik za zavarivanje, vile za dubrenje, raonici. |
| 0,55—0,75 | Čekići, maljevi, listovi testera, fine burgije, alatke za obradu drveta, pečati za obeležavanje. |
| 0,75—1,10 | Sipke, mašine za šišanje, noževi za brijanje, valjci. |
| | Čelici sa 0,15 — 0,30% Mn |
| 0,55—0,75 | Čekići, matrice, kose, čelik za zavarivanje, hirurški instrumenti, noževi za ljuštenje trupaca. |
| 0,75—0,95 | Noževi za ljuštenje trupaca, čekići, kose, čekići za zakivke, matrice za utiskivanje. |
| 0,95—1,05 | Burgije za kamen, matrice za sečenje, matrice za isecanje rupa. |
| 1,05—1,20 | Raznovrsne alatke za rezanje i utiskivanje, matrice, matrice za isecanje rupa, matrice za izradu novca, alatke za presovanje. |
| 1,20—1,50 | Noževi za brijanje, burgije za stene, glodala. |
| 1,50—3,00 | Matrice za izvlačenje. |

[1]) Prema Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, 2 izd.

## g) Podaci o nekim proizvodima[1])

Skale za dimenzije žice i lima, tabl. 5. str. 991.

Valjani čelik, profilisani čelik, šipkasti čelik, pljosnati čelik, kao što su: okrugli čelik, kvadratni čelik, četvorougli čelik, ravnokraki i raznokraki ugaonici, unutra zaobljeni ili oštri, T-gvožđe, I-gvođe, Z-gvožđe, kvadrant gvožđe, gvožđe za patose, gvožđe za ograde, »Wulst«-gvožđe; šestougaono, poluokruglo, ovalno gvožđe, gvožđe za prečke za prozore, gvožđe za preklop za prozore i vrata gvožđe za štapove za rešetke, gvožđe za eksere (ekseri za šine), gvožđe za obruče za gvozdenu burad itd.

Propisi o jačini, ispitivanju i preuzimanju kao i dozvoljena otstupanja, v. DIN 1620, a za gvožđe za zavrtnjeve i zakivke, v. DIN 1613.

I-nosači sa širokim nožicama za stubove i (kod ograničenih konstruktivnih visina) za nosače. Cevi od livenog gvožđa ili čelika, v. XX poglavlje, standardizovani trgovački proizvodi, i Stoffhütte, 2 izd., str. 293.

Trakasti čelik. Tanak, pljosnat čelik valjan u toplom i hladnom stanju na tačnu debljinu, ispod 5 mm debljine i do 500 mm širine, prodaje se u većim dužinama namotan u veze (ne u šipkama).

Žica od čelika različite tvrdoće do oko 0,9% C, kružnog poprečnog preseka, (prečnici prema skali za žicu, str. 991), valja se u toplom stanju obično do 5 mm prečnika, a izvlači u hladnom stanju do manjih dimenzija. Težine žica, v. str. 989. Ako poprečni presek žice nije kružan nego polukružan, ovalan, kvadratan, uglast, zvezdast itd. žica se zove profilisana žica. Jačina pri kidanju kod žica izvučenih u hladnom stanju znatno se povećava deformacijom u hladnom stanju.

Ravni limovi (crni limovi) se valjaju iz platina i brama od čelika. Ispod 5 mm debljine zovu se srednji limovi, ispod 3 mm tanki limovi, od 5 mm i preko toga grubi limovi (DIN 1620). Prema svrsi upotrebe grubi se limovi dele na limove za kotlove (ležišta i omotače), za brodove, za lokomotive, za rezervoare, konstruktivne limove i specijalne limove. — Debljine, veličine, otstupanja u težini i u debljini, v. DIN 1542 i 1543. Propisi za materijale (konstruktivni limovi) v. DIN 1621.

Izbušeni limovi su tanki limovi sa kružnim, kvadratnim, pravouglim, trouglastim ili uskotrakastim rupama: mogu se dobiti u svim brojevima skale za tanke limove do 2,5 m širine i 6 m dužine, služe kao sita (DIN 1170) za raznovrsno prosejavanje. Okrugle rupe imaju prečnik od 0,5 do 100 mm. Ukrasni limovi su raznovrsno izbušeni limovi debljine od 0,75 do 2 mm; oni se upotrebljavaju za oblaganje ogrevnih tela i za ispunjavanje zidnih otvora. Svi izbušeni limovi se isporučuju i pocinkovani ili prevučeni olovom.

**Koritasti limovi** od točenog čelika, za mostovske kolovoze itd., slični manastirskim svodovima, sa strelom od $^1/_{10}$ do $^1/_{15}$ i unaokolo ravnim rubom od 40 do 80 mm širine za zakivanje za nosače, isporučuju se u svim dimenzijama (dužina strana od 500 do 1800 mm) u kvadratnom, pravouglom i trapeznom obliku, 5 do 10 mm debljine. Nosivost ploča određuje se probnim opterećivanjem. Pri izračunavanju težine može se u većini slučajeva zanemariti njihova krivina (vidi III knj., odeljak Mostovi).

**Udubljene ploče** od točenog čelika za mostovske kolovoze, slične plitkim svodovima (kapama) sa strelom od $^1/_8$ do $^1/_{12}$ i podužnim ravnim rubovima 60 do 80 mm širine za zakivanje (dužine = 500 do 3000 mm, širine = 500 do 2000 mm, u pravouglom osnovnom obliku pri debljini od 5 do 10 mm). Težinu treba odrediti iz poprečnog preseka i srednje dužine.

---

[1]) Vidi poglavlje XX, Standardizovani trgovački proizvodi, str. 1240 i dalje.

## Tablica 12. Legirani alatni čelici (sastav u %)

| Vrsta čelika | C | Si | Mn | Cr | W | V | Mo | Co | Svojstva | Kaljenje*) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mn - čelici | 1,0 | 0,3 | 1—1,5 | — | — | — | — | — | Pri termičkoj obradi samo malo vitoperenje [1] | v |
| Mn - čelici (tvrdi čelici) | 1,2 | 0,5 | 12,0 | — | — | — | — | — | Velika otpornost prema abanju. Velika žilavost [2] | v |
| Si - čelici | 0,8-1,0 | 1,0-1,5 | 0,5 | — | — | — | — | — | Alatke su vrlo tvrde, pri kaljenju se ne vitopere [3] | u |
| Cr-Si - čelici | 1,0 | 1,5 | 0,50 | 1,0 | — | — | — | — | Kaljeni imaju najveću tvrdoću, zadržavaju oštrinu reza, ne vitopere se [4] | u |
| Cr - čelici | 0,9-1,2 | 0,3 | 0,30 | 0,5-3,0 | — | — | — | — | Dobro se kale skroz. Velika žilavost [5] | u ili v |
| ,, ,, | 1,5-2,2 | 0,3 | 0,5 | 12,0 | — | — | — | — | Velika tvrdoća, velika otporn. prema abanju, ne vitopere se pri kaljenju na vazduhu [6] | vaz. il u |
| ,, ,, | 0,3-0,5 | 0,3 | 0,5 | 14—18 | — | — | — | — | Postojani prema koroziji, posle kaljenja su krti kao staklo, dobro zadržavaju oštrinu reza [7] | vaz. ili u |
| W - čelici | 1,0 | 0,3 | 0,3 | — | 1—2 | — | — | — | Dobro zadržavaju oštrinu reza. Velika tvrdoća [8] | v |
| ,, ,, | 0,6 | 0,3 | 0,3 | — | 5—6 | — | — | — | Dobra tvrd., dobra magnetna svojstva [9] | v |
| ,, ,, | 1,3-1,5 | 0,3 | 0,3 | — | 5—8 | — | — | — | Najveća tvrdoća [10] | v |
| Cr - W - čelici | 1,0 | 0,30 | 0,30 | 0,6-1,3 | 1—2 | — | — | — | Velika tvrdoća. Žilavost. Ne vitopere se [11] | u |
| ,, ,, ,, | 0,3 | 0,30 | 0,5 0,6 | 1,0 | 2—3 | — | — | — | Velika žilavost. Dobra tvrdoća [12] | v ili u |
| ,, ,, ,, | 0,3 | 0,25 | 0,30 | 3,0 | 8—10 | — | — | — | Velika jačina na višim temperaturama [13] | u ili vaz. |
| ,, ,, ,, | 1,5 | 0,25 | 0,30 | 10—12 | 1—2 | — | — | — | Velika jačina prema abanju. Ne vitopere se [14] | u ili vaz. |
| Brzorezni čelici | 0,65 | 0,3 | 0,3 | 3—4 | 16 | 0,2 | — | — | [15] | u ili vaz. |
| Brzorezni čelici | 0,70 | 0,3 | 0,3 | 4—4,5 | 18 | 1,0 | — | — | [16] | u ili vaz |
| ,, ,, | 0,80 | 0,3 | 0,3 | 4,5 | 2,2 | 1,2 | 8 | — | | u ili vaz |
| ,, ,, | 0,80 | 0,3 | 0,3 | 4,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | — | | u ili vaz. |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Brzorezni čelici | 0,75 | 0,3 | 0,3 | 4—5 | 22-24 | 1,5 | — | — | u ili vaz. |
| „ | 0,75 | 0,3 | 0,3 | 4—5 | 22-24 | 1,0 | 1,0 | — | u ili vaz. |
| „ | 0,75 | 0,3 | 0,3 | 4—5 | 18-20 | 1,0 | — | 10 | u ili vaz. |
| „ | 0,75 | 0,3 | 0,3 | 4—5 | 13 | 2,5 | — | — | u ili vaz. |
| „ | 0,75 | 0,3 | 0,3 | 4—5 | 25 | 1,5 | — | — | u ili vaz. |
| „ | 0,80 | 0,3 | 0,3 | 4—5 | 6 | 2,2 | 4,5 | — | u ili vaz. |

[17])

*) v = voda, u = ulje, vaz. = vazduh.

**Primena:** [1]) Vretena. — [2]) Delovi izloženi abanju: zavornji, šine, rubovi bagerskih kašika, delovi skretnica. — [3]) Glodala i provrtači. — [4]) Glodala, čelici za noževe za kružno i ravno rezanje, čelik za sečenje zavojnica, kalibri u obliku prstena i zavornji. — [5]) Valjci za valjanje, valjci za ležišta, kugle, alat za presovanje, čeljusti za kovanje, matrice za sečenje, magneti. — [6]) Matrice za izvlačenje, prstenovi za izvlačenje, noževi, matrice, matrice za sečenje, glave ventila. — [7]) Noževi, vretena, valjci za ležišta itd. — [8]) Provrtači, noževi za struganje, svrdla, alat za sečenje, matrice (pečati) za izvlačenje. — [9]) Magneti, matrice. — [10]) Brazdasti čelik, alati za obradu veštačkih materija, matrice, pečati. — [11]) Svrdla sa sprežnjakom, češljevi za zavojnice, čelik za sečenje zavojnica, alat za sečenje zavojnica, kalibri u obliku zavornja i prstena. — [12]) Alatke za obradu udarom u hladnom stanju, dleta za rad komprimovanim vazduhom, čekići za zakivke, matrice za isecanje rupa u hladnom stanju. — [13]) Alat za presovanje u topl om stanju, probojci, matrice čeljusti, pečati itd. — [14]) Alat za čišćenje, matrice za sečenje, pečati. — [15]) Poglavito za svrdla i noževe za strug slabije napregnute. — [16]) Najviše upotrebljen čelik za ravno i kružno rezanje za glodala i svrdla. — [17]) Visoko kvalitetni čelici (Spitzenstähle) za najviša naprezanja.

**Brazdasti limovi.** Ploče imaju sa jedne strane 1,5 do 3 mm visoka, 4 do 5 mm široka pravoliniski poređana uzvišenja (grebene), koji imaju oblik romba (odnos dijagonala okruglo 20 : 30 mm). Oni se valjaju u težinama do 450 kg, do 1350 mm širine i od 4 do 25 mm debljine (bez grebena). Upotrebljavaju se za raznovrsne kolovoze, podove i pokrivanja svake vrste, na pr., za ploče za patose (naročito u brodogradnji, za podove u topionicama i u rudarstvu), za stepenice, za pokrivanje kanala, za pešačke staze na mostovima itd. — »Waffel«-limovi debljine od 1,5 do 5 mm mogu se upotrebiti kao i brazdasti limovi. Slično važi i za bradavičaste limove.

**Limovi sa metalnim prevlakama.** Za mnoge svrhe izrađuje se na tankim limovima metalna prevlaka od kalaja, cinka, olova, bakra, kobalta i nikla, koja teško oksiduje, i to po toplom postupku ili galvanskim putem. Osim toga se čelični limovi platiraju bakrom, niklom, čelikom koji ne rđa itd., nanoseći valjanjem tanke slojeve tih metala. Prevlaka mora da pokriva lim potpuno i jednoliko i mora dobro da prijanja. Vidi Stoffhütte, 2 izd. str. 292.

**Beli limovi** su kvalitetni, luženi i zatim jako kalajisani limovi od točenog čelika; oni se mogu dobiti u trgovini kao:

I. »Kreuz limovi «530×760 mm² u debljinama 0,2 do 2 mm,

II. »Pontonski limovi« 650×870 mm² u debljinama 0,42 do 1,45 mm.

III. »Limovi velikog formata« 1000×2000 mm² u debljinama 0,45 do 2,5 mm.

Beli lim u obliku traka isporučuje se do širine od 400 do 500 mm.

**Pocinkovani i olovom prevučeni gvozdeni limovi** izrađuju se u svim debljinama i veličinama, tankog lima; za tablu 1 m² veličine i za prevlaku s obe strane lima treba utrošiti 0,5 kg olova ili 0,4 do 0,6 kg cinka.

**Limovi prevučeni bakarnom prevlakom** (galvanski) sa jedne ili sa obe strane. Težina prevlake iznosi 5 do 10% težine gvožđa. Table imaju dužinu do 1 m i širinu do 0,6 m.

**Platirani limovi.** Na jednoj ili na obe strane gvozdenog lima zavare se tanki limovi od bakra, nikla, čelika koji ne rđa, mesinga, tombaka, ili srebra, i sve se to izvalja. Prevlaka iznosi 3 do 25% celokupne debljine

**Talasasti limovi.** Poprečni preseci, momenti inercije i otporni momenti za širinu jednog talasa, v. tabl. 15, str. 1261. Talasasti limovi se upotrebljavaju crni, premazani ili prevučeni olovom, ali većinom pocinkovani. Pocinkovani talasasti limovi su za 1 kg po $m^2$ teži nego crni limovi debljine po tablici. Plitki talasasti limovi i visoki talasasti limovi isporučuju se i u obliku savijenih tabli. Uslovi isporuke: Deutsche Wellblechnormalprofile des VDEh, izd. 1930.

**Materijali za železnice.** Podrobnije v. III. knj. odeljak Železnice.

**Zakivci i zavrtnji.** Dimenzije i proračunavanje, v. II. knj. odeljak Mašinski delovi. — Približno određivanje težine zavrtnja sa navrtkom (bez podmetača) i kvadratnom glavom: ukupnoj dužini zavrtnja (u koju ulazi i visina glave) dodati četvorostruku dužinu prečnika tela zavrtnja; sa ovom dužinom u m i težinom dotičnog okruglog gvožđa u kg/m (str. 1244) izračunati traženu težinu.

Primer: Zavrtanj za ankerovanje u temelj 1,5 m celokupne dužine i 30 mm debljine tela zavrtnja (težina okruglog gvožđa prema str. 1244 jednaka je 5,55 kg/m) teži sa navrtkom i kvadratnom glavom:

$$(1{,}50 + 4 \cdot 0{,}03)\, 5{,}55 = 8{,}99 \text{ kg}.$$

**Užad od čelične žice i lanci.** Podrobnije str. 1295 i II knj., odeljci Mašinski delovi i Tehnika transporta.

**Ekseri** se izrađuju pomoću mašina iz žice ili iz lima, ili se kuju u vrućem stanju rukom iz četvorouglog šipkastog gvožđa. Žičani ekseri, dužine 5 do 250 mm i debljine 0,5 do 10 mm, izrađuju se pomoću mašina iz gvozdene žice tvrdo izvučene, nežarene, većinom okrugle (takođe iz četvorougle ili trouglaste žice). Sečeni ekseri seku se pomoću mašina iz klinastog lima u hladnom stanju (bez otpatka), a zatim se presovanjem u hladnom stanju izrade glave; imaju duguljast pravougaoni poprečni presek, rez je umereno tup, završava se klinasto. Ekseri za daske, za letve i za talpe izrađuju se u dužini od 70 do 130 mm, za drvo debljine 3 do 8 cm; ekseri za mlinove, brodove i letve isporučuju se u dužini do 500 mm.

# IV. Obojeni metali

## A. Laki metali i legure

Obradio prof. Dr. phil. Masing, Göttingen i K. Miething, Göttingen

### a) Aluminijum (Al) [1])

**1. Opšte.** Kao polazni materijali za dobivanje Al preovlađuju boksiti. Proizvodnja: 1. Dobivanje čistog $Al_2O_3$, glinice iz boksita hemiskim postupkom, 2. Odvajanje metala iz glinice elektrolizom rastopa (vidi Stoffhütte, 2 izd. str. 360).

[1]) **Literatura.** — Zeerleder: Technologie des Aluminiums, 3. izd., Leipzig 1938, Akad. Verlagsges. — Sachs: Praktische Metallkunde, 1. do 3 deo. Berlin, VDI-Verlag. — Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle, izdala »Deutsche Ges. f. Metallk«, Berlin 1936, VDI-Veralg. — Aluminium-Taschenbuch, 8 izd. Berlin 1938, Aluminium-Zentrale. — Stoffhütte, 2 izd. 1937, str. 359 i dalje.

Časopisi. — Aluminium, Berlin, Aluminium-Zentrale. — Metallwirtschaft, Berlin. — Zeitschrift f. Metallk, Berlin.

**Trgovačke marke,** v. tabl. 1. Za naročite svrhe se sada proizvodi najčistiji aluminijum sa stepenom čistoće od oko 99,99%.

**2. Svojstva** (fizička, tehnološka i hemiska), v. tabl. 2 i 3, uporedi i tabl. 23, str. 931. Električna provodljivost u velikoj meri zavisi od sastava i toplotne obrade. Provodljivost smanjuje pre svega stvaranje mešovitih kristala sa Si. Vredna je zapažanja dobra žilavost na zarez aluminijuma i njegovih legura na niskim temperaturama.

**Tablica 1. Čist aluminijum kao poluproizvod** (prema DIN 1712)
**(limovi, trake, pruge, cevi, profili, presovani delovi, žice)**

| Čist aluminijum | Oznaka[1]) | Dozvoljene primese %[2]) ≦ | od toga Si+Fe < | od toga Ti < | od toga Cu+Zn ≦ | Primena |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 99,7 | Al 99,7 | 0,3 | 0,3 | 0,03 | 0,03 | Hemijska industrija; naročito veliki zahtevi |
| 99,5 | Al 99,5 | 0,5 | 0,5 | 0,05 | 0,05 | Hemijska industrija; elektrotehnika brodogradnja |
| 99 | Al 99 | 1 | 1 | 0,03 | 0,1 | Opšte svrhe |
| 98/99 | Al 98/99 | 2 | 2 | 0,05 | 0,1 | Opšte svrhe |

[1]) Za Al 99,7, Al 99,5 i Al 99, v. i čist aluminijum H (metalurški), DIN 1712, list 1. Za Al 99,5, Al 99 i Al 98/99, v. i čist aluminijum U (pretopljen), DIN 1712, list 2.

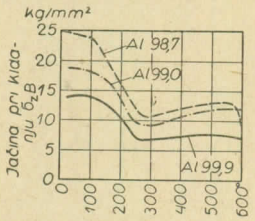
[2]) Ostale primese Al 99,7, 99,5 i 99 kreću se granicama uobičajenim u trgovini; kod Al 98/99 (osim Mn) one iznose najviše 0,1.

**Tablica 2. Fizička svojstva**
Ukoliko nisu navedena u tabl. 2 str. 988 i u tabl. 4. str. 611

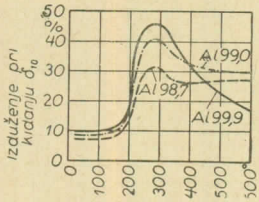
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Koeficijent linearnog toplotnog izduženja puta $10^{-6}$ | na 0° | 22,5 | Električna provodljivost | m/Ω mm² |
| | na 200° | 26,5 | Al-žica 99,97 | 37,5 |
| | na 400° | 30 | Al liven | 33 |
| | na 600° | 31 | Al tvrd | 35—35,5 |
| Modul klizanja [kg/mm²] | | 2700 | Al meko žaren na 300° | 36—36,5 |
| Podobnost reflektovanja bele svetlosti: | | | Al meko žaren na 500° | 34—35 |
| sjajno valjan [%] | | 85 | Al za provodnike (otvrdnut valjanjem) | 34,8 |
| tamno bajcovan ili strugan [%] | | 75 | Al za provodnike (meko žaren) | 36,2 |

Hemiska postojanost aluminijuma, uslovljena jakom po površini obrazovanom oksidnom opnom, raste sa stepenom čistoće, a jačina opada, sl. 1 i 2. Heterogenim primesama ometa se ravnomerno obrazovanje zaštitnog sloja.

**3. Legure aluminijuma.** Veliki broj legura za livenje i za obradu deformacijom sređen je po DIN 1713 (septembar 1937) u vrste (tabl. 4 i 5). Za legure za klipove nije još završeno standardizovanje (tablica 6). O legurama za livenje brizganjem v. tabl. 3, str. 1004. Fizička i tehnička svojstva, v. i poglavlje: postupci livenja str. 995, i tablice: Koeficijenti elastičnosti i jačine (čvrstoće) lakih metala na str. 929 i dalje.




Sl. 1




Sl. 2

Jačina pri kidanju i izduženje pri kidanju za aluminijum različitog stepena čistoće, izvučenog sa 5 na 0,97 mm prečnika (=96,2% smanjenje preseka), i 1/2 h žarenog na raznim temperaturama. Iznad 250° naglo hlađen u vodi. (Werkstoff-handbuch Nichteisenmetalle prema R ö h r i n g-u).

**Tablica 3.**
**Vrednosti jačine čistog aluminijuma (99,5%)**

| | Liven | Otvrdnut valjanjem[1]) | Meko žaren[1]) |
|---|---|---|---|
| Jačina pri kidanju [kg/mm²] | 9—12 | 15—28 | 7—11 |
| Granica velikih izduženja [kg/mm²] | 3—4 | 14—20 | 2,5—3,5 |
| Izduženje pri kidanju [%] | 18—25 | 2—8 | 30—45 |
| Kontrakcija . . . . . % | 40—55 | 60—85 | 80—95 |
| Tvrdoća po Brinell-u $P = 2{,}5\ D^2$ . . . [kg/mm²] | 24—32 | 35—40 | 15—25 |
| Jačina pri smicanju [kg/mm²] | 7—8 | 7—10 | 4—7 |
| Proba dubokog izvlačenja po Erichsen-u za debljinu lima od | 0,5 [mm] | | 9,0 [mm] |
| | 1,0 „ | | 10,4 „ |
| | 1,5 „ | | 11,4 „ |
| | 2,0 „ | | 12,5 „ |

[1]) podrazumevajući i žicu

**4. Obrada.** K a l j e n j e. Teorijski osnovi kaljenja, v. i Stoffhütte, str. 123. Drugi i treći metali, dodati radi legiranja aluminijumu, mogu se na visokim temperaturama ugraditi u njegovu rešetku uz stvaranje mešovitih kristala. Sa opadanjem temperature, međutim, opada podobnost rastvaranja; sporim hlađenjem izdvajaju se iz Al-mešovitih kristala kao druga ili treća vrsta kristala. Naglim hlađenjem mogu se dobiti mešoviti kristali i na običnoj temperaturi. Ležanje ili otpuštanje na niskim temperaturama prouzrokuje tada pojave raspadanja (stvaranje klica, pregrupisanje atoma), koje su vezane za intenzivno kaljenje.

Prvi deo obrade kaljenjem je za sve vrste legura isti: žarenje na određenim visokim temperaturama i brzo hlađenje (na pr., naglo hlađenje u vodi). Legure vrste Al-Cu-Mg kale se zatim ležanjem. Legure bez Mg treba otpustiti na oko 120—170°. Kaljenje se delomično može povecati naknadnim valjanjem.

## Tablica 4. Legure aluminijuma za obradu deformacijom

Izvod iz DIN 1713 (septembar 1937)[1])

Stanje: 1 — meko, 2 — polutvrdo, 3 — tvrdo, 4 — kaljeno, 5 — kaljeno i prema potrebi naknadno postupano, 6 — kaljeno i ojačano u hladnom stanju, 7 — naglo hlađeno i prema potrebi naknadno postupano

| Vrsta i oznaka | Sastav u % Ostatak Al | Stanje | Tvrdoća po Brinell-u ($P=10D^2$) kg/mm² | Karakteristična svojstva | Uputstva za primenu |
|---|---|---|---|---|---|
| Al Cu-Mg | 3,5—5,5 Cu<br>0,2—2,0 Mg<br>0,2—1,5 Si<br>0,1—1,5 Mn | 1<br>5<br>6 | 40—60<br>90—410<br>120—150 | Podobnost kaljenja, velika jačina | Delovi izloženi mehanički visokom naprezanju |
| Al-Cu-Ni | 3,8—4,2 Cu<br>1,2—2,2 Ni<br>1,3—1,6 Mg | 1<br>4 | 40—60<br>100-120 | Podobnost kaljenja, otpornost prema toploti | Prvenstveno za kovane delove otporne prema toploti (200—300°) i izložene visokom naprezanju |
| Al-Cu | 4,5—6,0 Cu<br>0,4—0,6 Mn<br>0,2—0,5 Si | 1<br>7<br>5<br>6 | 50—60<br>70—90<br>100—120<br>120—140 | Podobnost kaljenja, velika jačina | Delovi izloženi mehanički visokom naprezanju |
| Al-Mg-Si | 0,3—2,0 Mg<br>0,3—1,5 Si<br>0,0—1,5 Mn | 1<br>7<br>5<br>6 | 30—40<br>50—70<br>60—100<br>100—120 | Podobnost kaljenja, srednja jačina i dobra podobnost deformacije, dobra podobnost glačanja, dobra otpornost prema koroziji | Delovi dobre mehaničke i hemiske otpornosti |
| Al-Mg 3 | 2,5—4 Mg<br>0—1,5 Mn | 1<br>2 | 50—60<br>55—65 | Velika jačina, vrlo dobra hemiska postojanost prema morskoj vodi i jakim alkalnim rastvorima, postojanija od čistog Al i ostalih legura Al. Dobra podobnost glačanja. Kad sadrži malo Mn podobna za eloksiranje | Delovi jako postojani prema morskoj vodi i izloženi mehanički visokom naprezanju; veći sadržaj Mg uslovljava veću mehaničku jačinu |
| Al-Mg 5 | 4—6 Mg<br>0—1,2 Zn | 1<br>2 | 60—75<br>70—85 | | |
| Al-Mg 7 | 6—8 Mg | 1<br>2 | 70—85<br>90—105 | | |
| Al-Mg 9 | 8—10 Mg | 1<br>2 | 80—100<br>95—100 | | |
| Al-Mg-Mn | 2—2,5 Mg<br>1—2,0 Mn<br>0—0,2 Sb | 1<br>2<br>3 | 50—60<br>60—80<br>70—90 | Veća jačina nego kod čistog Al, hem. postojanost i otpornost prema morskoj vodi kao kod vrste Al-Mg | Umesto čistog Al, kada se želi velika otpornost prema deformaciji i velika hemiska postojanost |

[1]) Dalje vrednosti jačine v. tabl. 19, str. 929; tabl. 1, str. 998 i tabl. 2, str. 1002

**Tablica 4. Legure aluminijuma za obradu deformacijom** (nastavak)

| Vrsta i oznaka | Sastav u % Ostatak Al | Stanja | Tvrdoća po Brinellu ($P=10\,D^2$) kg/mm² | Karakteristična svojstva | Uputstva za primenu |
|---|---|---|---|---|---|
| Al—Si | 12—13,5 Si | 1<br>2<br>3 | 40—50<br>50—60<br>60—80 | Veća jačina nego kod čistog Al, dobra hem. postojanost i otpornost prema koroziji | Umesto čistog Al, kada se želi velika otpornost prema deformaciji |
| Al-Mn | 1—2 Mn | 1<br>2<br>3 | 20—40<br>40—50<br>50—60 | Veća jačina nego kod čistog Al, dobra otpornost prema koroziji | Umesto čistog Al, kada se želi velika otpornost prema deformaciji |

| Vrsta | Specifična težina kg/dm³ | Tačka topljenja ° | Toplotna provodljivost cal/cm s° | Koeficijent linearnog toplotnog širenja $\times 10^{-6}$ | Električna provodljivost m/Ω mm² | Temp. koef. električnog otpora $\times 10^{-3}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Al-Cu-Mg | 2,8 | 650 | 0,33—0,45 | 22—26,2 | 19—30 | 7,1—3,5 |
| Al-Cu-Ni | 2,8 | 640 | 0,36 | 22,10 | 20—21 | 2 |
| Al-Cu | 2,8 | 630—650 | 0,34 | 22,9—24,0 | 22—30 | oko 2,0 |
| Al-Mg-Si | 2,7—2,75 | 630—650 | 0,37—0,50 | 22—23 | 24—33 | 2,8—3,6 |
| Al-Mg | 2,59—2,67 | 580—630 | 0,22—0,35 | 20—27 | 13—18 | 1,8 |
| Al-Mg-Mn | 2,7 | 620—630 | 0,29—0,346 | 33—24 | 20—25 | 2,4 |
| Al-Si | 2,65 | 570 | 0,38 | 22 | 26 | 4 |
| Al-Mn | 2,7—2,75 | 640—650 | 0,29—0,38 | 22—23 | 19—28 | 2,1—3,1 |

Peći za termičku obradu. U upotrebi su električne peći i gasne peći; međutim, preporučuje se upotreba sonih kupatila (str. 615) i specijalna peć za tačno održavanje temperature pri kaljenju

**Spajanje.** Tvrdo lemljenje i zavarivanje: Oksidne opne se razaraju upotrebom topitelja. Plamenik za zavarivanje se često upotrebljava i za tvrdo lemljenje.

Kao lemovi služe legure sa 70 do 95% Al, sa tačkom topljenja od 540 do 620°.

Meko lemljenje: Lemovi se sastoje uglavnom iz teških metala, koji se tope na niskim temperaturama, i ne sadrže uopšte Al ili svega do 50% Al. Tačka topljenja leži između 180 i 500°. Oksidna opna se uklanja trljanjem istopljenog lema. Meko lemljena mesta imaju malu hemisku postojanost.

Zakivanje. Kako se pri zavarivanju i lemljenju neizbežno delom smanjuju dejstva kaljenja i kaljenja usled valjanja, to takve materijale treba uglavnom zakivati. Kod legura podobnih za kaljenje treba zakivke, obično, pre zakivanja naglo ohladiti. Oni moraju u toku narednih 4 sata da budu zakovani, u protivnom slučaju se mora ponoviti žarenje i naglo hlađenje.

## Tablica 5. Legure aluminijuma za livenje

Izvod iz DIN 1713 (septembar 1937)[1])

Stanje: Pk = kaljen liv iz peska, Ph = homogeniziran liv iz peska, Pn = neobrađen liv iz peska, Kk = kaljen liv iz kokila, Kh = homogeniziran liv iz kokila, Kn = neobrađen liv iz kokila

| Vrsta i oznaka | Sastav u % Ostatak Al | Stanje | Tvrdoća po Brinell-u ($P=5D^2$) kg/mm² | Karakteristična svojstva | Uputstvo za primenu |
|---|---|---|---|---|---|
| G Al Cu | 7—9 (15) Cu | Pn<br>Kn | 60—90<br>70—100 | Veća jačina nego kod čistog Al, dobra podobnost livenja, postojanost na toploti | Liveni delovi sa dobrom postojanošću na toploti |
| G Al-Zn-Cu | 8—12 Zn<br>2—5 Cu | Pn<br>Kn | 60—90<br>70—100 | Veća jačina nego kod čistog Al, dobra podobnost livenja | Liveni delovi svih vrsta, takođe i za naizmenično opterećenje, delovi motornih kola |
| G Al-Cu-Ni | 4 Cu<br>2 Ni<br>1,5 Mg | Pn<br>Pk<br>Kn<br>Kk | 80—95<br>100—115<br>85—100<br>100—120 | Podobnost kaljenja; otpornost prema toploti | Prvenstveno liveni delovi otporni prema toploti i izloženi visokom naprezanju |
| G Al-Si | 11—13,5 Si | Pn<br>Kn | 50—60<br>60—80 | Eutektične legure sa izvanrednim svojstvima livenja, dobra hemiska postojanost | Liveni komadi komplikovanog oblika i otporni prema udaru |
| G Al-Si-Cu | 11—13,5 Si<br>0,7—0,9 Cu<br>0,2—0,4 Mn | Pn<br>Kn | 50—60<br>60—80 | Eutektične legure sa izvanrednim svojstvima livenja | Liveni komadi komplikovanog oblika i otporni prema oscilatornom naprezanju |
| G Al-Si-Mg | 9—13,5 Si<br>0,4—0,6 Mn<br>0,1—0,5 Mg | Pk<br>Kk | 80—100<br>90—110 | Eutektične i podeutektične legure sa izvanrednim svojstvima livenja, sposobnost kaljenja, dobra hemiska postojanost | Liveni komadi komplikovanog oblika i otporni prema oscilatornom naprezanju |

[1]) Dalje vrednosti jačine, v. tabl. 20, str. 930, tabl. 1, str. 998 i tabl. 2, str. 1002.

## Tablica 5. Legure aluminijuma za livenje (nastavak)

| Vrsta i oznaka | Sastav u % | | Stanje | Tvrdoća po Brinell-u ($P=5D^2$) kg/mm² | Karakteristična svojstva | Uputstva za primenu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ostatak Al | | | | | |
| G Al-Mg(a) | 2—4 Mg<br>0—1,5 Mn<br>0—1 Sb<br>0—0,3 Ti | 0—1,5 Si | Pn<br>Pk<br>Kn<br>Kk | 40—60<br>80—90<br>50—60<br>80—99 | Podbonost kaljenja, vrlo dobra hemiska postojanost; prema morskoj vodi i slabim alkalnim rastvorima postojaniji od čistog Al i ostalih legura Al, dobra podobnost glačanja kad sadrže malo Mn podobna za eloksiranje | Delovi srednje jačine<br>Delovi velike jačine<br>Delovi srednje jačine<br>Delovi velike jačine i izduženja |
| G Al-Mg(b) | > 4—10 Mg | 0—0,6 Si | Pn<br>Pk<br>Kn<br>Kh | 50—70<br>60—70<br>70—85<br>75—85 | | Delovi izloženi naprezanju usled udara (dobra jačina i izduženje) |
| G Al-Mg(c) | 0—1,5 Mn<br>0—1 Sb<br>0—0,3 Ti | > 0,6 —1,5 Si | Pn<br>Ph<br>Pk<br>Kn<br>Kh<br>Kk | 55—80<br>55—65<br>80—90<br>60—80<br>60—65<br>80—90 | | Delovi nepropustljivi za tečnost (dobra jačina, dobra podobnost livenja) |
| G Al-Mg-Si | 2—5 Si<br>0,3—2 Mg<br>0—1,5 Mn<br>0—1 Sb<br>0—0,3 Ti | | Pn<br>Pk<br>Kn<br>Kk | 60—70<br>70—100<br>60—80<br>80—100 | Podeutektička legura sa dobrom podobnosti livenja, podobnost kaljenja, podobnost glačanja, dobra hemiska postojanost | Liveni komadi komplikovanog oblika izloženi visokom naprezanju |

| Vrsta | Specif. težina kg/mm³ | Područje topljenja i očvršćavanja ° | Temperatura livenja ° | Mera skupljanja[1]) % | Toplotna provodljivost cal/cm s° | Koef. lin. toplotnog izduženja $\times 10^{-6}$ | Električna provodljivost m/Ωmm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G Al-Cu | 2,85—2,9 | 640—544 | 700—720 | 1,25—1,40 | 0,34 | 24,6 | 20 |
| G Al-Zn-Cu | 2,9—2,95 | 630—530 | 680—700 | 1,35—1,50 | 0,315 | 24,0 | 19 |
| G Al-Cu-Ni | 2,8 | 640—550 | 710—780 | 1,0—1,25 | 0,36 | 22,0 | |
| G Al-Si | 2,65 | 570 | 700—800 | P 1,0—1,4<br>K 0,5—0,8 | 0,386 | 22,0 | 20—2 |
| G Al-Si-Cu | 2,65 | | 700—750 | 1,0—1,4 | 0,32 | 22,0 | |
| G Al-Si-Mg | 2,65 | 570 | 700—750 | 1,0—1,4 | 0,37 | 22,0 | |
| G Al-Mg | 2,6—2,63 | 630—520 | 680—750 | 1,0—1,4 | 0,34 | 20—24 | 17 |
| G Al-Mg-Si | 2,7 | 640—560 | 680—770 | 1,1—1,4 | 0,33—0,47 | 23 | |

[1]) Za normalne livene komade. — P = liv iz peska, K = liv iz kokila

Obrada rezanjem. Čist aluminijum prema DIN 1712 i legure Al prema DIN 1713 mogu se bez prigovora obrađivati na specijalnim mašinama sa dovoljno velikom brzinom rezanja. Podobnost legura Al za obradu zavisi i od hemiskog sastava. Za legure bogate silicijumom preporučuje se obrada tvrdim metalom.

Da bi se omogućila upotreba lakog metala umesto mesinga za automate, ostvarene su legure od lakih metala za automate, na bazi Al-Cu-Mg, Al-Mg-Si i Al-Mg. Za obradu mesinga mogu se upotrebiti mašine, uslovi rada su isti i celishodno je ako se to radi sa što većom brzinom rezanja.

**Površinska obrada.** Aluminijum i njegove legure mogu se glačati jako sjajno i mogu se premazivati bojom ili lakom.

Da bi se povećala otpornost prema koroziji, (str. 980), vrlo otporne legure vrste Al-Cu-Mg za hemiski velika naprezanja, platiraju se slojem čistog aluminijuma ili legurama aluminijuma bez bakra (v. str. 981 i Stoffhütte, str. 111). Anodnom oksidacijom (Eloksal - postupak, str. 986, i Stoffhütte, 2 izd. str. 115) dobije se zaštitni sloj najveće otpornvosti. Za aluminijum i legure aluminijuma bez bakra dobije se zaštita i hemiskom oksidacijom (MBV — postupak, v. str. 986 i Stoffhütte, 2 izd., str. 115).

**5. Trgovčaki proizvodi** (standardi) v. i str. 1264 i dalje.

**Limovi, trake i pruge od aluminijuma.** DIN 1788, limovi, trake i pruge od 5 mm debljine, valjani u hladnom stanju. Tehnički uslovi isporuke, propisi o mehaničkim i hemiskim svojstvima materijala. — DIN 1753, limovi od 0,2 do 5 mm debljine, valjani u hladnom stanju. Dimenzije, težine i način isporuke. — DIN 1763, trake i pruge od 0,1 do 4 mm debljine, valjane u hladnom stanju, opsečene za isecanje i izvlačenje.

**Pljosnat aluminijum, izvučen sa oštrim ivicama.** DIN 1769, dimenzije (širina × debljina): 5 × 2 do 50 × 20 mm. **Način isporuke:** šipke od 2 do 4 m.

**Pljosnat aluminijum, presovan, sa zaobljenim ivicama.** DIN 1770, dimenzije (širina × debljina): 60 × 3 do 120 × 20 mm. Način isporuke: šipke od 2 do 4 m.

**Ugaoni aluminijum, presovan, sa zaobljenim ivicama.** DIN 1771,

| | | |
|---|---|---|
| $a : b = 1 : 1$ | dimenzije: | $10 \times 10 \times 2$ do $60 \times 60 \times 6$ mm |
| $a : b = 2 : 3$ | „ | $15 \times 20 \times 2$ do $30 \times 45 \times 6$ mm |
| $a : b = 1 : 2$ | „ | $10 \times 20 \times 2$ do $25 \times 50 \times 5$ mm |

Način isporuke: šipke od 2 do 4 m.

**Cevi od aluminijuma, izvučene bez šava.** DIN 1794, spoljni prečnici 2 do 120 mm, debljine zida 0,4 do 5 mm. Način isporuke: u dužinama izrade od najmanje 2 m ili u utvrđenim dužinama. Prethodni standard 1789, Tehnički uslovi isporuke.

**Cevi od legura aluminijuma, izvučene bez šava.** DIN 1795, spoljni prečnici 2 do 120 mm, debljine zida 0,4 do 6 mm. Način isporuke: u dužinama izrade od najmanje 2 m ili u utvrđenim dužinama.

**Četvorostrane šipke od aluminijuma i legura aluminijuma, izvučene, sa oštrim ivicama** DIN 1796, otvor ključa od 4 do 30 mm. Način isporuke: šipke najmanje 2 m dužine.

**Šestostrane šipke, kao prethodne.** DIN 1797, otvor ključa od 3 do 50 mm. Način isporuke: šipke najmanje 2 m dužine.

**Okrugle šipke od aluminijuma i legura aluminijuma, izvučene** DIN 1798, prečnika 1 do 56 (60 do 100) mm. Način isporuke: šipke najmanje 2 m dužine.

**Okrugle šipke od aluminijuma i legura aluminijuma, presovane.** DIN 1799, prečnika 10 do 120 mm. Način isporuke: šipke od najmanje 2 m dužine.

DIN 1747, pune šipke od legura aluminijuma. DIN 1748, profilisane šipke od legura aluminijuma

## Tablica 6. Fizička i tehnička svoj

$\sigma_B$ = jačina pri kidanju, $\sigma_{0,2}$ = granica velikih izduženja, $\delta_{10}$ = izduženje
Kkpr = kaljen i presovan liv iz kokila, Kn = neobrađen liv iz kokila,
Lbrk = kaljen

| Imena legure | Sastav % Ostatak Al | Stanje | $\sigma_{0,2}$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_B \approx$ na 200° kg/mm² | $\sigma_B \approx$ na 300° kg/mm² |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Varirana američka legura | 9—16 Cu 0,5 Mg<br>0,5 Si<br>1-0,5 Fe | Kn | [2] | 15—18 | — | — |
| Nüral 122 | 9,5—10,2 Cu 0,15—0,35 Mg<br>0,8—1,5 Fe | Kn | — | 18—26 | — | — |
| Nelson-Bohnalite | 9—10 Cu 0,1—0,5 Mg<br>0,3 Si | Kn<br>Kk | 16 | 18<br>25—30 | 18 | 12,5 |
| Y | 3,5—4,5 Cu 1,8—2,3 Ni<br>< 0,6 Si 1,2—1,7 Mg<br>< 0,6 Fe | Kn<br>Kk<br>Kpr<br>Kkpr | 20<br><br>15,5 | 22<br>30<br>32<br>44 | 22 | 14 |
| R R 53 | 2,25 Cu 1,3 Ni<br>0,5 Si 1,6 Mg<br>1,40 Fe 0,1 T | Lbr<br>Lbrk | — | 24—29<br>30—35 | — | — |
| R R 59 | 2,25 Cu 1,3 Ni<br>0,5 Si 1,6 Mg<br>1,40 Fe 0,1 Ti | Kn<br>Kk<br>Kpr<br>Kkpr | —<br><br><br> | 20<br><br>30<br>40 | 20 | 13 |
| KS 1275<br>EC 124<br>Nüral 132 | 1 Cu 1—2,6 Ni<br>12,5—13 Si 1 Mg<br>0,8 Fe | Kn<br>Kk<br>Kpr | 14<br><br>12 | 19—21<br>27—30<br>23 | 18 | 10,5 |
| KS 245 | 4,5 Cu 1 Mn<br>14 Si 1,5 Ni<br>0,5 Fe 0,7 Mg | Kn<br>Kk<br>Kpr<br>Kkpr | 17,6<br><br><br> | 21<br>25<br>23<br>37 | 21 | 12,5 |
| Alusil | 1,5 Cu<br>20—22 Si<br>0,6 Fe | Kn | [2] | 15—20 | 15—18 | 10 |
| KS 280 | 1,5 Cu 0,5 Mg<br>20—22 Si 0,6 Mn<br>0,6 Fe 1,25 Co<br>1,5 Ni | Kn<br>Kk<br>Kpr<br>Kkpr | 18,5<br><br>16<br> | 19<br>22<br>21<br>29 | 18 | 14 |

[1]) V. i tabl. 2, str. 1002. — [2]) Neposredno ispod jačine pri kidanju. —

**stva legura aluminijuma za klipove** [1])

($l = 10\ d$), $H_B$ = tvrdoća po Brinell-u, Kk = kaljen liv iz kokila, Kpr = presovan liv iz kokila, Lbr = liv dobijen brizganjem, liv dobijen brizganjem

| $\delta_{10} \approx$ % | $H_B \approx$ kg/mm² | Spec. tež. kg/dm³ | Područje topljenja i očvršćavanja ° | Mera skupljanja % | Topl. provodljiv. cal/cm s° | Topl. izduž. 20—250° $\times 10^{-6}$ | Iznos habanja[3]) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,2 | 80—120 | 2,8—3,1 | 630—540 | — | 0,36—0,33 | 24—25 | 1,03 |
| 0,1—1,5 | 70—120 | 3,00 | 625—525 | 1,0 | 6,34 | 22,8 | — |
| 0,2—0,1 | 70—120 | 2,9 | 630—525 | 1,3 | 0,35 | 25 | 1,00 |
| 1,0<br>0,25<br>18,0<br>5—6 | 90<br>154<br>98<br>140 | 2,8 | 640—540 | 1,3 | 0,36 | 25 | 0,84 |
| 0,2<br>0,2 | 110—120<br>120—140 | 2,7 | 650—525 | — | 0,36 | 25 | — |
| 0,2<br><br>10—11<br>2—3 | 90—100<br>110—130<br>80—90<br>130—140 | 2,78 | 650—540 | — | 0,36 | 24,3 | — |
| 0,2—1,0 | 110<br>135 | 2,68 | 620—520 | 1,0—1,25 | 0,33 | 22 | — |
| 0,4<br>0,2<br>3,4<br>0,7 | 130<br>175<br>85<br>143 | 2,73 | 620—520 | 1,2 | 0,27 | 20—21 | 0,81 |
| 0,2 | 90—120 | 2,6 | 700—570 | 1,1 | 0,28 | 18—19 | 0,60 |
| 0,2<br><br>1,0 | 135<br>178<br>78<br>171 | 2,68 | 700—540 | 1,1 | 0,27 | 17—18 | 0,72 |

[3]) Po E. W. H. Koch-u.

### Propisi za upotrebu aluminijuma u gradnji letilica

**Oznake. Sastav i svojstva materijala.** Handbuch Flieg-Werkstoffe des Reichsluftfahrtministeriums (RLM). Technische Lieferbedingungen des Reichsverbandes der Deutschen Luftfahrt-Industrie (RDLI).

Osim opštih DIN standarda, u važnosti su za gradnju letilica i ovi DIN L-listovi:

**Limovi od legura aluminijuma.** DIN L 23, table debljine od 0,3 do 40 mm.

**Cevi od legura aluminijuma i legura magnezijuma.** DIN L 24, Spoljni prečnik 10 do 120 mm, debljina zida 0,75 do 6 mm. Način izrade za legure Al: izvlačenje bez šava i ispravljanje; za legure Mg: presovanje i ispravljanje. Način isporuke: dužine izrade od najmanje 2 m ili u utvrđenim dužinama.

**Limovi i trake od legura aluminijuma.** DIN L 25, od 0,3 do 3 mm debljine.

**Okrugle šipke od legura aluminijuma, izvučene.** DIN L 41. **Prečnici:** od 6 do 50 mm Način isporuke: šipke različite dužine izrade.

**Okrugle šipke od legura aluminijuma, presovane, valjane i kovane.** DIN L 42. Prečnici 55 do 150 mm. Način isporuke: Šipke različite dužine izrade.

**Trake za zglobove. Poluproizvodi.** DIN L 72, način isporuke: dužine od oko 2 m.

**Žice za zakivke, izvučene.** DIN L 446, prečnik 2 do 13 mm. U koturima ili prema sporazumu.

**Limovi za okove i trake za zatezanje, hladno valjani.** DIN L 602, od 30 × 0,8 do 50 × 1,2 mm.

**Profilisane cevi (»Tropfenrohre«).** DIN L 92, odnos dubine prema visini = 2,15, odnosno 2,8.

**Šestostrani - laki metal, izvučen i presovan.** Predlog 3, DIN L 492, otvor ključa: 10 do 50 mm izvučen, 55 do 85 mm presovan. Način isporuke: u dužinama izrade.

### Propisi za upotrebu aluminijuma u elektrotehnici

**Tehnički uslovi isporuke aluminijuma kao poluproizvoda za elektrotehniku**

DIN VDE 501

| | |
|---|---|
| Dimenzije i materijal | DIN VDE 8200, žice za dalekovode jake struje.<br>DIN VDE 8201 i 8204, užad za dalekovode jake struje.<br>DIN VDE 8300, žice za slobodne provodnike za telekomunikaciju, žice za antene.<br>DIN VDE 0202, žice za kablove i izolovane provodnike<br>DIN VDE 6420, žice za opštu upotrebu. |
| Dimenzije | DIN VDE 6421, šipke od aluminijuma, okrugle, izvučene.<br>DIN VDE 6422, šipke od aluminijuma, ravne, izvučene<br>DIN VDE 6423, cevi od aluminijuma.<br>DIN 1753, limovi. DIN 1793, trake i pruge. |

### b) Magnezijum (Mg) [1]

**1. Rude i dobivanje.** Polazni materijali: magnezit ($MgCO_3$), karnalit ($MgCl_2 \cdot KCl$), dolomit ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$). Metal se dobiva

[1]) Werkstoffhandb. Nichteisenmetalle, Berlin 1936, VDI-Verlag — Z. f. Metallk. 28 (1936), str. 220. — Werkstoff Magnesium, Berlin 1938, VDI-Verlag — Metallwirtschaft 18 (1939), str. 235 i dalje i str. 377 i dalje.

elektrolizom, pri čemu se kao elektrolit upotrebljava $MgCl_2$. Normalno dobiven Mg ima stepen čistoće od preko 99,7%.

**2. Fizička, tehnološka i hemiska svojstva,** v. tabl. 2. str. 988. Mg je uopšte vrlo osetljiv prema rastvorima soli i kiselinama (str. 980). **Mg** je vrlo postojan u bazama (nasuprot aluminijumu) i prema mnogim organskim materijama, ukoliko nemaju kiseo karakter. Zaštita od oksidnog pokrivnog sloja je daleko manja nego kod aluminijuma. Magnezijum - oksid je znatno mekši od aluminijum - oksida, ali još nije uspelo da se on proizvodi u slojevima, koji dovoljno čvrsto prijanjaju i koji su mehanički otporni. Elomag-postupak, str. 986.

**Tablica 7**

**Magnezijum-legure za obradu deformacijom prema DIN 1717[1])**

| Vrsta i oznaka | Sastav % Ostatak Mg | Uputstva za primenu |
|---|---|---|
| Mg-Al 3 | 2—4 Al<br>6—1,5 Zn<br>0 - 0,5 Mn | Legure podobne za deformaciju |
| Mg-Al 6 | 6—7 Al<br>0—1,5 Zn<br>0—0,5 Mn | Uobičajene legure za šipke, cevi, profile i kovane komade; ograničeno na legure za lim podoban za zavarivanje |
| Mg—Al 9 | 8—11 Al<br>0—1,5 Zn<br>0—0,5 Mn | Legure za jako napregnute kovane delove |
| Mg—Zn | 4—5 Zn<br>0—0,2 Mn | Legure za masovne artikle lužene u boji, sa dobrom podobnošću deformacije |
| Mg—Mn | 1—2,5 Mn | Uobičajena legura za lim, podobna za zavarivanje, među legurama magnezijuma najotpornija prema koroziji |

[1]) Vrednosti jačine, v. tabl. 22, str. 931.

**3. Legure magnezijuma.** Podela legura magnezijuma za obradu deformacijom i legura za livenje, u vrste prema DIN 1717 (maj 1938), v. tabl. 7 i 8. O legurama magnezijuma za livenje brizganjem, v. DIN 1740, delimično zamena za DIN 1744, i tabl. 3. str. 1004 i dalje. Dalji podaci o fizičkim svojstvima nalaze se u pogl. Postupci livenja, str. 995 i dalje i u pogl. Koeficijenti elastičnosti i vrednosti jačine, str. 929 i dalje.

**4. Obrada.** K a l j e n j e. Jedan deo legura magnezijuma je kao i legure aluminijuma podoban za k a l j e n j e, naglim hlađenjem i otpuštanjem.

Kako temperatura naglog hlađenja leži neposredno ispod temperature topljenja, to treba najtačnije održavati temperature (izbegavati zatapanja) i isključiti pristup vazduha (izbegavati sagorevanja). Ovo se postiže u električnim pećima sa sonim kupatilima sastavljenim iz mešavine natrijum- i kalijum-bihromata, ili u komornim pećima nepropustljivim za gasove i izlaganjm dejstvu $SO_2$.

S p a j a n j e. Zbog sloja oksida, upotrebljavaju se kao sredstva za kaljenje pogodne mešavine soli, koja se mogu dobiti u trgovini.

**Tablica 8. Legure magnezijuma za livenje prema DIN 1717[1])**

Pn = neobrađen liv iz peska, Pk = kaljen liv iz peska, Ph = homogeniziran liv iz peska, Kn = neobrađen liv iz kokila

| Vrsta i oznaka | Sastav % Ostatak Mg | Stanje | Uputstva za primenu |
|---|---|---|---|
| G Mg-Al | 7—11 Al<br>0—0,5 Zn<br>0—0,5 Mn | Pn | Trajno napregnuti liveni delovi |
| | | Ph | Delovi jako napregnuti usled udara i izduženja |
| | | Pk | Delovi koji zahtevaju veliku tvrdoću i granicu velikih izduženja |
| | | Kn | Delovi svake vrste liveni u kokilama |
| G Mg-Al 3-Zn | 2,5—3,5 Al<br>0,5—1,5 Zn<br>0—0,5 Mn | Pn | Liveni delovi nepropustljivi za tečnosti i gasove (v. i Mg-Si) |
| G Mg-Al 4 Zn | 3—4,5 Al<br>2—3,5 Zn<br>0—0,5 Mn | Pn | Delovi izloženi naprezanju udarom |
| G Mg-Al 6-Zn | 5—6,5 Al<br>2—3,5 Zn<br>0—0,5 Mn | Pn | Liveni delovi izloženi trajnom naprezanju |
| G Mg-Mn | 1—2,5 Mn | Pn | Delovi izloženi koroziji i oni koje treba zavariti |
| G Mg-Si | 0,5—2 Si | Pn | Tamo gde Mg-Al 3 - Zn nije upotrebljiva zbog teškoća livenja. |

[1]) Vrednosti jačine, v. tabl. 22, str. 931.

Kod električnog zavarivanja dobro je čeono, tačkasto i šavno zavarivanje; kod gasnog zavarivanja acetilen-kiseonično-zavarivanje. Podobnost zavarivanja zavisi malo i od legure; AM 503 (vrsta Mg-Mn) najlakše se zavaruje. Ako se zavaruje dodavanjem materijala, treba upotrebiti žicu od iste legure.

Lemljenje ne dolazi u obzir. Konstrukcije od legura magnezijuma zakivaju se sa Hy 5 (vrsta Al-Mg 5), koja se može zakivati u hladnom stanju.

Obrada rezanjem. Legure magnezijuma se mogu veoma lako obrađivati velikom brzinom rezanja; na taj način je njihova obrada ekonomičnija nego li obrada drugih teških i lakih metala.

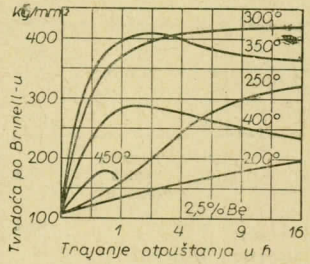
Zbog opasnosti od vatre treba preduzeti mere bezbednosti[1]). Sitni opiljci se mogu zapaliti usled zagrevanja upotrebom neispravnog ili tupog alata, isto tako kao i prašina od brušenja. Vatra se uguši pokrivanjem opiljcima sivog liva ili, u slučaju potrebe, suvim peskom. Minimax uređaj za gašenje magnezijuma. Ne treba upotrebljavati vodu i uobičajena sredstva za gašenje vatre.

### c) Berilijum (Be)[2])

Dobiva se elektrolizom rastopa sirovog berilijuma kao polaznog materijala.

Fizička svojstva v. tabl. 2, str. 988.

**Legure.** Berilijum se u malim količinama dodaje teškim metalima, na pr., bakru, niklu, kobaltu, gvožđu ili njihovim legurama, i prouzrokuje jaku podobnost kaljenja. Postižu se tvrdoće kao kod čelika, spojene sa skoro istim hemiskim svojstvima osnovnog metala.




Sl. 1 Zavisnost oplemenjavanja od temperature otpuštanja kod legure bakra sa 2,5% Be

Podobnost kaljenja bazira na smanjenju rastvorljivosti berilijuma u osnovnom metalu sa opadanjem temperature. Dodatak ne sme biti ni u kom slučaju veći od oko 2,5%. Pre kaljenja se legure mogu lako deformisati u hladnom i toplom stanju. Zbog toga, pri upotrebi, treba voditi računa, da se radovi za davanje oblika, kao savijanje u opruge, moraju izvesti pre otpuštanja u mekom, naglo ohlađenom stanju.

Obrada kaljenjem: Žariti na visokoj temperaturi (legure bakra nešto iznad 700°, a legure nikla nešto iznad 1000°), naglo hladiti, zatim, eventualno posle deformacije u hladnom stanju, otpuštati na nižim temperaturama (legure bakra oko 200 do 300°, legure nikla oko 400 do 500°), sl. 1.

Pored binarnih legura upotrebljavaju se i ternerne; pri tome se trećim dodatkom može kod svih ovih legura smanjiti sadržaj berilijuma.

**Uputstva za upotrebu:** legura bakra-berilijuma. Za specijalna ležišta, za delove izložene habanju, za spiralne opruge koje ne rđaju, za tvrde listaste opruge izložene habanju, za nemagnetne delove satova i alat bez varničenja.

Legure nikla-berilijuma i nikla-hroma-berilijuma. Za otpornost prema kiselinama i prema koroziji, igle za injekcije i ostali medicinski instrumenti.

Contracid-berilijum. Za nemagnetne opruge za satove i za merne instrumente, otporne prema kiselinama i koroziji.

---

[1]) Metalltechnik 18 (1939), str. 833.

[2]) **Literatura.** — Wiss. Veröffentl. a. d. Siemens-Konzern, Bd. VIII, H. I. (1929) — Hessenbruch: Festschrift Heraeus-Vakuum-Schmelze, 1923—1933, str. 201. — Hessenbruch: Z. f. Metallk. 25 (1933) str. 245.

## Tablica 1. Fizička i tehnička svojstva legura berilijuma (po Hessenbruch-u)

$\sigma_{0,2}$ = granica velikih izduženja, $\sigma_B$ = jačina pri kidanju $\delta_{20}$ = izduženje na 200 mm merne dužine, $E$ = modul elastičnosti, $H_B$ = tvrdoća po Brinell-u. $K$ = žilavost na zarez, EP = električna provodljivost, TI = koeficijent toplotnog izduženja

| Legure | Prethodna obrada | $\sigma_{0,2}$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | $\delta$ % | $E$ kg/mm² | $H_B$ kg/mm² | $K$ kgm/cm² | EP $\frac{m}{\Omega mm^2}$ | TI 20—200° $\times 10^{-6}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cu-Be 2,5% Be | Naglo hlađenje, meka | 33,8 | 62,0 | 22,8 | 11 800 | 105 | 13,70 | 10,3 | |
| | iz mekog stanja oplemenjena | 62,4 | 87,6 | 7,03 | 13 200 | 280 | 2,96 | 18,9 | |
| | valjanje u hladnom stanje, meka | 77,8 | 81,0 | 0,38 | — | 265 | 0,94 | 9,2 | |
| | iz tvrdog stanja oplemenjena | 107,0 | 123,3 | 4,12 | — | 365 | 0,81 | 11,6 | 17,2 |
| Ni-Be 1,7% Be | Naglo hlađenje, meka | 35,95 | 81,1 | 41,7 | 17 500 | 140 | > 15 ne razbija se | 3,0 | |
| | iz mekog stanja oplemenjena | 76,6 | 123,9 | 19,7 | 18 300 | 365 | 4,01 | 4,7 | |
| | valjanje u hladnom stanju, tvrda | 147,7 | 154,3 | 0,8 | 18 000 | 350 | 4,58 | 3,1 | |
| | iz tvrdog stanja oplemenjena | 150,0 | 182,5 | 7,0 | 19 000 | 460 | 4,47 | 5,2 | 13,9 |
| Contracid-Be | Naglo hlađenje, meka | 41,7 | 88,0 | 27,65 | 15 500 | 195 | 13,9 | 0,84 | |
| | iz mekog stanja oplemenjena | 49,6 | 93,2 | 23,15 | 16 100 | 320 | 8,14 | 0,82 | |
| | valjanje u hladnom stanju, tvrda | 105,0 | 110,5 | 1,25 | 16 900 | 390 | 3,34 | 0,97 | |
| | iz tvrdog stanja oplemenjena | 118,0 | 129,0 | 6,4 | 18 500 | 430 | 2,83 | 0,92 | 13,9 |
| 34 Co | Naglo hlađenje, meka | | | | | 255 | | | |
| 50 Fe | naglo hlađenje, valjanje u hladnom stanju | | | | | 470 | | | |
| 15 Cr 1 Be | iz tvrdog stanja oplemenjena | | | | | 680 | | | |

*) Contracid-berilijum: oko 61% Ni, 15% Cr, 15% Fe, 2% Mn, 7% Mo kao osnovna legura sa dodatkom 0,6 do 10% Be.

# B. Bakar (Cu) [1])

Obradio Dipl. Ing. H. Bröking, Deutsches Kupfer-Institut E V, Berlin.

**1. Poreklo.** Kao samorodan bakar u USA. Ali poglavito kao ruda, često uz istovremeno prisustvo drugih metala (gvožđe, olovo, antimon, arsen, nikl) i jedinjen sa drugim elementima, naročito sa sumporom. Nalazišta u svim delovima sveta.

Halkopirit ($CuFeS_2$ — okruglo 34% Cu), najvažnija ruda bakra. kuprit ($Cu_2S$ — okruglo 80% Cu), bournonit ($CuPbSbS_3$ — okruglo 13% Cu), enargit ($3Cu_2SAs_2S_3$ — 48% Cu), kovelin (CuS — okruglo 66% Cu), malahit ($CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ — okruglo 57% Cu), sulfidna ruda Cu-Ni.

Nalazišta bakarnih ruda u Nemačkoj i Austriji: Mansfeldski bakarni škriljac iz Mansfeldske doline ($CuFeF_2$, $Cu_3FeS_3$, $Cu_2S$), Mitterberg (Salzburg) ($CuFeS_2$), Unterharz ($CuFeS_2$, $CuPbSbS_3$), Rheinprovinz ($CuFeS_2$, $CuFeS_3$, $Cu_2S$, $CuCO_3$, $Cu(OH)_2$, Richelsdorf (Kurhessen) i Šlezija.

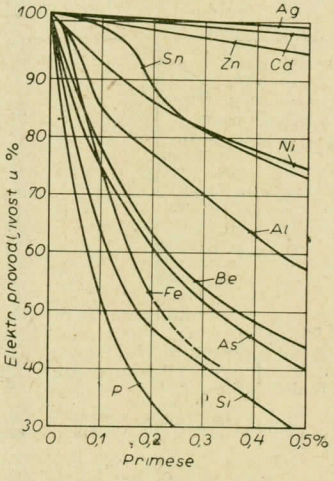
Bakarne rude sadrže prema nalazištu navedene minerale zaprljane sa više ili manje rudnih primesa i stranih ruda, tako da one stvarno sadrže znatno manje bakra. Na primer:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| rude Rio Tinto | sadrže | bakra | okruglo | $1^1/_2$ do 2 % |
| Mansfeldski bakarni škriljac | „ | „ | „ | 2 do 3 % |
| jugoslovenske rude (Bor) | „ | „ | „ | 5 do 6 % |
| Katanga — rude | „ | „ | „ | $6^1/_2$ do $7^1/_2$% |
| rude iz Rodezije | „ | „ | preko | $7^1/_2$% |

**2. Dobivanje,** v. Stoffhütte, 2. izd., str. 379. a) Iz ruda, taloga koji sadrže bakra i međuprodukata u više stupnjeva:

Priprema siromašnih ruda i produkata obogaćivanjem (flotacijom) na 20 do 25%-tne koncentrate bakra. Uklanjanje S žarenjem u pećima sa naknadnim reduktivnim topljenjem u plamenim pećima do dobijanja bakrenca sa 35 do 45% Cu; ili direktno topljenje u jamastim pećima do crnog bakra sa 90 do 95% Cu, ostatak S i Fe. Konvertovanje bakrenca u konvertoru do dobivanja blister bakra sa 96 do 98% Cu, odnosno livenje u anode. Rafinovanje blister bakra, odnosno crnog bakra u plamenim pećima do metalurškog bakra sa sadržajem Cu prema DIN 1708 ili do anodnog bakra (sa nešto manjim čistim sadržajem).

Dalje prečišćavanje anoda: elektrolizom do katodnog bakra sa okruglo 100% Cu (elektrolitički bakar.) Električnom strujom se anoda




Sl. 1. Uticaj primesa na električnu provodljivost bakra. Prema C. D. A. - Publication 12 (1935).]

[1]) **Literatura.** — Stoffhütte: 2, izd. str. 379; dalje Tafel: Lehrbuch der Metallhüttenkunde, Leipzig 1927, Hirzel. — G. Sachs: Praktische Metallkunde, 3 dela, Berlin 1933/35, Springer. — Waehlert; Kupferraffination, Halle 1927, Knapp. — Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle, odelj. D, E, F, Berlin 1939, VDI - Verlag. — Copper; Zirkular br. 73 Bureau of Standards, Washington, USA 1922, 2. izd., Berlin 1926, VDI - Verlag.

rastvara i na katodi se izdvaja bakar najveće čistoće. Sve nečistoće ostaju u elektrolitičkom rastvoru, koji sadrži oko 100 gr/l slobodne sumporne kiseline i 120 gr/l bakra-sulfata, a plemeniti metali u anodnom mulju talože se na dnu kupatila.

U Čileu, Arizoni, Katangi itd. dobiva se metalni čist bakar i direktno iz ruda izluživanjem i elektrolizom sa nerastvornim anodama.

b) Otpaci bakra (stari bakar) mogu se, prema kakvoći, takođe uključiti u tok prečišćavanja. Oni daju punovredni nov metal i od velikog su privrednog značaja.

Svrha prečišćavanja je uklanjanje nečistoća koje jako utiču na svojstva bakra. Primese As, P, Sb, Ni, Fe, Mn, Mg, Si poboljšavaju pod određenim uslovima mehanička svojstva bakra (v. legure bakra). Pb kao i $O_2$ (> 0,10%), S, selen, telur i pre svega bizmut (> 0,003%) važe kao štetne nečistoće. Svi navedeni elementi utiču na električnu provodljivost (v. sl. 1 i Stoffhütte, 2 izd., str. 380).

Čist sadržaj raznih vrsta bakra i dozvoljene primese dati su u DIN 1708, DIN 1787 i DIN VDE 500.

**Tablica 1. Standardi za bakar prema DIN 1708**

| Naziv | Oznaka | Cu najmanje % | Primeri primene |
|---|---|---|---|
| Metalurški bakar A (sa As i Ni) | A-Cu | 99,0 | Ložišta, sprežnjaci |
| Metalurški bakar B (sirom. As) | B-Cu | 99,0 | Legure za livene proizvode. Legure sa manje od 60% sadržaja bakra za valjane, presovane i kovane proizvode |
| Metalurški bakar C | C-Cu | 99,4 | Bakarne cevi, bakarni limovi |
| Metalurški bakar D | D-Cu | 99,6 | Legure sa više od 60% sadržaja bakra za valjane, presovane i kovane proizvode |
| Bakar E[1]) | E-Cu | —[2]) | Električni provodnici, visokovredne legure |

[1]) Pod bakrom E podrazumeva se elektrolitički bakar kao i svaki drugi bakar koji odgovara uslovima prema primedbi [2]), kao, na pr., pretopljeni i rafinirani otpaci elektrolitičkog bakra kao i Hekla-bakar i Rodezija-bakar.

[2]) Za procenu bakra E merodavna je samo električna provodljivost, vidi VDE 0201/1934 »Vorschriften für Kupfer für Elektrotechnik«.

Način isporuke: u blokovima, šipkama, katodama itd.
Puni profili od bakra, izvučeni, tehnički uslovi isporuke, v. DIN 1773. Bakar kao poluproizvod, v. DIN 1787. Poluproizvodi od bakra za elektrotehniku, tehnički uslovi isporuke, v. DIN VDE. 500.

**3. Tehnička i fizička svojstva.** Bakar ima: veliku električnu provodljivost (koju prevazilazi samo Ag); veliku toplotnu provodljivost (oko 6 puta veća nego kod gvožđa); izvanredno je podoban za kovanje, lako mu se daju različiti oblici i ima dobru podobnost obrade u hladnom i toplom stanju. Velika otpornost prema koroziji, delimična je posledica visokog pozitivnog potencijala od + 0,34 V prema vodoniku. Postojan je prema atmosferilijama

i postojane vrednosti i posle dugogodišnje upotrebe. Površina mu je dobre kakvoće i lepe bakarno crvene boje (primena za mnoge lepo obojene legure bakra); dobro se legira sa većinom obojenih metala u dobre materijale (bronza, mašinska bronza, mesing itd.). Fizička svojstva. v. tabl. 2. str. 988, tehnološke karakteristike, v. tabl. 2.

**Tablica 2. Tehnološke karakteristike**
(prema čistom sadržaju i stepenu ojačavanja)

| Stanje | | Meko | Tvrdo izvučeno, odnosno valjano |
|---|---|---|---|
| Granica velikih izduženja (do 0,2% trajnog izduženja) | [kg/mm²] | 4—8 | 25—40 |
| Jačina pri kidanju | [kg/mm²] | 20—25 | 30—45 |
| Izduženje pri kidanju | [%] | 40—30 | 6—2 |
| Tvrdoća po Brinell-u (2,5/62 · 5/30) | [kg/mm²] | 40—50 | 80—100 |
| Kontrakcija | [%] | ≧ 50 | ≧ 45 |
| Modul elastičnosti | [kg/mm²] | 10000—13000 | |

### 4. Dalja prerada:

a) Pretežno u poluproizvode; iz livenih blokova za valjanje, poluga za žice i okruglih blokova izrađuju se limovi, trake i poluge, kao i žice, puni profili, presovani delovi i cevi svih oblika i dimenzija, valjanjem u toplom i hladnom stanju, presovanjem i izvlačenjem; isporučuju se u mnogim dimenzijama raznih stepena tvrdoće i kakvoće površine, v. DIN 1750, list 3. Dalje davanje oblika bez rezanja vrši se dubokim izvlačenjem, pritiskivanjem, utiskivanjem, izbijanjem, udaranjem, guranjem i savijanjem,

b) Za izlivanje (elektrotehnika i specijalne armature) i u galvanotehnici kao osnova za druge metalne prevlake. Sem toga za platiranje drugih metala.

### 5. Poluproizvodi. Primena.

a) Za opšte svrhe: hemiska industrija, industrija hartije i prehranbena industrija, brodogradnja, građevinarstvo, (stanbene zgrade), izrada vozila, industrija metalne robe, tehnički toplotni aparati itd. Pojedinosti, tabl. 3 i 4

b) Za elektrotehniku: mašine, transformatori, ispravljači, vodovi, preklopnici, gradnja telefona i emisionih stanica itd. Pojedinosti, tabl. 4.

c) Za ložišta za lokomotive i sprežnjake. Pojedinosti, tabl. 3 i 4.

### Tablica 3. Bakar kao poluproizvod po DIN 1787

**1. Bakar u limovima, cevima, punim profilima i žicama**

a) Za opšte svrhe. Obeležavanje izvučenog pljosnatog bakra 10 mm širine i 4 mm debljine po DIN 1768 od C-Cu: pljosnati bakar 10×4 DIN 1768 C-Cu.

Čist sadržaj treba da iznosi najmanje 99,4% Cu (sirovina C-Cu DIN 1708). Sadržaj kiseonika sme da iznosi najviše 0,1%. Bakar mora da bude tehnički čist, bez štetnih sastojaka *) **).

Vidi i DIN 1773. Puni profili od bakra, izvučeni, tehnički uslovi isporuke.

---

*) Kao tehnički čist bez štetnih sastojaka važi bakar, čije nečistoće ne prelaze sledeće najviše vrednosti: antimon 0,08%, bizmut 0,01%, aluminijum 0,01%, selen + telur 0,01%, sumpor 0,05%.

**) Ostali dodaci i primese određeni su kvantitativno samo propisanim čistim sadržajem kiseonika.

b) Bakar za elektrotehniku. Obeležavanje izvučene okrugle bakarne žice 0,25 mm prečnika po DIN 1766 do E-Cu: bakarna žica 0,25 DIN 1766 E-Cu.

Za procenu je merodavna samo električna provodljivost (sl. 1. str. 1039), (sirovina E-Cu DIN 1708).

Za provodljivost bakra za elektrotehniku merodavni su VDE 0201 »Vorschriften für Kupfer für Elektrotechnik« kao i DIN VDE 500. Poluproizvodi od bakra za elektrotehniku.

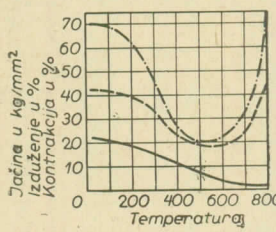
2. **Bakar za ložišta, limove za ložišta, ložišne cevi i sprežnjake, i kao poluproizvod uz to.** Obrazloženje izvučenog bakra od 20 mm prečnika po DIN 1767 od A-Cu (za sprežnjake): okrugao bakar 20 DIN 1767 A-Cu.

Čist sadržaj treba da iznosi najmanje 99% Cu (sirovina A-Cu DIN 1708). Sadržaj arsena sme da iznosi 0,50%, a sadržaj arsen + nikal ne sme da pređe 1%. Sadržaj kiseonika sme da iznosi najviše 0,1%. Bakar mora biti tehnički čist bez štetnih sastojaka.*)

Vidi i DIN 1773. Puni profil od bakra, izvučen, tehnički uslovi isporuke.

Sadržaj plemenitih metala računa se kao sadržaj bakra.

**6. Ponašanje na toploti:** Najpovoljnija temperatura žarenja pod normalnim uslovima iznosi 600°. Kod bakra koji ima kiseonika treba izbegavati žarenje u redukcionoj atmosferi ili u vodoniku. Svetlo žarenje treba vršiti isključujući prisustvo vazduha ili primenom pogodnog zaštitnog gasa. Bakar se može dobro meko i tvrdo lemiti; on se može zavarivati autogeno (neutralni plamen i tečno sredstvo za zavarivanje), električnim lukom (cevna elektroda i povišen napon), i otporno električno. Svojstva jačine bakra na povišenim temperaturama v. sl. 2.




——jačina, — — izduženje
— . — . — kontrakcija

Sl. 2.

Jačina bakra na povišenim temperaturama (po Sieb e-u)

**Bakar bez kiseonika** je neosetljiv prema uticaju redukcionih gasova na visokim temperaturama, prema tome lakše se zavaruje i tvrdo lemi. Osim toga bolje se kuje i ima za oko 50% veću kontrakciju.

**7. Ponašanje na niskim temperaturama:** Može se primenjivati bez daljnjeg, pošto je jačina pri kidanju povećana, a izduženje pri kidanju ostaje skoro nepromenjeno. Bakar ne postaje krt.

**8. Ponašanje prema koroziji** (str. 979 i dalje). Bakar ima povoljan potencijal prema vodoniku od + 0,34 V. Njegovo razlaganje se obavlja samo preko oksidnih jedinjenja. Malo se rastvara u morskoj vodi i u rastvorima soli (izuzetak amonijumove soli), naročito onda, kada kiseonik nema pristupa. Vrlo se dobro ponaša prema zamaranju korozijom: jačina pri cikličnom opterećavanju savijanjem, postignuta deformacijom u hladnom stanju, održava se još posle dugog dejstva korozije. Bakar je otporan prema vodovodskoj vodi i prema atmosferskim uticajima, usled

(Nastavak teksta na str. 1044).

*) Tekst napomene vidi str. 1041.

## Tablica 4
## Tehnološke karakteristike za poluproizvode od bakra

(Standardizovane vrednosti dopunjene orijentaciskim vrednostima)
m = mek, t = tvrd, hi = istezan u hladnom stanju, D = debljina

| Naziv i oznaka | Stanje | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_{S_{0,2}}$ kg/mm² | $\delta_{10}$ [1] % | $H$ kg/mm² | Spec. otpor na 20° najviše: $\Omega$ mm²/m Žice | Puni profili [2]) Cevi [3]) Limovi [4]) | DIN br.[1]) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **a) za elektrotehniku** | | | | | | | | |
| E-Cu F 20 | m | 20—25 | 4—8 | 30—40 | 40—65 | $^1/_{57}$ = 0,017 54 | $^1/_{56}$ = 0,017 86 | VDE 500 |
| E-Cu F 25 | hi (t) | >25–30 | — | 6—15 | 60—80 | $^1/_{57}$ = 0,017 54 | $^1/_{56}$ = 0,017 86 | ,, |
| E-Cu F 30 | hi (t) | >30—37 | 25–30 | 2—6 | 75—85 | $^1/_{58}$ = 0,017 86 pri $\phi \geqq$ 1mm | $^1/_{55}$ = 0,018 18 pri D ≧ 1mm | ,, |
| E-Cu F 37 | hi (t) | >37—45 | 30—38 | 2—4 | >85 | $^1/_{55}$ = 0,018 18 pri $\phi \leqq$ 1mm | $^1/_{54}$ = 0,018 52 pri D ≦ 1mm | ,, |
| E-Cu F 45 | hi (t) | >45 | > 40 | > 2 | >90 | | | |
| Trolne žice | t | 32—40 | — | 2,5—3,5 | torzija: 5 | $^1/_{56}$ = 0,017 86 | — | VDE 3140 |
| Slobodni provodnici jake struje | t | ≧ 40 | — | 2—4 | — | $^1/_{56}$ = 0,017 86 | — | VDE 8200 |
| Slobodni provodnici za telekomunikacije | t | 43—47 | 38—42,5 | ≧ 2 | — | $^1/_{55}$ = 0,018 18 | — | VDE 8300 |
| **b) za opšte svrhe** | | | | | | | | |
| C-Cu limovi [4]) | m | 22—26 | 4—8 | >38 | 45 | izdubljenost: 0,5 10,8—11,5 mm | — | |
| C-Cu limovi [4]) | $^1/_2$ t | 25—32 | 10—15 | >14 | 60—70 | ≈ 7,5 mm | — | 1752 |
| C-Cu limovi [4]) | t | 30—36 | 20—30 | >6 | 80—90 | ≈ 6 mm | — | 1752 |
| C-Cu cevi [3]) | m | 21—25 | 4–8 | >38 | 45 | — | — | 1752 |
| C-Cu cevi [3]) | $^1/_2$ t | 25—32 | >10 | 15—25 | 60—70 | — | — | 1754 |
| C-Cu cevi [3]) | t | 28—34 | >15 | 6—10 | >90 | — | — | 1754 |
| **c) za specijalne svrhe (ložišta itd.)** | | | | | | | | |
| A-Cu limovi A-Cu šipke | m | ≧23 | ≧4 | ≧38 | | | | 1773 |
| A-Cu cevi [3]) (za čaure) | $^1/_2$t | ≧28 | — | ≧10 | | | | 1773 |

Modul elastičnosti 10 000 do 13 000 kg/mm². Kontrakcija: ≧ 50% za meko stanje, ≧ 45% za tvrdo stanje.

[1]) Ako su dimenzije ≦ 6 mm iznosi merna dužina $l = 100$ mm, iznad toga $l = 10\,d$, dakle $\delta_{10}$. Ispitivanje kidanjem po DIN 1695.

[2]) Presek treba odrediti iz težine poluproizvoda pod pretpostavkom da specifična težina iznosi 8,9 kg/dm³.

[3]) Cevi treba po mogućnosti kidati kao okrugle probne komade (sa ubacivanjem na kraju čepova za pričvršćavanje), ili kao isečke po dužini, širine 15—20 mm, pri čemu krajevi za učvršćivanje treba da budu ispravljeni; v. str. 1284.

[4]) Limove i trake ispod 0,5 mm debljine ne treba ispitivati s obzirom na $\sigma_B$. Debli limovi, v. DVM postupak za ispitivanja A 114.

(Nastavak teksta sa str. 1042).

stvaranja zaštitnog sloja od kristalnog oksidula bakra kao osnove. Stvaraoci tvrdoće iz vode, odnosno sastavni delovi atmosfere obrazuju patinu.

## C. Legure bakra[1])

### a) Bronze

Obradio Dr. Ing. H. Mann, Bad Godesberg

**1. Opšte.** Bronze su legure sa bakrom kao glavnim sastojkom, prema DIN 1705 sa najmanje 78% Cu. Legure bakra i kalaja (ranije »prave« bronze) nazivaju se kalajne bronze ili fosforne bronze. Poslednja, u praksi uobičajena oznaka, znači da je rastop dezoksidisan sa fosforom, pri čemu se utvrđuje i često zahteva dokaz ostataka fosfora u izlivenom komadu ili poluproizvodu do iznosa od oko 0,5%. Legure sa najmanje 78% Cu i bitnim dodacima bez, odnosno pored kalaja (sem cinka) (većinom Al, Ni, Mn, Fe, Si) zovu se specijalne bronze. One se često nazivaju prema bitnom dodatku, na pr., aluminijum-bronza, nikal-bronza, silicijum-bronza, ili prema svrsi njihove upotrebe, na pr., bronza za provodnike, bronza za elektrode. Izuzetno mesto zauzimaju olovne bronze (DIN E 1716), kod kojih sadržaj bakra može da iznosi i ispod 78% do 50%. Mašinske bronze su legure bakra za livenje, sa dodacima kalaja, cinka i olova.

U cilju ujednačavanja i izbegavanja nesporazuma, teži se da se otkloni oznaka bronza za specijalne mesinge, na pr., mornarička bronza, mašinska bronza, čelična bronza, gvozdena bronza, manganova bronza, u Engleskoj »manganese bronze«, i da se dotične legure, ukoliko sadrže cink u znatnoj količini, jednosmisleno označe za specijalan mesing (str. 1051).

Svojstva. Bronze imaju veliku postojanost prema koroziji, dobro držanje prema klizanju, veliku električnu provodljivost.

Upotreba bronzi u arhitekturi kao i za livenje zvona (sa oko 20% Sn) skoro je sasvim napuštena.

**2. Obrada.** Davanje oblika bronzama zavisi od legure, oblika poluproizvoda i naprezanja usled livenja, kovanja, presovanja, valjanja i izvlačenja, od nedavno i sinterovanja (str. 1007).

Prema tome, razlikuju se bronze za livenje, bronze za kovanje, bronze za valjanje, bronze za sinterovanje, a da takva oznaka ne isključuje neku drugu mogućnost davanja oblika. Između legura namenjenih za dobivanje oblika livenjem i legura namenjenih za obradu deformacijom postoje delimično karakteristične razlike u sastavu.

---

[1]) **Literatura.** — Ledebur-Bauer: Die Legierungen für gewerbliche Zwecke, Berlin 1924, Krayn. — Schimmel: Metallographie der technischen Kupferlegierungen, Berlin 1930, Springer. — Dahl-Wunder: Kupfer und Kupferlegierungen iz »Die Korrosion metallischer Werkstoffe«, II. Bd., Leipzig 1938, Hirzel. — Mann: Lagerwerkstofflegierungen auf Grundlage Kupfer iz »Monographie der Lagerwerkstoffe«, Berlin 1939, Springer.

Časopisi: Z f. Metallk. Berlin. — Metallwirtschaft, Berlin.

Postupci livenja (str. 995 i dalje).

Liveni komad treba pre obrade deformacijom podvrći temeljnom žarenju u cilju homogenizirania, pre svega uzimajući u obzir jaku segregaciju zrna, na pr., kod kalajnih bronzi. Obrada u toplom stanju valjanjem i kovanjem treba, naročito u prvom stadijumu, da se vrši vrlo obazrivo, da bi se izbeglo pucanje bloka. Deformacije pod čekićem treba sa istog razloga vršiti mekim, uzastopnim udarima. Prethodno presovanje olakšava dalju obradu.

**3. Kalajne bronze i mašinske bronze. a) Bronze za livenje** po DIN 1706 sa 10, 14 i 20% Sn, većinom suvi liv u pesku.

**G Bz 10** poglavito za armature (ventile), koje zahtevaju veliku jačinu i postojanost prema koroziji. Često se može zameniti, na pr., sa mašinskom bronzom (Rg 9 i Rg 5). Svojstva klizanja umerena.

**G Bz 14** je vrlo dobra bronza za klizanje. Kod dobrog slabo segregiranog liva može se količina kalaja smanjiti na oko 12%, bez štete. Povećane vrednosti jačine i svojstva klizanja postižu se centrifugiranjem u suvom pesku ili u bakarnim kokilama hlađenim vodom (za vence za zupčanike a naročito za vence za pužaste točkove). Količina kalaja za centrifugirani liv iznosi 12%, od čega se može 0,5 do 1% zameniti niklom da bi se povećala granica velikih izduženja.

**G Bz 20** je tvrda i krta bronza za klizanje, za aksijalna ležišta i ploče za prenošenje pritiska. Količina kalaja može se često smanjiti za 2 do 3%. Područje primene je mala.

**b) Mašinske bronze** su legure kalaja i bakra sa dodacima cinka (DIN 1705, sa podacima o sastavu i područje upotrebe, v. tabl. 16, str. 928). Rafiniranjem rastopa, izborom specijalnih materijala za izradu kalupa ili centrifugiranjem mogu se postići jačine po tabl. 1, koje su znatno iznad minimalnih vrednosti u DIN 1706.

**Tablica 1. Vrednosti jačine mašinske bronze i kalajne bronze za livenje**

| Legura | Minimalne vrednosti po DIN 1706 | | | Vrednosti za liv dobiven livenjem u običnim kalupima | | | Vrednosti za centrifugirani liv | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\sigma_B$ kg/mm² | δ % | $H$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | δ % | $H$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | δ % | $H$ kg/mm² |
| Rg 5 | 15 | 10 | 60 | 20—26 | 27—22 | 60—70 | 24—28 | 15—12 | 75—85 |
| Rg 9 | 20 | 12 | 60 | 25—30 | 32—25 | 60—75 | 25—30 | 11—7 | 85—95 |
| Rg 10 | 20 | 10 | 65 | 28—35 | 22—15 | 65—80 | 27—33 | 11—8 | 90—100 |
| GBz 10 | 20 | 15 | 60 | 28—35 | 25—15 | 60—80 | 28 34 | 15—8 | 80—95 |
| Kalajna bronza 88/12 | — | — | — | 25—30 | 15—10 | 80—95 | 28—35 | 12—6 | 90—110 |
| GBz 14 | 20 | 3 | 85 | 25—30 | 10—6 | 90—110 | 28—35 | 4—2 | 105—125 |

Vrednosti jačine pokazuju jača rasipanja kod livenih komada komplikovanog oblika sa velikim razlikama u debljini.

U Engleskoj i USA uobičajena je samo jedna jedinstvena mašinska bronza »admiralty gun metal«, odnosno »government bronze« sa sastavom 88% Cu, 10% Sn, obično 2% Zn, koja se može delimično zameniti sa »PMG-metalom, br. 18« (vidi bronze silicijuma).

**c) Bronze za obradu deformacijom** sa 1,5 do 10% Sn za izradu šipki, žica i traka, a i cevi. Obrada je teška, naročito u prvim stupnjevima deformacije i pogotovo onda kad sadrže mnogo kalaja, zbog jake segregacije zrna i pojave krtog $\alpha+\delta$ eutektoida. Dalje, v. tabl. 2 i 4.

Kalajne bronze skoro ne dolaze u obzir kao bronze za kovanje; čekićem i presom one se mogu obrađivati kada sadrže kalaja do oko 10% (preko 6% sa velikim teškoćama).

**Tablica 2. Područje primene kalajnih bronzi obrađenih deformacijom**

| Sastav % | | | Primena |
|---|---|---|---|
| Sn | P | Cu | |
| 1,5 | < 0,05 | R (98,5) | Trake valjane u toplom i hladnom stanju (za metalna creva), valjane i izvučene šipke i profili (na pr., za mašine za hartiju) |
| 4–5 | < 0,05 | R (96–95) | Limovi valjani u toplom i hladnom stanju, naročito za duboko izvučene delove izložene koroziji (atmosferski uticaji i morska voda) |
| 6–10 | 0,3 | R (93,7–89,7) | Šipke i cevi, iz livenih poluga valjane u hladnom stanju i izvučene, naročito za opruge |
| 6–7 | < 0,03 | R (94 - 93) | Šipke i cevi, iz livenih poluga valjane u hladnom i toplom stanju i izvučene, sa velikom električnom provodljivošću (W Bz 6 sa $\lambda > 8{,}5\ m/\Omega\ mm^2$) |
| 8,5 | 0,3 | R (91,2) | Trakasti profili za noževe mašina za hartiju, valjani u hladnom stanju |
| 8–9 | 0,3 | R (91,7–90,7) | Cevi za posteljice ležišta, većinom tankih zidova, prethodno presovane u toplom stanju a zatim izvučene u hladnom stanju iz blokova za izradu cevi |
| 6–10 obično 7–9 | 0,3 | R (93,7–89,7) | Žice < 4 mm i trake iz ploča za žicu valjanih u hladnom stanju i rasečenih pomoću spiralnih makaza, naročito za opruge i mreže od žice (elektrotehnika, hemiska industrija i industrija hartije) |

**4. Aluminijum-bronze. a) Bronze za livenje** po DIN 1714, za specijalne potrebe hemiske industrije upotrebljavaju se osim toga legure sa dva elementa (komponente), sa < 9% Al. Legure sa dva elementa imaju dobru jačinu i dobru jačinu na visokoj temperaturi, kao i jaku hemisku postojanost, na pr., prema kalijum-hidroksidu, masnim kiselinama, razblaženoj sonoj kiselini, hladnoj koncentrovanoj sumpornoj kiselini. Legure sa više elemenata imaju veliku jačinu i vrlo dobra svojstva klizanja (za ležišta sa niskom temperaturom). Materijali za kalupovanje su suvi pesak i kokile. Naročito je dobar liv iz kokila sa vrlo velikom jačinom, koja dostiže jačinu bronzi za kovanje. Upotrebljava se u običnim kokilama i kokilama za centrifugiranje za izradu tela za zupčanike i pužaste točkove, na mesto kalajne bronze sa 12% kalaja.

Tehnika topljenja i livenja aluminijum-bronzi, koja je teška zbog težnje upijanja gasova, stvaranja oksidne opne i jakog skupljanja, zahteva naročit postupak topljenja i naročite kalupe, koji omogućuju hidrodinamički ispravno strujanje i dobro naknadno usisavanje.

U mnogo slučajeva su aluminijum-bronze za livenje vrlo pogodne za zamenu kalajne bronze za livenje, naročito za veliki broj komada, koji opravdavaju izradu kokila.

**b) Bronze za obradu deformacijom** (DIN 1714). Al Bz 5 za žice za opruge i trake za opruge nije još potpuna zamena za kalajne bronze, zbog nešto manje elastičnosti. Al Bz 9 i bronze sa više elemenata, sa 8 do 11% Al i dodacima Fe, Mn, Ni, Si do ukupno 15%, su visokovredne legure za kovanje, za izradu kovanih delova raznih oblika svake vrste i veličine, u težini do nekoliko 1000 kg (vratila, prstenovi, ploče). Manji delovi (ventilski sedišni prstenovi) kovani u matricama na frikcionoj presi. Šipke i profili se izrađuju na presama za istiskivanje ili se izvlače. Na vrednosti jačine (tabl. 4, str. 1049) utiče delimično termička obrada.

**5. Nikal-bronze** sa sadržajem 8 do 16% Ni, 1,5 do 3% Al i ostatkom Cu, su izrazite bronze za kovanje sa sličnim područjem primene kao aluminijum-bronze za obradu deformacijom, a u području većeg legiranja sa najvećim vrednostima jačine koje se mogu postići kod ovakvih bronzi.

**6. Silicijum-bronze** sadrže 0,5 do 4,5% Si pored dodataka 0,2 do 2% Sn, 1,5 do 2,5% Ni, 0,2 do 1,5% Mn, 0,5 do 3% Fe, 1 do 2% Zn. Postoje i legure bakra koje sadrže silicijuma (na pr., Isima-bronze), i veću količinu Mn (do 15%) kao i dodatke cinka (2 do 40%). Sadržaj cinka čini već prelaz ka mašinskoj bronzi bez kalaja (Isima-maš. bronza, PMG-metal br. 18) ili ka specijalnim vrstama mesinga. Slabo legirane silicijum-bronze, isto tako kao bronze za obradu deformacijom, kao i bronze za livenje, upotrebljavaju se poglavito u USA (Everdur, Herculoy). U Nemačkoj su naročito poznate bronze kaljene izlučivanjem pomoću niklsilicida $Ni_2Si$ (Cuprodur).

Silicijum-bronze se odlikuju postojanošću prema koroziji i velikom jačinom usled svoje podobnosti kaljenja. Si potpomaže podobnost livenja.

**7. Olovne bronze** (DIN prethodna norma 1716) su izrazite bronze za ležišta sa vrlo dobrim svojstvima klizanja. Sadrže olova 5 do 35% i više, a prema potrebi dodatke za povećavanje jačine, naročito Sn, Ni. Olovne bronze sa dva elementa, sa više od 15% Pb, i vrlo dobrim svojstvima klizanja nemaju dovoljnu jačinu da bi se mogle upotrebiti kao profilisani komadi (masivna ležišta); one se slično kao beli metal liju u ležišne posteljice, obično od mekog točenog čelika.

Složena ležišta od olovne bronze su danas najviše opteretljiva klizna ležišta za lake mehanizme. Upotreba olovne bronze za ležišta omogućuje da se u velikom obimu zamene tehnički materijali čija je nabavka vezana za devize (kalajni beli metali, kalajne bronze), i da se često stvore bronze sa većim svojstvima klizanja i većom opteretljivošću.

**8. Bronze za provodnike** (tabl. 3) pokazuju prema bakru veću jačinu, sa najmanjim mogućnim smanjenjem električne provodljivosti.

Tablica 3. Žice od bronze za provodnike za telekomunikaciju po DIN VDE 8300

| Oznaka | Primeri za sastav | Prečnik žice mm | $\sigma_B$ kg/mm² | Elektr. provod. na 20° m/Ωmm² | Primena |
|---|---|---|---|---|---|
| Bz I | 99,9 Cu, 0,1 Mg | 2—5 | 52—50 | 48 | Umesto E-Cu-provodnika za slučajeve veće jačine pri kidanju |
| Bz II | 99,2 Cu, 0,8 Mg<br>98 Cu, 1 Sn, 1 Cd | 1,5—5 | 68—56 | 36 | Za kratke provodnike, umesto E-Cu- i Bz-I-provodnika u područjima gde se javlja inje |
| Bz III | 97,6 Cu, 2,4 Sn<br>97,6 Cu, 1,2 Sn 1,2 Zn | 2—5 | 74—66 | 18 | Za mehanički naročito napregnute provodnike (velike raspone) |

**9. Bronze za elektrode** za električne mašine za zavarivanje u tačkama i zavarivanje po šavu moraju imati, pored velike jačine pri povišenoj temperaturi, i dobru električnu i toplotnu provodljivost, osim toga što manju težnju da pređu u sastav legure (lepljivost). Električna provodljivost iznosi 85 do 30% od provodljivosti čistog bakra, tvrdoća po Brinell-u 130 do 150 kg/mm² i više. Za zavarivanje lakih metala upotrebljava se i čist bakar, ojačan u hladnom stanju, tvrdoće oko 90 do 95 kg/mm². Dodaci za legiranje, na pr., Ag, Cd, Cr, Zn iznose 1 do 2 i više %.

**10. Berilijum-bronze,** v. str. 1037.

**11. Bronze za sinterovanje,** izrađene prethodnim presovanjem i zatim difuznim žarenjem (u redukcionoj atmosferi) metalnog praha, v. str. 1007. Sastav, na pr., 90% Cu, 10% Sn, prema potrebi 1 do 2% C (grafita). Sinterovano telo se može očuvati šupljikavo ili se može natopiti uljem. Upotrebljavaju se naročito kao postelјice ležišta, kada nije obezbeđeno pouzdano održavanje i podmazivanje. Pokazale su se dobre pri veoma malim brzinama i malim opterećenjima.

**12. Manganove bronze,** delom sa dodacima Sn, Ni, Al, Si (vidi Si-bronze). Imaju veliku jačinu na visokoj temperaturi i postojanost prema koroziji, naročito prema vreloj pari, morskoj vodi i kalijum-hidroksidu. U upotrebi su i druge sa 5% Mn, 95% Cu i 15% Mn, 85% Cu (rezistin). Značajne su za elektrotehniku kao legure za otpornike.

Upotrebljava se, na pr., rezistin sa spec. električnim otporom $\varrho = 0{,}5\,\Omega\text{mm}^2/\text{m}$, a najviše manganin (oko 12% Mn, 4% Ni, 84% Cu) sa $\varrho = 0{,}45\ \Omega\ \text{mm}^2/\text{m}$ sa vrlo malim temperaturnim koeficijentom 0,000 01. Manganin se upotrebljava specijalno za normalne otpore zbog neosetljivosti prema starenju. Kao legure za otpornike upotrebljavaju se osim toga legure sa Cu i Ni (42 do 46% Ni, 0,4 do 0,8% Mn, 0,2 do 0,3% Fe, ostatak Cu) kao i Cu, Al, Mn (84,2% Cu, 4,2% Al, 11,5% Mn, Ni i Fe u tragovima) (izabelin).

Tablica 4. **Sastav i svojstva nekoliko bronzi za obradu deformacijom** (v. i tabl. 16, str. 928)

| Grupa legure | Oznaka | Spec. tež. kg/dm³ | Sastav[6] % | $\sigma_B$ kg/mm² | $\sigma_S$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % | $H_B$ kg/mm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kalajna bronza[1] | — | 8,8 | 91,5 Cu<br>8,2 Sn<br>0,3 P | 35—40<br>45—60<br>60—90 | 15—25<br>30—50<br>50—85 | 75—55<br>35—15<br>15—3 | 80—90<br>110—150<br>150—200 |
| Aluminijum bronza[2] | Al Bz 5 | 8,2 | 95,0 Cu<br>5,0 Al | 35—45<br>42—54<br>50—63 | 10—25<br>20—45<br>40—60 | 55—30<br>40—15<br>20—8 | 70—85<br>110—135<br>150—170 |
| Aluminijum bronza | Al-M-Bz | 7,5 | 87,5 Cu<br>10,5 Al<br>2,0 Fe | 60—80 | 25—40 | 20—12 | 155—185 |
| Aluminijum bronza | Al-M-Bz | 7,4 | 84,0 Cu<br>11,0 Al<br>5,0 Fe | 70—95 | 40—55 | 15—5 | 175—225 |
| Nikal bronza | — | 8,5 | 82,2 Cu<br>15,0 Ni<br>2,8 Al | 80—100 | 60—85 | 14—8 | 240—260 |
| Nikal-silicijum bronza | — | 8,9 | 97,3 Cu<br>2,0 Ni<br>0,7 Si | 30—35[3]<br>50—60[4]<br>60—80[5] | 7—15<br>35—45<br>55—70 | 38—30<br>25—15<br>15—8 | 60—70<br>140—160<br>160—210 |

Više redova brojnih vrednosti jačine za jednu istu leguru daju vrednosti pri povećanju ojačavanja u hladnom stanju.

[1]) Vrednosti jačine važe za izvučene šipke i cevi malih dimenzija. Vrednosti jačine W Bz 6 za trake za opruge, vidi DIN 1779. — [2]) Vrednosti jačine važe za male dimenzije, naročito za žice i trake. — [3]) Meko žareno. — [4]) Meko žareno i kaljeno. — [5]) Ojačano u hladnom stanju i kaljeno. — [6]) delom kao primer.

## b) Tombak i mesing

Obradio Dr.-Ing. A. Schimmel, Finow

Legure bakra sa cinkom mogu se podeliti, prema hemiskom sastavu i načinu obrade, u sledeće grupe:

**1. Mesing za valjanje**

Legure tombak, sadrže 67 do 90% bakra, delom sa malim dodacima kalaja.

Mesing, sadrže 56 do 67% bakra, delom sa malo olova do 3%.

Specijalni mesing, dodaci: mangan, aluminijum silicijum, gvožđe, kalaj, nikal.

**2. Mesing za livenje**

Čist mesing, sadrži 60 do 68% bakra.

Specijalan mesing, dodaci: olovo, kalaj, aluminijum, gvožđe, nikal.

**3. Mesing za lemljenje**

Mesing za lemljenje (tvrdi lem), sadrži oko 42 do 45% bakra, prema DIN 1711.

Srebrni lem (srebrni tvrdi lem).
sadrži 30 do 50% bakra
sadrži 4 do 45% srebra } prema DIN 1710
sadrži 25 do 52% cinka

Napomena: Legure cinka i bakra, koje sadrže 58 i više % Cu, mogu se valjati i izvlačiti u hladnom stanju.

**1. Mesing za valjanje.**

**Legure tombak** su standardizovane u DIN 1709 pod nazivima:

Ms 67 polutombak (mesing za lemljenje),
Ms 72 žuti tombak (mesing za lopatice),
Ms 80 svetlocrveni tombak,
Ms 85 srednje crven tombak (zlatni tombak),
Ms 90 crven tombak.

Sastav, svrha upotrebe v. tabl. 7, str. 1052. Svojstva v. tabl. 6, str. 1052; vidi i tabl. 14 i 15, str. 927. Platirani limovi v. str. 1024.

**Mesing.** a) Limovi. Treba razlikovati mesing za izvlačenje i pritiskivanje od mesinga za obradu sa alatkama za rezanje. Prvi mora sadržati najmanje 60% bakra, drugi sadrži 58% do najviše 60% bakra, a osim toga željenu količinu olova od 1 do 2,5%. Oznake prema DIN 1709:

Ms 60; ima dobru podobnost deformacije u toplom stanju ali ograničenu podobnost deformacije u hladnom stanju.

Ms 63; zadovoljava kada nije prekoračeno normalno naprezanje pri izvlačenju, pritiskivanju i utiskivanju.

Ms 67 i Ms 72; upotrebljava se kod naročito visokih ili najviših zahteva u pogledu na podobnost izduženja i za delove koji su izloženi udarima.

Za obradu rezanjem su dobre legure sa 58% Cu i 1,5 do 2% Pb (mesing za platine i mesing za satove), i 60% Cu sa 1 do 1,5% Pb (»Erlmessing« i mesing za brave).

Dozvoljena otstupanja, v. Din 1774. Vrednosti jačine, v. tabl. 6, vidi i tabl. 14 i 15, str. 927.

b) Puni profili. Obrada deformacijom iz livenog komada vrši se skoro uvek presovanjem u toplom stanju. Zatim sledi većinom deformacija u hladnom stanju izvlačenjem.

Izvučene mesingane šipke, žice ili profili sadrže skoro uvek najmanje 56,5% bakra, jer se pri manjoj količini bakra, usled obilnog prisustva vrste $\beta$-kristala, ne može odmah izvršiti deformacija u hladnom stanju, kao što je izvlačenje. Zbog toga se legure sa manje od 56,5% Cu isporučuju gotovo uvek presovane.

Okrugle, šestostrane i četvorostrane šipke, profili i žice, u kvalitetu za bušenje i obradu struganjem, izrađuju se od Ms 58, sa dodatkom olova od oko 1,5 do 3%.

I ovde postoje standardizovane legure Ms 58, Ms 60, Ms 67 i So-Ms; dozvoljena otstupanja i primese v. DIN 1776; sastav i svrha upotrebe v. tabl. 7, str. 1053; mehanička svojstva, v. tabl. 6; vidi i tabl. 14 i 15. str. 927.

c) Cevi. U trgovini uobičajene mesingane cevi kružnog i poligonalnog poprečnog preseka, kao i profilisane cevi, isporučuju se poglavito u sledećim standardizovanim legurama: Ms 70, Ms 63, Ms 60, Ms 58 i So-Ms prema DIN 1709 i 1775.

Kao naročito podobnu za savijanje preporučuje se Ms 70. Normalna legura za obradu rezanjem je Ms 60 sa okruglo 1,2% olova. Kod velikih zahteva u pogledu obrade rezanjem uzima se Ms 58 sa 2 do 2,5% olova, koja se može izrađivati samo u većim dimenzijama, dakle ne sa tankim zidom. Specijalan mesing se upotrebljava za naročito veliku tvrdoću, i za veću postojanost prema koroziji i habanju.

Cevi za kondenzatore izrađuju se od sledećih legura: Ms 63, Ms 70, Ms K i Al-Ms, vidi tabl. 5.

Red kojim su pomenute legure nabrojane daje istovremeno sliku o postojanosti prema koroziji, u smislu da je cev od Ms 63 najmanje otporna i da postojnost u nizu navedenih legura raste. Izbor legure zavisi od pogonskih uslova, od kakvoće vode za hlađenje, brzine proticanja i temperaturnih prilika itd.

**Tablica 5. Cevi za kondenzatore po DIN 1885 (dopunjeno)**

$\sigma_B$ = jačina pri kidanju, $\delta_{10}$ = izduženje pri kidanju, $l = 10\,d$

| Oznaka | Stanje | Sastav % | | | | $\sigma_B$ ≧ | $\delta_{10}$ ≧ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Cu | Sn | Al | Zn | kg/mm² | % |
| Ms K F 36 | otpušteno | 70 + 2 | 1 ± 0,25 | — | Ostatak | 36 | 35 |
| Ms K F 40 | „ | 63 + 2 − 1 | — | — | „ | 40 | 25 |
| Ms 63 F 36 | „ | | | | | 36 | 28 |
| Al-Ms F 29 | meko | 76 ± 1 | — | 2 ± 0,5 | „ | 29 | 40 |
| Al-Ms F 40 | otpušteno | | | | | 40 | 25 |

Stanje »otpušteno« znači, da su u cevima zagrevanjem uklonjena unutrašnja naprezanja.

Dozvoljene nečistoće za Ms K F 36 i Ms K F 40 mogu da iznose zajedno najviše 0,4%; Mn i Ni do 0,5% ne važe kao nečistoće (DIN 1785); Ms F 36 v. DIN 1775; Al-Ms kao Ms K.

**Specijalan mesing** sa velikim vrednostima jačine treba prema DIN 1776 da ima ovaj sastav:

55 do 62% bakra + nikla. Dozvoljene primese: Mn + Al + Fe + Sn do 7,5% prema izboru; Ni do 5%, olovo do 0,8%.

Dodatak nikla i kalaja treba izbegavati u cilju uštede deviza.

Specijalan mesing se prvenstveno upotrebljava za šipke i cevi sa propisanim velikim mehaničkim vrednostima, na pr., dve vrste specijalnog mesinga koje se često upotrebljavaju:

1. $\sigma_B > 45$ kg/mm², granica velikih izduženja $> 18$ kg/mm², $\delta_{10} > 15\%$, $H_B > 99$ ($P = 10\,d^2$).
2. $\sigma_B > 60$ kg/mm², granica velikih izduženja $> 25$ kg/mm², $\delta_{10} > 15\%$, $H_B > 120$ ($P = 10\,d^2$).

**Tablica 6. Mehanička svojstva legura bakra i cinka**[1])

$\sigma_B$ = jačina pri kidanju, $\delta_{10}$ = izduženje pri kidanju, $H_B$ = tvrdoća. po Brinell-u, m = meko, pt = polutvrdo, t = tvrdo, to = sasvim tvrdo (kao za opruge)

| Oznaka | Stanje | $\sigma_B$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % | $H_B$ kg/mm² | Električna provodljivost m/Ω mm² |
|---|---|---|---|---|---|
| **I. Legure tombak** | | | | | |
| Ms 67 | m | 28—34 | 45 | 50—70 | 15 |
| | pt | 33—42 | 25 | 70—90 | |
| | t | 40—50 | 15 | 90—120 | |
| Ms 72 | m | 27—35 | 50 | 50—70 | 16 |
| | pt | 32—40 | 30 | 70—90 | |
| | t | 40—50 | 15 | 90—120 | |
| Ms 85 | m | 25—32 | 40 | 45—70 | 20 |
| | pt | 30—38 | 20 | 70—90 | |
| | t | 35—50 | 10 | 85—120 | |
| **II. Mesing** a) limovi | | | | | |
| Ms 60 | m | 34—42 | 30 | 75—95 | 14 |
| | pt | 41—50 | 18 | 95—130 | |
| | t | 48—58 | 10 | 125—150 | |
| Ms 63 | m | 29—35 | 45 | 60—85 | 15 |
| | pt | 35—43 | 25 | 85—120 | |
| | t | 41—50 | 15 | 105—135 | |
| | to | >52 | 5 | >140 | |
| b) puni profili | | | | | |
| Ms 58 | m | 37—45 | 25 | 58—100 | 14 |
| | pt | 44—54 | 10 | 100—125 | |
| | t | 51—63 | 5 | 125—150 | |
| Ms 60 | m | 34—42 | 30 | 75—95 | 14 |
| | pt | 41—50 | 18 | 95—130 | |
| | t | 48—58 | 10 | 125—150 | |
| Ms 63 | m | 29—35 | 45 | 60—85 | 15 |
| | pt | 35—43 | 25 | 85—120 | |
| | t | 41—50 | 15 | 105—135 | |
| c) cevi | | | | | |
| Ms 60 | m | >34 | 35 | 75—95 | 14 |
| | t | >45 | 15 | 125—150 | |
| Ms 63 | m | >29 | 40 | 60—85 | 15 |
| | t | >41 | 15 | 105—135 | |

[1]) v. tabl. 14 i 15. str. 927.

**Tablica 7. Oblik isporuke i primena mesinga i tombaka prema DIN 1709** (dopunjeno)

| Legura Sastav % | Oblik isporuke | Primena i obradljivost |
|---|---|---|
| Tamno crven tombak Tombak za emajliranje 95 Cu, 5 Zn | Limovi, trake | Umetnički zanati, metalna roba |
| Ms 90 crveni tombak 90 Cu, 10 Zn | Limovi, trake | Umetnički zanati, metalna roba, instrumenti, gradnja vagona |
| Ms 85 srednje crven tombak 85 Cu, 15 Zn | Limovi, trake | Umetnički zanati, metalna roba i elektrotehnika. Valjano sasvim tvrdo za izradu opruga. Naročita otpornost prema atmosferskim uticajima |
| Ms 72 žuti tombak 72 Cu, 28 Zn | Limovi, trake | Za naročito jako naprezanje dubokim izvlačenjem. Upotrebljava se za metalnu robu i za izradu municije |
| | Profili | Lopatice za turbine |
| 70/30 70 Cu, 30 Zn | Cevi | Za tehničke toplotne aparate, cevi za kondenzatore, cevi za kljućanje za gradnju lokomotiva, za industriju šećera |

**Tablica 7. Oblik isporuke i primena mesinga i tombaka prema DIN 1709** (dopunjeno) (nastavak)

| Legura<br>Sastav<br>% | Oblik isporuke | Primena i obradljivost |
|---|---|---|
| 70/29/1<br>mornarička legura 70 Cu, 29 Zn, 1 Sn | Cevi | Specijalne cevi za kondenzatore bolje otpornost prema koroziji. Hladnjaci za ulje, vazduh i vodu |
| 76/22/2<br>aluminijum-mesing 76 Cu, 22 Zn, 2 Al | Cevi | Specijalne cevi za kondenzatore, otporniji od 70/29/1, naročito prema morskoj vodi |
| Ms 67<br>polu tombak, mesing za lemljenje<br>67 Cu, 33 Zn | Limovi, trake | Vrlo podoban za duboko izvlačenje, naročito podoban za tvrdo lemljenje, primena u fabrikama metalne robe |
| | Žice | Dobra podobnost tvrdog lemljenja, izrada pletiva |
| 64/36<br>mesing za nagrizanje<br>64 Cu, 36 Zn | Limovi, trake | Hemisko nagrizanje, okovi za nameštaj, brojčanici |
| Ms 63<br>mesing za pritiskivanje<br>63 Cu, 37 Zn | Limovi trake | Normalna kakvoća za pritiskivanje i duboko izvlačenje. Upotrebljava se za obradu deformacijom |
| | izvučeni Šipke, žice, profili | Vrlo podoban za savijanje u hladnom stanju, nije podoban za bušenje i struganje, elektrotehnika, zavrtnjevi dobiveni valjanjem, zavrtnjevi za drvo |
| | Cevi | Normalna kakvoća za cevi, pogodan je i za cevi za aparate sa ne naročito agresivnim tečnostima. Upotrebljava se u fabrikama šećera, električnim centralama za izradu predgrejača i hladnjaka |
| Ms 63 sa olovom<br>63 Cu, okruglo 0,4 Pb, okruglo 36,6 Zn | Limovi, trake | Kao Ms 63, ali usled dodatka olova do izvesnog stepena podoban za obradu rezanjem |
| | Šipke, žice, profili izvučeni | |
| Ms 60<br>mesing za kovanje<br>60 Cu, 40 Zn | Limovi, trake | Za pljosnato isečene delove |
| Ms 60 sa olovom<br>60 Cu, 1,2 Pb, 38,8 Zn | Trake | Za serisku proizvodnju od mesinga |
| | Šipke (pljosnat mesing) cevi, delovi presovani u toplom stanju | Kada se zahteva podobnost savijanja pored podobnosti obrade rezanjem. Kuje se lako i u toplom stanju |

**Tablica 7. Oblik isporuke i primena mesinga i tombaka prema DIN 1709** (dopunjeno) (nastavak)

| Legura, sastav % | Opis isporuke | Primena i obradljivost |
|---|---|---|
| Tvrd mesing Ms 85 mesing za zavrtnje 58 Cu, 1 do 3 Pb, ostatak Zn | Limovi | Platine za satove i za obradu bušenjem, struganjem ili glodanjem na predmetima koji nisu dobiveni vučenjem |
| | Šipke, žice, profili presovani i izvučeni | Normalna kakvoća za bušenje, struganje i glodanje naročito za brzohodne automate. Lako se kuje u toplom stanju. |
| | Cevi | Dobra podobnost obrade rezanjem. Može se izrađivati samo u većim dimenzijama |
| | Presovani delovi | Armature. Delovi kovani u toplom stanju u matricama |
| Specijalan mesing 55 do 62 Cu Mn+Al+Fe+Sn do 7,5% po izboru, Ni do 3% | Šipke i profili presovani i izvučeni | Legure mesinga za izradu fasada, za izradu vozila, brodogradnju, mašine. Mehanička svojstva i hem. otpornost se povećavaju dodacima, na pr., Mn, Ni, Sn, Al, Fe, Si |
| | Cevi | Cevi sa većom jačinom, izduženjem i otpornošću |
| | Presovani delovi | Delovi armatura, delovi kovani u toplom stanju u matricama, naročite otpornosti i sa poboljšanim mehaničkim svojstvima |
| Mesing za presovanje u toplom stanju 53 Cu, okruglo 1 Pb, ostatak Zn | Presovani profili | Isključivo legure za presovanje u toplom stanju, za komplikovane profile tankih zidova i ne naročito napregnute. Mogu se dobro savijati u toplom stanju, ne mogu se savijati u hladnom stanju. |

**2. Mesing za livenje.**

**Čist mesing (žuti liv).** Žuti liv je legura cinka i bakra sa 62 do 69% Cu. Da bi se povećala podobnost obrade sa alatkama za rezanje, ovim legurama se dodaje većinom nekoliko procenata olova i kalaja (v. G Ms 63). Pri većim količinama cinka (preko 50%) dobiva se »beli mesing«, koji je vrlo tvrd i krt, i u nekim slučajevima nalazi primenu za livene delove.

**Specijalan liven mesing.**

**Tablica 8. Sastav i svojstva specijalnog mesinga u poređenju sa čistim mesingom za livenje**

| Oznaka i naziv | Sastav % | Naročita svojstva | Primena |
|---|---|---|---|
| Specijalan mesing | 56 Cu, 1,4 Fe, 0,7 Sn, 0,5 Al, 0,1 Mn i okruglo 41 Zn | Velika jačina i postojanost prema koroziji | Propeleri, materilal za brodove |
| GMs 63 | 63 Cu, 3 Pb, 34 Zn | Lako se obrađuje sa alatkama za rezanje | Kućice, armature |
| GMs 67 | 67 Cu, 3 Pb, 30 Zn | isto | isto |

DIN 1709, list 2, razlikuje dve vrste specijalnog mesinga A (So-GMs A) i B (So-GMs B) za 54 do 64% Cu, Mn+Al+Fe+Sn

do 7,5% prema izboru i ostatak Zn. Dozvoljeno je da A sadrži više olova nego B. Za minimalna svojstva jačine važe sledeće vrednosti:

Date vrednosti jačine važe za livene komade sa debljinom zida do 25 mm, kao i za izlivene probne štapove, čija debljina treba da odgovara debljini zida livenih komada. Temperatura livenja i mera skupljanja, v. tabl. 1. str. 999.

| | $\sigma_B$ kg/mm² | $\delta_{10}$ % | $H_B$ 10/500/30 kg/mm² | Mera savijanja |
|---|---|---|---|---|
| GMs 63 | 15 | 7 | 45 | — |
| GMs 67 | 18 | 20 | 40 | 33 |
| So-GMsB | 30 | 10 | — | — |
| So-GMsA | 35—60 | 30—15 | 80—130 | 50—20 |

### 3. Mesing za lemljenje

**Tvrdi lemovi:** Za lemljenje bakra, bronze, mesinga (meki lemovi str. 1065). Ove legure su tako sastavljene da njihova tačka topljenja leži ispod tačke topljenja metala koji se lemi, postignuta odgovarajućom povećanom količinom kalaja. Mesing za lemljenje sadrži 40 do 60% Cu. Da bi se povećala laka topljivost lema dodaje se ponekad kalaj, vrlo često i srebro, koje osim toga povećava podobnost kovanja.

**Tablica 9. Tvrdi lem, DIN 1711**

| Oznaka | Sastav % Cu | Sastav % Zn | Tačka topljenja ° | Primena |
|---|---|---|---|---|
| Ms L 42 | 42 | Ostatak | 820 | Lemljenje mesinga sa više od 60% Cu; 2. i 3. lemljenje mesinga sa 67% Cu naviše. Lemljenje legura bakra sa 68% Cu i više. Kao Ms L 51 i za bakar, maš. bronzu, bronzu, gvožđe, trakaste testere. |
| Ms L 45 | 45 | ,, | 835 | |
| Ms L 51 | 51 | ,, | 850 | |
| Ms L 54 | 54 | ,, | 875 | |

Dozvoljeno je da količina bakra i cinka otstupa za ± 1%.

**Srebrni lem.** Za mesingane limove i žice upotreblava se, na pr., 42% Cu, 50% Zn, 8% Ag. Za tombak i druge teško topljive legure: 53% Cu, 43% Zn, 4% Ag.

**Tablica 10. Srebrni lem, DIN 1710**

| Oblik | Oznaka | Sastav % Cu | Sastav % Zn | Sastav % Ag | Tačka topljenja ° | Primeri za primenu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Zrna | Ag L 4 | 50 | 46 | 4 | 855 | Lemljenje mesinga sa 58 i više % Cu; za finije radove, kada treba dobiti čisto zalemljeno mesto bez mnogo naknadnog rada, kao i za lemljenje komada od bakra i bronze |
| | Ag L 9 | 43 | 48 | 9 | 820 | |
| | Ag L 12 | 36 | 52 | 12 | 785 | |
| Trake | Ag L 8 | 50 | 42 | 8 | 830 | |
| | Ag L 25 | 40 | 35 | 25 | 765 | |
| | Ag L 45 | 30 | 25 | 45 | 720 | |

Dozvoljeno je da količina bakra i cinka otstupa za ± 1%. U porudžbini treba uvek naznačiti da li lem treba da bude isporučen u zrnu ili u trakama.

# D. Cink i legure cinka*)

Obradio Dr.-Ing. Burkhardt, Berlin

## a) Cink (Zn)

**1. Dobivanje.** Najvažnija cinkova ruda je sfalerit (ZnS), osim toga još smitsonit ($ZnCO_3$), silikatne cinkove rude, na pr., vilemit, i oksidne cinkove rude, na pr., franklinit. Pripremljena ruda se prevodi žarenjem u cink-oksid, a iz njega se dobiva redukcijom i destilacijom sirovi cink. Pretapanjem u plamenim pećima može se sirovi cink pretvoriti u rafinisani cink sa stepenom čistoće 99%. Čist cink sa stepenom čistoće 99,99% dobiva se elektrolitički ili destilacijom.

**Tablica 1. Predlog za standarde za cink (DIN E 1706)**

| Naziv | Oznaka | Zn min % | Maksimalne dozvoljene primese u % | | | | | Uputstva za primenu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Pb | Cd | Sn | Fe | Ukupno | |
| Čist cink $A_0$ | Zn 99,995 | 99,995 | — | — | — | — | 0,005 | Legure za livenje brizganjem koje sadrže aluminijum, legure otporne prema starenju, koje sadrže Al, za najveće zahteve, cink za valjanje |
| Čist cink A | Zn 99,99 | 99,99 | 0,006 | 0,003 | 0,001 | 0,003 | 0,010 | Legure za livenje brizganjem koje sadrže aluminijum, legure otporne prema starenju koje sadrže aluminijum |
| Čist cink B | Zn 99,975 | 99,975 | 0,020 | 0,010 | 0,001 | 0,005 | 0,025 | Mesinganj limovi i cevi, cink za valjanje, legure bez aluminijuma prema zahtevima čistoće |
| Čist cink C | Zn 99,9 | 99,9 | 0,09 | 0,025 | 0,001 | 0,02 | 0,1 | |
| Čist cink D | Zn 99,7 | 99,7 | 0,25 | 0,03 | 0,002 | 0,02 | 0,3 | |
| Čist cink E | Zn 99,5 | 99,5 | 0,45 | 0,03 | 0,002 | 0,03 | 0,5 | Mesing za presovanje, mesing za cevi |
| Raf. metalurški cink A[1]) | Zn 99,0 | 99,0 | — | — | — | — | 1,0 | Boje, cink za valjanje, specijalno cinkovanje prema zahtevima |
| Raf. metalurški cink B[1]) | Zn 98,75 | 98,75 | — | — | — | — | 1,25 | |
| Raf. metalurški cink C[1]) | Zn 98,5 | 98,5 | — | — | — | — | 1,5 | |
| Metalurški sirovi cink | Zn 97,5 | 97,5 | — | — | — | — | 2,5 | Boje, cink za valjanje, cinkovanje |
| Pretopljen cink A[2]) | UZn A | 97,5 | — | — | — | — | 2,5 | |
| Pretopljen cink B[2]) | UZn B | 96,0 | — | — | — | — | 4,0 | |

[1]) Rafinisani metalurški cink se dobiva iz ruda destilacijom bez upotrebe starog cinka.
[2]) Pretopljen cink se dobiva iz starog cinka pretapanjem.

* **Literatura.** — Stoffhütte, 2. izd., str. 406. — Burkhardt: Zink und seine Legierungen, Berlin 1935, NEM-Verlag. — Zinksonderhefte d Metallwirtschaft 18 (1939), str. 513/60, str. 723/50, str. 1005/42.

**Čist cink** se dobiva u dva stepena čistoće, 99,975%-tni cink sadrži 0,01 do 0,03% olova, 0,002 do 0,008% kadmijuma i 0,001 do 0,005% gvožđa. U cinku 99,99% stepena čistoće ima još 0,002 do 0,007% olova, 0,001 do 0,003% kadmijuma i 0,001 do 0,005% gvožđa.

**Pretopljen cink,** dobiven pretapanjem iz starog cinka, je vrlo nečist, a nečistoće nisu bliže naznačene. Pretopljen cink A (U Zn A DIN 1706) sa 2,5%, i pretopljen cink B sa 4% ukupnih nečistoća.

**Standardi**, v. tabl. 1 i 2; trgovačke vrste cinka, v. tabl. 3.

**2. Svojstva.** Fizička svojstva, v. tabl. 3. str. 610, tabl. 6, str. 612 tabl. 2, str. 988, mera skupljanja, v. str. 611, ponašanje u pogledu na koroziju vidi str. 980. Parametri heksagonalne rešetke $a = 2{,}670$ Å $b = 4{,}966$ Å, skupljanje pri očvršćavanju 4,5%. Mehanička svojstva v. i tabl. 4 i str. 931. Cink ima plavičasto belu boju, i ukoliko je čistiji i ukoliko je temperatura livenja bila viša, utoliko je krupnozrnastiji. Nasuprot ranijim navodima postoji samo jedna modifikacija.

**Tablica 2. Američki standardi za cink (Spelter)**

| Oznaka | Maksimalna primesa u % | | | Pb + Fe + Cd ≦ % |
|---|---|---|---|---|
| | Pb | Cd | Fe | |
| 1. High Grade | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,10 |
| 2. Intermediate | 0,20 | 0,50 | 0,03 | 0,50 |
| 3. Brass Special | 0,60 | 0,50 | 0,03 | 1,10 |
| 4. Selected | 0,80 | 0,75 | 0,04 | 1,25 |
| 5. Prime Western | 1,60 | [1]) | 0,08 | [1]) |

[1]) Nema ograničenja.

1. do 4. moraju biti bez primesa aluminijuma.

**Tablica 3. Trgovačke vrste cinka**

| Topionica | Vrsta cinka | Nečistoće u % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Pb | Cd | Fe | Ostale |
| Duisburg | Sirovi cink | 1,2,—1,5 | 0,04,—0,08 | 0,07,—0,15 | 0,05 |
| Holenlohe | Rafinisan | 1,12 | 0,12 | 0,92 | 0,02 |
| Hudsonbay | Rafinisan | 0,8,—1,0 | 0,001,—0,005 | 0,015,—0,3 | 0,02 |
| Tadanac | Rafinisan | 0,5 | 0,02 | 0,006 | 0,02 |
| Tadanac | Čist cink | 0,015 | 0,006 | 0,001 | 0,002 |
| Sable | Čist cink | 0,032 | 0,002 | 0,009 | 0,002 |
| Berzelius | Čist cink | 0,003,—0,007 | 0,001,—0,003 | 0,003,—0,005 | 0,001 |
| Giesche | Čist cink 99,99% | 0,003,—0,007 | 0,001,—0,005 | 0,001,—0,003 | 0,001 |

Ukoliko je čistiji metal, utoliko se lakše obrađuje. Obrada deformisanjem mora se vršiti na višim temperaturama, između 100 i 200°. Gnječenjem u toplom i hladnom stanju nastaje bitno poboljšanje svojstava jačine cinka za livenje (tabl. 4).

**3. Upotreba** kao cinkani lim (str. 1269), cinkane folije (str. 1268). valjan i izvučen u žice. Međutim, upotreba za nekoliko svrha u građevinarstvu je zabranjena naređenjem »Reichsstelle für Metalle«.

Prevlake od cinka služe kao zaštita od korozije, vidi str. 980. Gvožđe se potopi u tečno vrelo cinkano kupatilo, pri čemu se prevuče tankim slojem cinka.

Gvozdeni limovi, užad, žipke i ekseri prevlače se cinkom u velikim količinama. I ovde postoje ograničenja raznim zabranama za upotrebu. Platirani limovi v. str. 1024.

**Tablica 4. Mehanička svojstva čistog cinka**

| | | Liven | Pre-sovan | Valjan (> 90%) | Valjan i žaren |
|---|---|---|---|---|---|
| Jačina pri kidanju . | [kg/mm²] | 3 | 14 | 20—25 | 12—16 |
| Izduženje . . . . | [%] | 1 | 25 | 20 | 35—45 |
| Tvrdoća . . . . . | [kg/mm²] | 25 | 35 | 55 | 30—35 |
| Granica vel. izduženja | [kg/mm²] | 2 | 10 | 15—18 | 8—10 |
| Proba dubokog izvlačenja po Erichsen-u | [mm] | — | — | 11 | 9 |
| Mera savijanja . . . . . | | — | — | 6 | 12 |
| Jačina pri savijanju udarom . . | [kgcm/mm²] | 0,1 | 0,5 | 0,9 | 0,6 |

Specijalna područja: Industrija pehara za elemente, grafički zanati (cinkani limovi za ploče za nagrizanje[1]) i ploče za ofset štampu), izrada kablova, gde cink služi kao omotač za izolirane žice za provodnike za tzv. cevaste žice.

Za izradu mesinganog lima upotrebljava se samo čist cink, za mesing za kovanje i mesing za automate većinom sirovi cink, a za liv od mesinga i tombaka rafinisan cink.

## b) Legure cinka

Legure cinka nalaze naročito primenu kao materijali za zamenu obojenih metala. Naročito se mesing može potpuno zameniti, pri čemu naročitu ulogu igraju legure za presovanje.

**1. Legure cinka za livenje.** Najglavnije područje primene je livenje brizganjem. Standardizovana su tri tipa u DIN 1743. Svojstva legura v. tabl. 5 i 7 kao i tabl. 3, str. 1004.

Legure cinka ne zadržavaju dimenzije, usled pojava izlučivanja, Naročito je opasna pojava selektivne korozije (vidi Stoffhütte, 2 izd. str. 94), koja zavisi od prisustva određenih nečistoća, na pr., olova, kadmijuma, bizmuta i kalaja.

Za izradu legura cinka sme se dakle upotrebiti samo čist cink stepena čistoće 99.99%. Najveća dozvoljena količina nečistoća može da iznosi 0,007% Pb, 0,005% Cd i 0,001% Sn, pri čemu ukupna količina ne treba da pređe 0,008%. Radi kompenzacije olova i kadmijuma, koji su prisutni i u najčistijem cinku, mora se dodati magnezijum. Ali nečistoće olova preko 0,02% ne mogu se više kompenzirati magnezijumom.

Pri livenju u kokilama (str. 1000) najpovoljnije temperaturno područje za kalup je 150° do 200°. Temperatura livenja treba da bude što niža, ne sme da pređe 450°. Prilikom livenja u pesku (str. 995) bolje je vršiti livenje u mokrim kalupima nego u suvim. Najbolje je upotrebiti livački pesak srednje masnoće, sa 8 do 10% gline; vlažnost treba da iznosi 8 do 12%.

**2. Legure cinka za obradu deformacijom.** Poslednjih godina su razrađene dve vrste legura za presovanje na bazi cinka, pri čemu je s jedne strane dodat aluminijum, a s druge strane bakar kao glavna komponenta za legiranje.

---

[1]) Nemačkim štamparijama je zabranjena upotreba; materijal za zamenu su legure-Mg.

Legure koje sadrže aluminijuma stare kao i legure cinka za livenje, i one su isto tako osetljive prema nečistoćama (tabl. 8). Prerada otpadaka, koji potiču od obrade je teška, zato što su oni većinom pomešani sa drugim metalima i legurama; u tom pogledu su manje osetljive legure cinka bez aluminijuma ili sa malo aluminijuma a mnogo bakra (tabl. 9).

Legure koje sadrže aluminijum presuju se na 270 do 300°. Legure koje sadrže bakra presuju se na 260 do 380°. — Legure cinka služe i za izradu limova (tabl. 6).

Legure koje sadrže aluminijuma, ne ojačavaju pri dubokom izvlačenju, dok legure koje sadrže bakra postižu povećavanje jačine do 47 kg/mm². Osim toga treba uzeti u obzir, da je proba dubokog izvlačenja po Erichsen-u u vezi samo sa izduženjem, i ne pretstavlja nikakvu neposrednu meru za jačinu pri dubokom izvlačenju. Kod legura koje sadrže bakra teže se vrši duboko izvlačenje u neobrađenom valjanom stanju nego u obrađenom toplom stanju, ma da proba dubokog izvlačenja po Erichsen-u iznosi u prvom slučaju 12 do 14 mm, a u drugom samo 8 do 10 mm.

**Primena.** Limovi od legura cinka mogu se upotrebiti za svu galanterisku robu, u umetničkim zanatima, za glavčine točkova, poklopce, tela za osvetljavanje i za sve jednostavne radove isecanjem. Podobnost savijanja kod limova od legura cinka nije tako dobra. Treba izbegavati oštra previjanja lima pri posuvraćivanju, savijanju, utiskivanju i isecanju. Legure za presovanje primenjuju se pre svega kao materijali za automate, pri čemu se mogu zadržati isti uslovi rezanja kao kod mesinga. Cevi se upotrebljavaju u industriji osvetljenja i za izradu armatura, a profili u industriji karoserija.

**Tablica 5. Svojstva legura cinka za livenje u kokilama**

| | | |
|---|---|---|
| Jačina pri kidanju | [kg/mm²] | 22—25 |
| Izduženje $\delta_{50}$ | [%] | 1—2 |
| Jačina pri savijanju udarom | [kgcm/mm²] | 5—6 |
| Tvrdoća po Brinell-u *H* 10/500/30 | [kg/mm²] | 80—100 |
| Jačina pri pritisku | [kg/mm²] | 45—51,4 |
| Ugib*) | [mm] | 2—3 |
| Jačina pri smicanju | [kg/mm²] | 25—28 |
| Jačina pri savijanju | [kg/mm²] | 48,1—55 |

*) Otstojanje oslonaca 50,8 mm; uzorci 6,35 mm prečnika.

**Tablica 6. Svojstva legura cinka za valjanje, dodaci u %**

| Svojstvo | 10 Al | 10 Al, 0,3 Cu | 10 Al, 0,3 Cu, 0,01 Mg | 4,8 Cu, 0,2 Al |
|---|---|---|---|---|
| Jačina pri kidanju [kg/mm²] | 18—22 | 24—28 | 34—38 | 34—38 |
| Izduženje [%] | 100—120 | 60—80 | 20—30 | 20—30 |
| Proba dubokog izvlačenja po Erichsen-u [mm] | 15—17 | 13—14 | 10—11 | 8—10 |

**Tablica 7. Svojstva legura cinka za livenje u pesku**

| | | |
|---|---|---|
| Jačina pri kidanju | [kg/mm²] | 18—23 |
| Izduženje $\delta_{50}$ | [%] | 0,5 |
| Jačina pri savijanju udarom | [kgcm/mm²] | 1,5—3 |
| Tvrdoća po Brinell-u *H* 10/500/30 | [kg/mm²] | 70—90 |

**Tablica 8. Svojstva legura cinka koje sadrže aluminijum, dodaci u %**

| Vrsta / Svojstvo | Zn-Al 4<br>4 Al, 0,5 Cu | Zn-Al 4-Cu 3-Si<br>4 Al, 3 Cu | Zn-Al 4-Cu 1<br>4 Al, 1 Cu | Zn-Al 10 Cu 1<br>10 Al, 1 Cu |
|---|---|---|---|---|
| Jačina pri kidanju . . [kg/mm²] | 38—42 | 49—55 | 36—40 | 46—50 |
| Izduženje . . . . [%] | 10—15 | 5—8 | 4—6 | 5—8 |
| Tvrdoća po Brinell-u . [kg/mm²] | 85—95 | 110—125 | 85—96 | 105—115 |
| Kontrakcija . . [%] | 20—30 | 10—20 | 15—30 | 45—50 |
| Jačina pri savijanju udarom [kgcm/mm²] | 30 | 15—20 | 18—23 | 13—15 |

**Tablica 9. Svojstva legura cinka koje sadrže bakar, dodaci u %**

| Vrsta / Svojstvo | Zn-Cu 4 A<br>4 Cu, 0,6 (Bi i Mn) | Zn-Cu 4<br>4 Cu, 0,2 Al | —<br>4 Cu, 0,4 (Al i Cd) |
|---|---|---|---|
| Jačina pri kidanju [kg/mm²] | 33—36 | 30—34 | 39—43 |
| Izduženje . . . . . [%] | 10—20 | 30—35 | 20—30 |
| Tvrdoća po Brinell-u [kg/mm²] | 80—90 | 75—85 | 85—95 |
| Kontrakcija . . . . . [%] | 20—30 | 80—90 | 60—70 |
| Jačina pri savijanju udarom . . . [kgcm/mm²] | 7—10 | 30 | 10—20 |

## E. Olovo, kalaj, antimon, bizmut i njihove legure

Obradio prof. C. F. Brenthel, Freiberg

### a) Olovo (Pb)

**1. Dobivanje.** Najvažnija ruda olova je galenit, PbS.

Žarenje i redukcija do olova koje sadrži srebra, uklanjanje Cu segregacijom ili sumporom, uklanjanje Sn, As i Sb rafinacijom sa vazduhom u plamenim pećima ili azotnom kiselinom i alkalijama u kotlovima, uklanjanje srebra pomoću cinka ili elektrolitički, uklanjanje bizmuta, kada je potrebno, zemno-alkalnim metalima ili elektrolitički, daju metalurško meko olovo. Čiste rude olova i koncentrati daju takođe metalurško meko olovo neposredno posle reakciskog postupka žarenja. Iz starog olova i olovnog pepela dobiva se rafinirano olovo; iz rafinisanih produkata: olovo sa kalajem i olovo sa antimonom (tvrdo olovo).

**2. Svojstva.** Fizička svojstva v. tabl. 2 str. 988, dužinska mera skupljanja v. tabl. 4, str. 611.

**Tablica 1. Tehnološka svojstva olova** (vidi i str. 931)

| | |
|---|---|
| Jačina pri pritisku . . . . . | 5 kg/mm² |
| Jačina pri kidanju . . . . . | 1,4—1,8 kg/mm² |
| Izduženje pri kidanju . . . . . | 60% |
| Tvrdoća po Brinell-u . . . . . | 4 kg/mm² |
| Skupljanje . . . . . | 3/4—1%. |

Olovo je mekše od ostalih teških metala, lako se da seći, strugati i obrađivati na alatkama za rezanje. Ono ima izvanrednu podobnost zavarivanja i lemljenja usled niske tačke topljenja.

Meko olovo je žilavo i lako se može savijati. Istegljivost nije u srazmeri sa podobnošću kovanja. Meko olovo se pri ponovnom hlađenju, posle toplotnog izduženja, ne vraća uvek na prvobitnu dimenziju.

Meko olovo ima već na sobnoj temperaturi znatnu brzinu prekristalisavanja. Uvećavanje zrna pri povišavanju temperature, koje kod najčistijih vrsta olova (elektrolitičko olovo) nastaje već na 100°, kod normalnog metalurškog olova (Parkes-ovo olovo) na oko 200°, kod olova sa bakrom (Pattinson-ovo olovo) tek na oko 300°, može se ubrzati mehaničkim dejstvom, na pr., potresima. Zbog prekristalisavanja ne može se vršiti ojačavanje istezanjem u hladnom stanju. Bakar i nikl koče uvećavanje zrna Dodatkom antimona (i arsena) meko olovo otvrdne: tvrdo olovo. Eutektična legura olova i antimona sa 87% Pb + 13% Sb topi se na 246°, ona je krta. Kod legura tvrdog olova, koje se obično izrađuju u trgovini sa 1 do 10% Sb, savitljivost je manje ili više smanjena, tvrdoća i jačina pri pritisku su povećane.

Hemiska svojstva. Olovo je postojano prema atmosferilijama i otporno prema tvrdoj vodi. Meka pijaća voda, naročito ona sa većim sadržajem agresivne ugljene kiseline i kiseonika, napada olovo. Olovo ima veliku otpornost prema sumporastoj kiselini, razređenim nitroznim gasovima, sumpornoj kiselini i solima sumporaste kao i sumporne kiseline. Olovo je otporno prema amonijaku, amonijum-solima, alkalnim i zemnoalkalnim hidroksidima, sodi, potaši, kalijum-cijanidu, boraksu, fluorovodoničnoj kiselini, fosfornoj kiselini, hloru i lužini za beljenje, i prema velikom nizu organskih kiselina i ulja, kao i prema razblaženoj sonoj kiselini do temperature od oko 60°, dok vrela i koncentrovana sona kiselina kao i azotna kiselina rastvaraju olovo. Izvesne nečistoće, na pr., bizmut, mogu da umanje hemisku otpornost olova.

3. **Primena.** Meko olovo ili legirano sa antimonom do 10% kao tvrdo olovo primenjuje se u obliku limova, cevi, žica i profila, metalnih prevlaka i kao liv.

a) Olovni limovi (str. 1269). Limovi od mekog olova izrađuju se u širini do 4 m i u težini komada do nekoliko tona. Težina pri 1,0 mm debljine iznosi 11,3 kg/m².

Olovni lim služi za oblaganje prostorija i građevinskih konstrukcija, za zaštitu od korodirajućih tečnosti i gasova, za izradu reakcionih posuda i posuda za skladištenje za hemiske svrhe, i za izradu hemiskih aparata svih vrsta, naročito kada se ne radi sa visokim temperaturama i velikim razlikama pritiska. Olovne folije v. str. 1268.

**Spajanje olovnog lima.** Metal za lemljenje: Olovo istog sastava kao olovni lim koji treba spojiti. Plamen za lemljenje: vodonik-kiseonik ili vodonik-vazduh.

Limovi od tvrdog olova sa 1, 1,5, 2, 4, 6 i 10% Sb upotrebljavaju se u hemiskoj i elektrohemiskoj industriji. 2% Sb daje već dvostruku, a 6% Sb trostruku tvrdoću prema mekom olovu. Kod više legiranog tvrdog olova važna je nepromenljivost oblika pri promeni temperature.

b) Olovne cevi. Tablica za cevi, v. str. 1286. Cevni vodovi preko 300 mm prečnika izrađuju se od olovnog lima valjanjem i lemljenjem, a ispod 300 mm prečnika istiskivanjem taman očvrslog bloka, kroz usta prese (spoljni prečnik), preko klina (unutrašnji prečnik).

Za vodovod umesto običnih cevi od mekog olova pružaju olovne cevi unutra kalajisane ili sumporisane nepotpunu zaštitu. Cevi sa kalajnim omotačem — ustvari kalajne cevi od oko $^1/_2$ mm debljine zida sa olovnim omotačem — pružaju savršenu zaštitu za jako korodirajuću pijaću vodu. — Danas postoji zabrana upotrebe vodovodnih cevi od olova i kalaja.

Jačina pri pritisku olovnih cevi zavisi od prečnika i debljine zida. Cevi od tvrdog olova su znatno otpornije od cevi od mekog olova. Jačina pri pritisku opada sa porastom temperature, najpre polako, a na 150 do 200° brže.

Upotreba olovnih cevi za odvođenje tečnosti i gasova, a u obliku zmijastih cevi za hlađenje ili zagrevanje. Vrednosti toplotne provodljivosti za olovo:

30,6 ± 5% kcal/mh° na $t = 0°$ i 28,8 ± 5% kcal/mh° na $t = 100$ do 200° ne razlikuju se bitno od vrednosti za gvožđe i čelik.

Za zmijaste cevi za paru od tvrdog olova dozvoljeno je do 5 i više at natpritiska. Potrebna je opreznost jer udari pare prouzrokuju neprijatna ispupčenja na cevi. Pri višim pritiscima ili visokom vakuumu, sigurnije je kada se upotrebe gvozdene ili bakarne cevi homogeno prevučene olovom.

Profili svih vrsta, žice i olovne trake hidraulički se presuju.

Prevlake od olova za kablove presuju se hidraulički oko izrađenih kablova, slično kao i olovne cevi. Da bi se sprečilo povećavanje krtosti pri potresima i naizmeničnim naprezanjima, a kao posledica povećavanja zrna, često se upotrebljava legirano olovo.

c) Prevlačenje olovom.

**Oblaganje valjanim olovom** vrši se kada izrada jedne aparature u olovnom limu ne pruža potrebnu mehaničku jačinu, ili kada bi za to trebalo upotrebiti limove većih debljina. Posude ili aparati oblažu se olovnim limom i ovaj se mestimično privezuje za donji metal posuvraćivanjem ili pričvršćivanjem zavrtnjevima i prevlačenjem olovom glava zavrtnjeva, ili neposrednim lemljenjem za donji metal.

**Homogeno prevlačenje olovom** je pogodno za aparate, u kojima se radi sa višim pritiscima, visokim vakuumom, jako promenljivim temperaturama, i naročitim mehaničkim naprezanjma. Kod homogenog prevlačenja olovom, olovo na svakom pojedinom mestu jako prijanja i prisno je spojeno sa osnovnim metalom. Izrađuje se na taj način što se Pb rastopi po površini osnovnog metala, koja je očišćena bajcovanjem i većinom sasvim tanko kalajisana ili obrađena tečnošću za lemljenje, koja sadrži kalaja. Za homogeno prevlačenje olovom naročito su pogodni čelik, čelični liv i bakar. Homogeno prevlačenje olovom sjedinjuje konstruktivne prednosti ovih materijala sa hemiskom otpornošću olova prema koroziji.

**Prevlačenje olovom putem potapanja**, ako se izvrši kao prevlačenje cinkom u vatri, daje tanke prevlake olova; za jake uticaje nedovoljno. Upotrebljava se za delove građevinskih konstrukcija, električne izolacione cevi i ostale svrhe, kod kojih ne postoji neki jaki hemiski uticaj, za koje je cink nepogodan.

**Prevlačenje olovom putem prskanja.** Ukoliko se ne preduzmu naročite mere predostrožnosti, dolazi do oksidacije olovnih delova izbačenih iz pištolja, kao i stvaranja ostrvca oksida i propustljivih lako korodirajućih mesta, i do krte prevlake.

**Elektrolitičko prevlačenje olovom**, u praksi je još malo uvedeno. Postoji opasnost da prevlaka bude povezana slabo sa osnovnim metalom i da struktura bude porozna.

d) Olovni liv. Poglavito tvrdo olovo kao liv iz peska i liv iz kokila, delom obrađen alatkama za rezanje, služi za izradu delova za zatvaranje, kao što su razvodnici, ventili i slavine za korodirajuće tečnosti i gasove, za aparate i posude, ukoliko velika debljina zida olovnog liva ne čini da je ekonomičnije prevlačenje olovom; za izradu pumpi, ventilatora i masovnog liva za mašinske delove, zaštitne kape itd. Tablica legura za livenje brizganjem, v. str. 1004

e) Drugi olovni proizvodi.

Olovni zaptivači za zaptivanje spojnica sa flanšama i naglavcima, kao olovna vuna, grebenasto olovo, prstenovi za zaptivanje i trake za zaptivanje. Olovo za opterećivanje, olovni moždanici, olovna sačma sa 0,2% As, kod sitne, do 0,4% As kod krupne sačme. Olovne plombe sa do 8% Sb.

**4. Ograničenja upotrebe i mogućnosti zamene.** »Reichsstelle für Metalle« objavio je niz ograničenja za upotrebu olova i kalaja. Za vodove za pijaću vodu, vodu za ostale potrebe i za upotrebljenu vodu, umesto cevi od mekog olova preporučuju se cevi od tvrdog olova sa 1% Sb. Dimenzije prema DIN 1379 U.

Zamena olova: keramičkim materijalima, legurama gvožđa otpornim prema kiselinama, delimično i legurama lakih metala. Kao materijal otporan prema hemiskim uticajima služi, na pr., igelit (str. 1148), u obliku cevi, dobro se lepi, u vrelom vazduhu dobro se zavaruje, a na 100° je plastično savitljiv, u obliku folija sa slepljenim sastavcima upotrebljava se za oblaganje rezervoara. Zbog termoplastičnih svojstava su cevni vodovi neupotrebljivi na iznad 60°. Kako tehnološka obrada stalno napreduje potrebno je pre porudžbine konsultovati firme koje isporučuju odnosni materijal i bezuslovno do u detalje opisati sve pogonske uslove.

**5. Trgovačka roba.** Olovo nije još standardizovano; danas se službeno beleže:

Originalno metalurško meko olovo i rafinisano olovo, najmanje 99,9% Pb;
rafinisano olovo, najmanje 99,75% Pb,
metalurško tvrdo olovo, oko 13% Sb,
čistije vrste olova, na pr., elektrolitičko olovo sa 99,99% Pb sa naročitom doplatom.
Trgovački oblik metalurškog olova: šipke od 50 kg sa izlivenom markom proizvođača.
Poluproizvodi od olova prema tabl. 21. str. 1269.

## b) Kalaj (Sn)

**1. Dobivanje.** Najvažnija ruda kalaja: kasiterit, $SnO_2$, 78,6% Sn, primaran sa često ispod 1% Sn kao rudni kalaj, sekundaran u nanosima.

Obogaćivanje se vrši pripremom ili postupkom isparavanja, uklanjanjem nečistoća i redukcijom do sirovog kalaja. Osim toga se kalaj dobiva iz starog metala koji sadrži kalaja, iz pepela i leteće prašine, i iz otpadaka belog lima

**2. Svojstva:** Fizičke vrednosti, v. tabl. 2, str. 988. Čist kalaj ima belu boju i živahan sjaj, mek je i obradljiv, istegljiv, tvrđi

je od olova, na 200° je lomljiv i krt, modifikacijom na temperaturama nižim od 18° može nastati raspadanje u sivi kalaj, specifične težine 5,85 (kuga kalaja). Kalaj je veoma otporan prema atmosferskim uticajima. Čak i najčistija voda ne napada kalaj. Halogeni i halogen-jedinjenja dejstvuju jako napadajući; prema sumpornoj i azotnoj kiselini kao i prema alkalijama kalaj također nije otporan (str. 980). O koroziji v. str. 980[1]).

3. **Primena** za izradu ili kao zaštitna prevlaka sudova, rezervoara, aparata i cevnih vodova u prehranbenoj industriji, za čuvanje životnih namirnica. Rezervoari od belog lima [gvozdeni lim većinom sa prevlakom dobivenom kalajisanjem potapanjem (kalajisanjem u vatri)]. Homogeno kalajisanje aparata izloženih jačem uticaju u prehranbenoj industriji. Danas postoje različite z a b r a n e u p o t r e b e.

4. **Trgovačka roba.** Službeno se beleže:

Standardni kalaj, najmanje 99,75% Sn i razne inostrane marke kalaja;

mešani kalaj 54,5% Sn;
legure kalaja za lemljenje sa 35% Sn i različite legure kalaja za lemljenje.

Standardi za kalaj, v. DIN 1704.

### c) Antimon (Sb)

1. **Poreklo:** u stvarnim rudama antimona: stibnit, $Sb_2S_3$, sa 71,77% Sb i u rudama olova i bakra koje sadrže antimona. Antimonium crudum, dobiven segregacijom iz ruda koje sadrže stibnit, je $Sb_2S_3$.

2. **Svojstva** metalnog antimona v. tabl. 2, str. 988. Antimon ima živahan metalan sjaj, on je srebrno beo, krt i lako se pretvara u prah.

3. **Primena.** Metalan antimon je nepogodan kao tehnički materijal, važan je kao sastavni deo legura, zamenjuje se sa Ca, Na, Si i As.

### d) Bizmut (Bi)

1. **Dobivanje.** Iz stvarnih ruda bizmuta: samorodan bizmut, bizmut galenit $Bi_2S_3$, i bizmut oker (nečisti oksidi), a velikim delom se dobiva iz ruda olova, bakra i kalaja, koje sadrže bizmuta.

2. **Svojstva** v. tabl. 2, str. 988. Specifična težina tečnog Bi iznosi 10,06 kg/dm³. Boje je crvenkasto-srebrno-bele; krt je, usled čega je nepogodan kao tehnički materijal. Bizmut ima od svih metala najmanju električnu i toplotnu provodljivost i visoku termosilu, na pr., Bi-Ag.

---

[1]) O koroziji belog lima životnim namirnicama i o ponašanju različitih životnih namirnica i sredstava za uživanje u kutijama od belog lima, vidi M a n t e l l u. L i d l e: Zinn, Halle 1937, Knapp.

**3. Primena** kao subnitrat i subgalat u medicini, kao sastavni deo legura za lako topljive legure i one koje se ne skupljaju, u bojenju, industriji kaučuka, izvođenju vatrometa, pri izradi boja za porcelan itd.

### e) Tehnički važne legure olova, kalaja, antimona, bizmuta

**1. Tvrdo olovo.** Olovo legirano sa antimonom. Polazni materijal je trgovačko tvrdo olovo sa oko 13% Sb, katkad i više, ili za naročite svrhe meko olovo + antimon. Svojstva i primena vidi str. 1061.

Olovo za akumulatore: Ploče sa 5 do 8% Sb. Sadržaj bizmuta je ovde štetan.

**2. Meki lemovi.** Polazni materijal je većinom mešani kalaj sa 54,5% Sn, 3,6% Sb i 41,9% Pb. Sb : Sn sme da bude sadržan najviše u odnosu 3,6 : 54,5. Za vrlo čiste vrste upotrebljavaju se legure mekog olova i kalaja ili elektrolitičkog olova i kalaja.

**Kalajni lemovi** (kalaj za lemljenje) izrađuju se u šipkama ili u cevima napunjenim sa sredstvom za nošenje lema ili kao kalajni prah za lemljenje pomešan sa sredstvom za nanošenje lema u jednu pastu. **Oznaka i tačka topljenja prema količini kalaja.** Eutektikum i usled toga najniža točka topljenja legure olova i kalaja nalazi se kod 64,1 težinskih % kalaja i 181° (Sickerlot). Standardizovani su samo lemovi olova i kalaja, a nisu standardizovani specijalni lemovi sa bizmutom, živom i drugim dodacima.

**Tablica 2. Kalaj za lemljenje prema DIN 1707**

| Naziv | Oznaka | Sastav % | | Primena |
|---|---|---|---|---|
| | | Sn | Pb | |
| Kalaj za lemljenje 25 | SnL 25 | 25 | 75 | Za zemljenje u plamenu, ne za lemljenje sa držačom |
| Kalaj za lemljenje 30 | SnL 30 | 30 | 70 | Građevinski i grubi limarski radovi |
| Kalaj za lemljenje 33 | SnL 33 | 33 | 67 | Cinkani limovi i pocinkovani limovi |
| Kalaj za lemljenje 40 | SnL 40 | 40 | 60 | Lemljenje mesinga i belog lima |
| Kalaj za lemljenje 50 | SnL 50 | 50 | 50 | Lemljenje mesinga i belog lima za električne brojače, gasometre, i industriju konzervi[1]) |
| Kalaj za lemljenje 60 | SnL 60 | 60 | 40 | Lem za lako topljive metalne predmete; fina lemljenja, na pr., u elektro-industriji |
| Kalaj za lemljenje 90 | SnL 90 | 90 | 10 | Naročite primene, uslovljene zdravstvenim obzirima |

[1]) Pri lemljenju kutija za konzerve stavlja se prevoj većinom na spoljnu stranu.

Dozvoljena su otstupanja od ± 0,5% od količine kalaja. Nečistoće: Kalaj za lemljenje treba da je tehnički slobodan od stranih štetnih sastojaka, naročito od cinka, gvožđa i arsena.

**3. Beli metali,** legure kalaja i antimona sa olovom i bakrom. Beli metali sa visokim sadržajem olova ili na bazi olova, kalaja, antimona ili olova legiranog sa alkalnim ili zemnoalkalnim metalima, delimično podobnim za kaljenje. Beli metali za klizna ležišta i za klizne površine, v. DIN 1703.

Tablica 3. Beli metali prema Din 1703

| Naziv | Oznaka | Sastav % Sn | Sb | Cu | Pb | Dozvoljena otstupanja ±% Sn | Sb | Cu | Pb | Težina kg/dm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Beli metal 80 F[1]) | WM 80 F | 80 | 11 | 9 | — | 1 | 1 | 1 | 0,5[2]) | 7,5 |
| Beli metal 80 | WM 80 | 80 | 12 | 6 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7,5 |
| Beli metal 10 | WM 10 | 10 | 15,5 | 1 | 73,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 9,7 |
| Beli matal 5 | WM 5 | 5 | 15,5 | 1 | 78,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 10,1 |

[1]) WM 80 F treba upotrebljavati samo kada nije dozvoljeno prisustvo olova. — [2]) Količina olova do 0,5% kod WM 80 F dozvoljena je kao nepredviđena primesa.

Dozvoljene nečistoće: gvožđe do 0,10%, cink do 0,05%, aluminijum do 0,05%, arsen do 0,15%, zajedno najviše 0,15%.

Način isporuke: prema težini u blokovima, šipkama ili pločama.

Ograničenje upotrebe. U Nemačkoj je danas zabranjena upotreba metala za ležišta sa više od 12% Sn i prevlaka sa više od 80% Sn za spajanje izlivenih ležišta. Za metale za ležišta sa malo kalaja ili bez kalaja na osnovi olova, delimično sa dodatkom Na, Li, Ca i na osnovi cinka v. DIN 1703 U.

Olovne bronze sa 25 do 30% Pb, ostatak Cu za klizna ležišta izložena visokom naprezanju (str. 1047).

Ležišta od lakih metala na osnovi aluminijuma za srednja do visokih naprezanja.

Ležišta od lakih metala na osnovi magnezijuma za niska naprezanja.

Olovo-arsen-metali za ležišta za sva naprezanja.

Ležišta od veštačkih masa.

**4. Metali za štamparska slova.** Osnovni sastojci legure: olovo, kalaj, antimon.

Sadržaj olova 35 do 93%, sadržaj kalaja 3 do 60%, sadržaj antimona 4 do 30%.

**5. Legure olova za livenje brizganjem** v. str. 1004.

**6. Legure sa niskom tačkom topljenja.** Legure bizmuta sa olovom, kalajem, kadmijumom i katkad i sa antimonom imaju vrlo niske tačke topljenja (tabl. 4).

Tablica 4.

Legure bizmuta sa niskom tačkom topljenja i malim skupljanjem*)

| | Nemačka oznaka | Američka oznaka | % Bi | % Pb | % Sn | % Cd | % Sb | Tačka topljenja |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | Bi 580 | Basealloy | 58 | 42 | — | — | — | 125—130° |
| II | Bi 494 | Bendalloy | 49,4 | 27,7 | 12,9 | 10 | — | 71° |
| III | Bi 400 | Safealloy | 40 | 40 | 11,5 | 8,5 | — | 78° |
| IV | Bi 490 | Cerrodent | 49 | 28 | 13,7 | 5,0 | 4,3 | 70° |
| V | Bi 480 | Matrixalloy | 48 | 28,5 | 14,5 | — | 9 | 105° |

*) Iz liste »Sächsisches Hauptblaufarbenlager«. Leipzig C 1.

**Svojstva i primena.**

I. Ne skuplja se, obradljiva, istegljiva, tvrđa od olova. Služi za izradu vrlo tačnih negativa raznih modela; dovolino je tvrda da se može preneti na šablone i kalupe od čelika za presovanje u redukovanoj razmeri. Za spajanje metala sa porcelanom.

II. Legura za savijanje kao masa za punjenje pri savijanju zmijastih cevi od bakarnih ili mesinganih cevi vrlo tankih zidova i malog slobodnog otvora. U vreloj vodi istopljenu leguru treba usisati u cev koju treba saviti. Posle očvršćavanja mogu se saviti krivine malog prečnika, a da se cevi ne spljošte. Posle upotrebe treba leguru za savijanje izduvati u ključaloj vodi ili pari.

III. Legura koja se malo skuplja, tvrđa od II, mekša od IV i V, služi za fine odlivke iz kalupa od metala, drveta, hartijine mase, veštačkih materija ili gipsa.

IV. Vrlo se malo skuplja. Upotrebljava se za izlivanje modela postojanog oblika za zubarske svrhe.

V. Tvrda legura za matrice, ne skuplja se, pogodna je kod masovne izrade i kod komada nepravilna oblika, koji mogu da budu i od veštačkih materija ili drveta, za učvršćivanje u glave mašina za obradu. Komad koji treba obraditi povremeno se zalije legurom bizmuta, pri čemu otpada centriranje koje oduzima mnogo vremena. Po završenoj obradi legura se otopi u vreloj vodi ili pari bez štetnog dejstva po predmet.

Dalje je pogodna kao podloga za savijanje ili presovanje delova metala, a zbog niske tačke topljenja i zbog toga što se ne skuplja pogodna je za spajanje veštačkih materija ili drveta sa metalom bez zavrtanja.

## F. Nikal, kobalt i njihove legure[1])

Obradio Dr.-Ing. M. Waehlert, Frankfurt a. M.

### a) Nikal (Ni)[2])

**1. Dobivanje.** Sulfidne rude sadrže gvožđe-nikal-sulfid sa halkopiritom.

Ruda se prerađuje na niklov kamenac mokrom pripremom, odvajanjem od bakra, žarenjem i topljenjem. Oksidne rude sadrže većinom nikal-magnezijum-silikat garnierit, bez bakra. Direktno se stapa[3]) na niklov kamenac. Iz ovoga se različitim postupcima rafinacije dobivaju sledeći min. čisti sadržaji i max. dozvoljene primese, v. DIN 1701.

**Tablica 1. Trgovačke vrste sirovog nikla**

| Trgovačke vrste | Primeri za hemiski sastav u % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ni | Fe | Si | Cu | S | C |
| Metalurški nikal, nikal u kockama . . | 99 *) | 0,4 | 0,03 | 0,15 | 0,01 | 0,2 |
| Elektrolitički nikal . . . . | 99,65*) | 0,01—0,04 | trag. | 0,01—0,03 | trag. | trag. |
| Karbonil-nikal**) | | | | | | |
| Mondov nikal \ Nikal u prahu / | 99,90 | 0,04 | 0 | 0,03 | 0 | 0,04 |

*) Uračunavši i 0,3 do 0,4% Co. — **) Metallwirtschaft 18 (1939), str. 467.

[1]) **Literatura.** — Gmelins: Handbuch der anorg. Chemie, 1933, System S. 9. — Časopisi: Z. f. Metallk., Berlin. — Metallwirtschaft, Berlin.

[2]) Stoffhütte, 2. izd. str. 411. — Sve što je bitno o niklu i njegovim legurama sa iscrpnim bibliografskim podacima nalazi se u Nickel-Handbuch, izdao Nickel-Informationsbüro, Frankfurt a. M.

[3]) V. Tafel: Lehrbuch der Metallhüttenkunde. 2 Bd. Leipzig 1929. Hirzel.

**2. Svojstva čistog nikla.** Fizička svojstva v. tabl. 2, str. 988. Nikal u upotrebi u trgovini: spec. težina 8,8 kg/dm$^3$, tačka topljenja 1440°, specifična toplota 0,13 cal/g° (20/400). Parametar kubne površinski centrirane rešetke 3,525 Å. Magnetna transformacija na 356° v. Stoffhütte, 2 izd., str. 413.

Mehanička svojstva (tabl. 2). Iscrpnije podatke uračunavši podobnost dubokog izvlačenja i otpornost prema toploti, v. Stoffhütte, 2 izd., str. 413.

**Tablica 2. Mehanička svojstva nikla**

$\sigma_B$ = jačina pri kidanju, $\sigma_F$ = granica velikih izduženja, $\delta_{10}$ = izduženje pri kidanju ($l = 10\ d$), $B$ = tvrdoća po Brinell-u 5/250/30, $E$ = modul elastičnosti

| Stanje | Temp. ispitiv. | $\sigma_B$ kg/mm$^2$ | $\sigma_F$ kg/mm$^2$ | $\delta$ % | $B$ kg/mm$^2$ | $F$ kg/cm$^2$ · $10^{-8}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Liven | | 30—35 | | 15—20 | 140 | |
| Valjan i meko žaren[1]) | | 40—45 | 12 | 45 | 80—90 | |
| Valjan, polu tvrd | sobna temp. | 60 | 52 | 10 | | 2,1 |
| Valjan, tvrd. | | | | | | |
| sjajan | | 80 | 76 | 2 | 180—200 | |
| Valjan u toplom stanju | —191° | 86 | 57 | 46,7 | | |
| Valjan u toplom stanju | —185° | 60 | | 22 | | |

[1]) Dinamička jačina u kg/mm$^2$

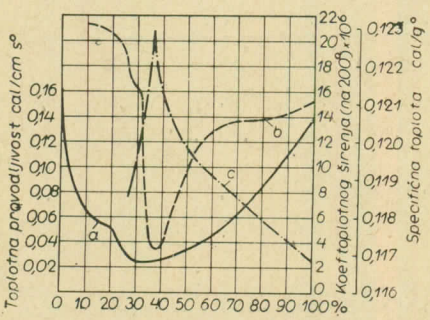
| zatezanje/pritisak | savijanje | uvijanje |
|---|---|---|
| 17,5 | 23 | 18,5—21 |

Trajna jačina

| temp.° | 500 | 600 | 700 |
|---|---|---|---|
| kg/mm$^2$ | 17 | 9 | 3 |

[J. Cournot i M. S. Silva, Rev. Metallurg. 25 (1928), str. 82).]

Tehnološka svojstva. Nikal se može deformisati u toplom i hladnom stanju, dobro izvlačiti, autogeno i električno zavarivati, meko i toplo lemiti (v. Stoffhütte, 2 izd., str. 412), Platiranje se vrši valjanjem u toplom stanju (v. Stoffhütte, str. 292), niklovanje elektrolizom (v. str. 982 i Stoffhütte, str. 113).




*Količina nikla*

a toplotna provodljivost, b toplotno širenje, c specifična toplota.
Sl. 1. Legure gvožđa i nikla

Hemiska svojstva. Nikal ne rđa. Podaci o postojanosti prema koroziji prema različitim sredstvima za nagrizanje v. str. 980 i Stoffhütte, 2 izd., str. 96 i dalje.

Dodaci za legiranje proizrokuju dalekosežne promene: bakar daje povećanu postojanost prema sumpornoj kiselini i dr., hrom, često sa drugim elementima, povećanu otpornost protiv nagrizanja oksidacijom.

**3. Primena.** Izrada aparata za hemisku industriju, bojenje, prehranbenu industriju itd., trenutno postoje razne zabrane za upotrebu

## b) Legure nikla

**Svojstva i primena,** v. tabl. 3.

**Nikal-čelici i hrom-nikal čelici.** Konstruktivni čelici, alatni čelici, čelični liv, Ni 1 do 5%, takode sa Cr, Mo i dr. prema DIN 1662; nemagnetični konstruktivni čelici, 25—28% Ni, v. str. 1017; čelici koji ne rđaju, koji su postojani prema koroziji i na visokoj temp., 8 do 35% Ni uz 15 do 25% Cr, v. str. 920 i dalje, 1012 i dalje, Stoffhütte, 2 izd. str. 851 i dalje.

**Tablica 3. Legure nikla. Sastav i svojstva**

a) Sastav. Karakeristike. Primena

| | Grupa | Sastav % okr. Ni | Cu | Ostalo | Karakteristika i primena |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Nikal-bakar | 15 | 85 | | Velika duktilnost; čaure za metke. |
| 2. | | 20—30 | 80—70 | Fe, Mn | Postojana prema morskoj vodi; kondenzatorske cevi |
| 3. | | 30—45 | 70—55 | | Konstantan; električni otpornici |
| 4. | | 67 | 30 | | Monel; postojan prema koroziji; izrada aparata |
| 5. | Novo srebro | 12—26[1]) | 50—65 | Zn | Postojan prema zamagljivanju, bele boje |
| | | 8—22[2]) | 50—65 | Zn | Pribori za jelo, električni otpornici, muzički instrumenti |
| 6. | Hrom-nikal | 80 | Cr 20 | | Električni otpornici, elementi za zagrevanje, delovi peći, postojani na vis. temp. i prema koroziji |
| 7. | | 60—67 | Cr 25—15 | Fe | |
| 8. | | 8—35 | Cr 15—25 | Fe | Lonci za žarenje, aparati otporni prema koroziji postojani na vis. temp. i prema koroziji; austentični čelici, nemagnetični |
| 9. | Gvožđe nikal (slika 1) | 25—50 | | Fe | Naročita toplotna svojstva, interesantan koef. širenja (36% Ni-O); termobimetali. Žice za zatapanje, merila, klatna za časovnike, instrumenti za merenje sa modulom elastičnosti nezavisnim od temperature; opruge za časovnike i šetalice časovnika, permaloj, izoperm, perminvare i dr., Naročita magnetna svojstva, na pr., električna služba veze, instrumenti za merenje |
| 10. | | 30—36 | | Fe i dr. | |
| 11. | | 36—80 | | Fe i dr. | |
| 12. | Razno | 24—28 | 12—16 Al | Fe i dr. | Legura za trajne magnete, najveća koercitivna sila |
| 13. | | 10—25 | 15—36 Co | | |

[1]) Legure za valjanje. — [2]) Legure za livenje.

**Tablica 3. Legure nikla. Sastav i svojstva** (nastavak)

b) Fizička i mehanička svojstva

| | Grupa | Električni otpor $\Omega$ mm/m² | Temp. koef. elektr. otp. $\times 10^{-5}$/step. | Toplotna provodnost cal/cm s° | Toplot. širenje (0—100°) $\times 10^{-6}$ | Valjano i žareno $\sigma_B$ [1] kg/mm² | $\delta$ [1] % | $H_B$ [1] kg/mm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | 31 | 35 | |
| 2. | Nikal-bakar | | | 0,07 | 15,7 | 32—35 | 40 | 60 |
| 3. | | 0,4—05 | ± 0,5 na | 0,07—0,05 | 15,7—14,6 | 35—40 | 40 | 60—80 |
| 4. | | 0,42 | 0—100° | 0,06 | 13,9 | 50 | 35 | 120 |
| 5. | Novo srebro | 0,3—0,4 (20—26 Ni) | 31 (0—200°) | 0,1—0,5 | 18—21 | 40 | 40 | 80 |
| 6. | | 1,10 | 10 (0—200°) 5(200-1000°) | 0,03—0,04 | 13,6 | 75 | 28 | |
| 7. | Hrom-nikal | 1,10—1,16 | 17(0—100°) 36 (0—1000°) | 0,03—0,04 | 13,5—14,5 | 75—80 | 28—27 | |
| 8. | | 0,8—1,4 | | | 16 | 60—70 | 50—30 | |

[1]) Jačina pri kidanju $\sigma_B$; izduženje pri kidanju $\delta_{10}$, $l = 10\,d$; tvrdoća po Brinell-u $H_B = 1/10/30$.

**Tablica 4. Razne legure**

| | DIN standard | Sastav u % Ni | Cu | Sn | Pb | ost. | Primena |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nikal-aluminijum-legura | 1713 | 1—5 | 1—4,5 | — | — | Mg Si, Al | Delovi motora, otporni prema toploti, poklopci cilindara, motorne poluge, klipovi i dr. |
| Aluminijum-bronze[1]) . . | 1714 | 4—12 | 78—90 | — | — | 4—12 Al | Delovi postojani u morskoj vodi, brodski propeleri, armature za vrelu paru, zupčanici i dr. |
| Olovo-bronze[1]) | 1716 | 0,5—4 | 59—70 | 0—8 | 20—33 | — | Ležišta, armature za srednje pritiske |
| Specijalni mesing . . . | 1709 list 2 | 1—10 | 54—62 | i drugi | | | Armature, brodski propeleri, posteljice ležišta, zupčanici it.d. |

[1]) Mera skupljanja, v. str. 611.

**Liveno gvožđe sa niklom.** Austenitno, sa 12 do 35% Ni, ne može se magnetisati, postojano je prema koroziji. Upotrebljava se za izradu električnih mašina, aparata. Perlitno, do 3% Ni, a i Cr, Mo i dr., takođe kaljeno i oplemenjeno. Upotrebljava se za izradu motora, košuljica za cilindre, radilica i bregastih vratila i drugo, ima povećanu postojanost

prema lužinama. Nikal-tvrdi liv za valjanje u toplom i hladnom stanju, upotrebljava se za alatke otporne prema habanju, Iscrpnije, v. Stoffhütte, 2 izd., str. 415.

**Legure sa različitim sadržajem nikla**, v. tabl. 4.

**Niklove soli.** Nikal-sulfat, nikal-amonijum-sulfat i nikal-hlorid upotrebljavaju se za galvansko niklovanje.

### c) Kobalt (Co)

**1. Dobivanje.**

Glavna nalazišta: Belgiski Kongo i Severna Rodezija, Francuski Maroko, Finska, Burma, Kanada (ostaci pri preradi bakra i gubitaka pirita), u Nemačkoj se nalaze samo male količine.

**Trgovačke vrste:** kocke, okrugli komadi, zrna sa 97—99% Co, 0,05 do 2% Ni, 0,1 do 0,2% C, 0,05 do 0,2% Cu, 0,1 do 0,4% Fe (po mogućnosti ne treba da sadrže As, Sb, P i S koji su u čeliku štetni), metalan prah sa 90 do 94% Co (kao materijal za sinterovanje).

**2. Fizička, hemiska i tehnološka svojstva** su slična svojstvima nikla (boja: ružičasto-bela). Postojanost prema koroziji je nešto manja, podobnost deformisanja teža nego kod nikla. Fizička svojstva v. tabl. 2, str. 988. Magnetna transformacija na 1150°.

**3. Primena,** poglavito kao dodatak za legure; takođe kao katalizator za sinteze pogonskih goriva.

**4. Legure.** Legure gvožđa i nikla koje sadrže kobalta. Perminvare sa dobrim permeabilitetom. Najpoznatija legura sadrži 25% Co, 45% Ni, 30% Fe, vidi Stoffhütte, 2 izd., str. 417.

Magnetne legure: Čelici za trajne magnete sa 5 do 40% Co i dodacima Cr, Mo, W (str. 1018). Koercitivna sila 85 do 250 Ø. Legure sa 15 do 36% Co i 10 do 25% Ni i isto toliko Ti daju 500 do 800 Ø Co povećava magnetnu zasićenost Fe. Najveća vrednost pri 43,6% Co (za jake elektromagnete). Brzorezni čelici v. str. 1020 i Stoffhütte, 2 izd., str. 341, tvrdi metali v. niže.

**5. Legure iz oksida ili soli:** kobaltovo plavo za bojenje emajla stakla i keramike, v. Stoffhütte, 2 izd., str. 779.

### d) Tvrdi metali

**1. Vrste sastav i svojstva[1]).** Kobalt služi kao vezivno sredstvo za karbide i određuje (kao i nikal) žilavost. Pomoću karbida se postiže otpornost prema habanju, tvrdoća na visokoj temperaturi i dug vek. Dobivaju se sinterovanjem ili topljenjem.

Davanje oblika tvrdim metalima, posle dobivanja sinterovanjem mešanog metalnog praha, odnosno stopljenih legura, može se vršiti samo brušenjem sa tocilom od silicijum-karbida i lapovanjem sa dijamantskim tocilom za glačanje.

Razlikuju se ove vrste legura (tabl. 5): sinterovani tvrdi metali sa volfram-karbidom za niske temperature rezanja i materijale sa kratkim strugotinama, isto tako sa dodatkom titan-karbida za žilavo tvrde materijale i više temperature rezanja. Obe

---

[1]) Rapatz, Pollack i Holzberger: St. u E. 58 (1938), str. 272 i dalje. — Techn. Mitt. Krupp: Forschungsberichte 1, maj 1938. str. 25. — v. i Stoffhütte, 2 izd., str. 922.

vrste su vrlo krte, ali omogućuju izvanredan učinak. (Na pr., obradu legiranog tvrdog liva — sa preko 100° po Shore-u). Livene legure slične stelitu pokazuju veću žilavost i time smanjenu opasnost od sloma; one služe za mnogostrana naprezanja, na pr., mašine za obradu sa velikim brojem noževa (upotreba naročito u U. S. A.). Vidi II knj., Odeljak mašine alatke.

Tvrdoća na 20° iznosi oko 80 do 90° Rockwell-a. Velika jačina pri pritisku iznosi oko 400 kg/mm². Postojani su prema koroziji, zato se mogu upotrebiti i u hemiskoj industriji.

**2. Učinak i primena.** Odlučujuće za učinak jeste pre svega pravilan izbor vrste koja je najpovoljnija za određeni materijal (tabl. 5).

AWF[1]) je u zajednici sa proizvođačima tvrdih metala izdao uputstva, »AWF 118 Richtlinien für die Kennzeichnung von Hartmetallwerkzeugen«, koja važe od 1-og oktobra 1939; ona obuhvataju grupe $F_1$, $S_1$, $S_2$, $S_3$, $G_1$, $G_2$, $G_3$, $H_1$, $H_2$ u zavisnosti od područja primene.

Podaci za upoređivanje učinka pri upotrebi tvrdog metala i brzoreznih čelika: sa 1 kg tvrdog metala postiže se prosečno isti učinak rezanja kao sa 40 kg brzoreznog čelika.

**Trgovačke oznake:** akrit, bolerit, cedit, celzit, miramant, rajnit, titanit, vidia i dr.

**Tablica 5. Vrste legura tvrdog metala**

| Sastav (glavni sastojci) | | | Primena |
|---|---|---|---|
| 95% Volfram karbid | — | 6% Co | Za materijale sa kratkim strugotinama i niskim temperaturama (za sivi liv, bakar, bakarne legure, lake metale, veštačke i presovane materije, tvrdo i veštačko drvo, staklo, porcelan, kamen) najveći učinci*) |
| 80% Volfram karbid | 16% Titan karbid | do 10% Co | Za žilave materijale i visoke temperature rezanja [za sve vrste čelika]*) |
| 2—3% C, 26—33% Cr, 9—25% W, | 38—55% Co, 0—10% Ni | | Za žilave materijale i sa kratkim strugotinama (za mnogostrana opterećenja). |

*) Podgrupe sa trgovačkim oznakama v. Betriebsblatt AWF 118, odnosno DIN E 4971[1]).

## G. Plemeniti metali

Obradio Dr. Ing. O. Proske, Berlin

### a) Srebro (Ag)

**Poreklo.** U čistim rudama srebra je srebro preovlađujući sastojak. U rudama olova i bakra srebro je u malim količinama; ono se dobiva pored neplemenitih metala pri postupku njihove prerade.

Stapanje srebra i bakra, u različitim procentnim odnosima, u cilju dobivanja u trgovini uobičajenih legura vrši se u grafit-

[1]) AWF - Mitteilungen 21 (1939), sv. 8.

nim loncima pod slojem ugljenog praha. Osim bakra mogu se upotrebiti i drugi neplemeniti metali, i to kao dodatak, kao Cd, Zn, Ni. Legure srebra sa ovim sastojcima delom se lakše obrađuju i potamne na vazduhu sporije nego čiste legure srebra i bakra.

U pojedinim zemljama sadrže legure različitu količinu srebra, na pr., 80%, 83%, 83,5%, 90%, 92,5% Ag, ostatak Cu itd. Kod Ag-Cu-legura se otpuštanjem na 300° povećava tvrdoća do oko 100%.

U Nemačkoj se prerađuju uglavnom legure sa 80% Ag; za standardizovanje su predviđene dve legure: 83,5% Ag i 92,5% Ag.

Nemački predratni novac sadržao je 90% Ag, ostatak Cu. Novac kovan posle rata sadržao je 50% Ag i 50% Cu. Novac iskovan 1933: komad od 5 maraka sa 90% Ag i 10% Cu teži 13,889 g, komad od dve marke sa 62,5% Ag i 37,5 Cu teži 8 g. T. zv. standard- ili sterling-srebro ima 92,5% Ag.

Za lemljenje legura srebra, ali i legura bakra, gvožđa, čelika, naročito pri izradi aparata upotrebljavaju se mnogostruki lemovi srebra sa 5 do 80% Ag, tačke topljenja 600 — 800°. Oni su sastavljeni na osnovi srebro-bakar-cink sa dodacima Cd, Sn, Ni, Mn; v. i str. 1055, DIN 1710.

Sadržaj srebra, isto tako i sadržaj Au i Pt određuju se u praksi »dokimastičnom probom« (probom u vatri).

**Svojstva.** Čisto srebro ima savršen metalan sjaj i čistu belu boju, izvanredno se može izvlačiti, i prerađivati u najfinije žice i folije.

Fizička svojstva v. tabl. 2, str. 988.

Na običnoj temperaturi i na toploti je srebro vrlo postojano prema kiseoniku i alkalnim hidroksidima, međutim, od sumpornih jedinjenja srebro brzo pocrni. O koroziji v. str. 980.

Pri sjedinjavanju Ag sa sulfidima (Heparova reakcija) nastaje t. zv. oksidno srebro (odnosno, tula srebro).

Od naročitog su značaja soli srebra: nitrat srebra, halogenidi srebra i cijanidna jedinjenja srebra. Pri dobivanju svih soli srebra polazi se od nitrat srebra sa 63,53% Ag. Ovaj dolazi u trgovinu u obliku kristala, istopljenih pločica, šipki od 2 do 8 mm prečnika i u obliku praha. Nitrat srebra dobiva se rastvaranjem srebra u azotnoj kiselini i ukuvavanjem rastvora do kristalizacije.

Ovaj nitrat srebra nalazi primenu pre svega u fotografskoj i filmskoj industriji, on se u emulziji prevodi u halogenid osetljiv prema svetlosti. Redukcijom amonijačnog rastvora nitrat srebra metalno srebro se taloži na staklu kao fina opna; upotrebljava se za izradu ogledala i termos-boca.

Oligodinamičko dejstvo srebra se iskorišćava u postrojenjima za prečišćavanje vode; ono se ispoljava u moći ubijanja bakterija, koju srebro ima čak i u sasvim neznatnim koncentracijama.

**Čisto srebro** se zbog svoje postojanosti na vazduhu i toploti upotrebljava u elektrotehnici u obliku folija i žica. Dimenzije 0,03 do 1 mm prečnika. Pri velikim jačinama struje upotrebljava se legura od 50% Ag i 50% Cu. Kontakti u industriji slabe struje

izrađuju se od žice od čistog srebra (okr. 1 mm). Limovi čistog srebra debljine nekoliko milimetara, služe kao anode u galvanskim kupatilima sa srebra-cijanidom kao elektrolitom, za prevlačenje srebrom skoro svih predmeta od novog srebra, bakra, mesinga, gvožđa, da bi se sprečila njihova brza oksidacija.

Kod prevlačenja srebrom razlikuje se: 1. sasvim lako prevlačenje, t. zv. postupak potapanja ili postupak svarivanja; 2. bolje, trajnije prevlačenje dobiva se putem galvanskog taloga; 3. vrlo trajna prevlaka srebra, dobiva se kad se bakarni ili drugi limovi platiraju čistim srebrom i valjaju (srebrni doublé). Ovakvi limovi služe za optičku industriju. Srebrom platirane bakarne žice upotrebljavaju se u industriji predenja.

**Trgovačka roba.** Na berzi se srebro kotira kao čisto srebro. Šipke pokazuju žig laboratorije za ispitivanje i broj, a oba se moraju slagati sa pripadajućom potvrdom analize; kao osnova za obračunavanje služi čist sadržaj dat potvrdom analize. Najčistije srebro u trgovini je elektrolitičko srebro, i to u šipkama, u zrnima, kao lim i kao žice čistoće 99,90 do 99,99% Ag.

Standardizovanjem je predviđeno elektrolitičko srebro sa 99,9% kao A-srebro, drugi kvalitet, B-srebro, sadrži najmanje 99,6% Ag.

Neznatni sporedni sastojci su uopšte Cu i Pb. Podaci u potvrdi analize odnose se na hiljadite delove, dakle 100% = 1000 delova.

Nemački zakon od 1884 g. daje uputstva za finoću i propise o žigosanju plemenitih metala. U Nemačkoj je za srebrne predmete dozvoljena finoća samo 800/1000 ili više; nakit ma koje finoće sme da se žigoše. U celoj robi a ni u pojedinim sastavnim delovima srebrnih predmeta ne sme prava finoća da otstupa više od 8/1000 ispod naznačene. Uz ovo otstupanje mora predmet u svemu, zajedno sa nanetim lemom, da ima naznačenu finoću. Kod nakita granica greške ne sme da pređe 10/1000, kada je predmet u celosti rastopljen.

### b) Zlato (Au)

**Poreklo.** Izluživanjem sa natrijum-cijanidom dobiva se najveći deo zlata, koje se u metalnom obliku nalazi u prirodi kao rudno ili nanosno zlato. Sada se veće količine zlata dobivaju pri elektrolizi bakra preradom anodnog mulja u metalno zlato.

**Svojstva.** Čisto zlato ima karakterističnu žutu boju, vrlo je meko i može se kovati, na pr., u listasto zlato do debljine od 0.0001 mm. Galvanskim putem je pošlo za rukom da se izrade providne folije debljine 1 milionitog dela cm.

U stopljenom stanju zlato svetli zelenom bojom. na belom usijanju jako isparava. U propuštenoj svetlosti izgledaju vrlo tanki zlatni listići plave ili svetlo zelene boje. Au se zavaruje na hladno. Prema kiseoniku zlato ima vrlo mali afinitet i prema kiselinama je takođe vrlo postojano; rastvara se samo u carskoj vodici. Zlato i pri zagrejavanju ne oksidiše. Vrlo slabo potamni u prisustvu gasova koji sadrže sumporovodonika.

Fizička svojstva v. tabl. 2, str. 988.

**Primena.** Čisto zlato je vrlo meko i mora se za većinu svrha legirati sa drugim metalima. Zlato postaje tvrđe, ne gubeći žilavost, sa različitim dodacima, pre svega sa Ag, Cu, Ni, Pt i Pd

Legure sa 90% Au i 10% Cu se upotrebljavaju za kovanje novca. Za industriju nakita predložena su za standardizovanje tri stepena sadržaja zlata:

75% Au, 58,5% Au i 33,3% Au.

Uobičajeno je da se zlato označava **karat**-ima, pri čemu je 24 karata = 1000 delova = 100%.

Količina dodataka Cu, Ag itd. bira se potpuno prema željenoj boji, odnosno svrsi upotrebe. Belo zlato, u bižuteriji kao zamena za platinu, sastoji se iz zlata sa dodatkom metala Pd i Ni, koji jako boje u belo. Zbog svoje hemiske postojanosti upotrebljavaju se legure zlata u velikoj meri u zubarstvu u obliku lima, kao legura velike vrednosti od oko 20 do 22 karata. Neznatne količine Pb, na pr., 0,06%, čine zlato veoma lomljivim i neupotrebljivim.

Zlatni lemovi sadrže prema svrsi upotrebe legure zlata manje Au od samih legura, i veće dodatke Ag, Cu, Zn i Cd, dakle, imaju nižu tačku topljenja. Zlatni lemovi moraju imati istu boju kao legura zlata koja se lemi.

**Trgovačka roba.** Zlato je u trgovini u obliku šipki, zrna, traka, limova i žica. Potvrda analize daje obaveštenje o finoći zlata. Pored čistog zlata, trguje se u velikoj meri i sa legurama; u upotrebi je legura zlata sa 90% Au u obliku velikih šipki. Osim toga se zlato prodaje u obliku lima i žica skoro u svim karatima.

Za standardizovanje su predviđeni: A-zlato sa najmanje 99,96% Au i B-zlato sa najmanje 99,90% Au. A-zlato žigosano većinom sa 1000, obično pretstavlja elektrolitičko zlato.

Hloridi zlata sa 49,5 do 51,5% Au upotrebljavaju se u fotografskoj industriji za davanje tona slikama, a cijanidi zlata u galvanskoj industriji za pozlaćivanje drugih metala. Veća trajnost prevlake zlata postiže se pozlaćivanjem u vatri. U optičkoj industriji i industriji nakita upotrebljavaju se pod imenom »zlatni dublé« neplemeniti metali, pre svega bakar i legure bakra, platirane legurom zlata. Sagorevanjem fino raspodeljenog zlata u prahu ili jedinjenja zlata dobiva se na porcelanu prevlaka zlata koja čvrsto prijanja, i koja se može prema potrebi polirati.

### c) Platina (Pt)

**Poreklo.** Platina se dobiva u Uralu, u Americi i od nedavno u Južnoj Africi.

Fizička svojstva v. tabl. 2, str. 988.

Platina ima tamno belu boju i mehanički se može vrlo dobro obrađivati. Prema kiseoniku ima vrlo mali afinitet. Zbog postojanosti prema kiselinama i hemikalijama upotrebljava se u hemiskoj industriji i u laboratorijama u obliku tiglova, šolja i žica. U industriji sumporne kiseline služi kao katalizator, kao prenosilac kiseonika.

Pri spravljanju katalizatora polazi se od hlorida platine: natopi se azbest, ili neka druga materija rastvorenim hloridom platine, pa se u njemu razori jedinjenje platine jakim zagrevanjem, tako da se metalna platina u najfinijem obliku raspodeli po velikoj površini.

Najpoznatija so platine je hlorid platine sa okruglo 40% Pt. Hlorid platine ima promenljivi sadržaj Pt. Veće količine prodaju se uvek po prethodnoj analizi. Osim toga: Pt-kadmijum-hlorid sa okruglo 47,5% Pt, upotrebljava se za fotografske svrhe.

Le Chatelier-ov termoelement za merenje temperatura do okruglo 1600° sastoji se iz dve na krajevima stopljene žice, od kojih je jedna žica od čiste Pt, a druga je legura od 90% platine i 10% rodijuma. Fino izvučena Pt-žica, ispletena u najfiniju mrežu, primenjuje se u industriji azota. Platinske folije upotrebljavaju se za peći sa platinskim otpornikom.

**Trgovačka roba:** A-platina, fizički čista Pt (stepen čistoće 4, najviše 0,01% nečistoća).

B-platina, hemiski čista Pt (stepen čistoće 3, najviše 0,1% nečistoća).

C-platina, platina za aparate (stepen čistoće 2, najmanje 99,7% Pt, Ir najviše 0,3%, ostali metali najviše 0,1%).

D-platina, tehnički čista Pt (stepen čistoće 2, najmanje 99,5% Pt-metala, od toga najmanje 99% Pt).

E-platina, platina za bižuteriju (stepen čistoće 1, najmanje 95% Pt, u trgovini uobičajeno 96% Pt, sa razloga žigosanja).

Gornji stepeni čistoće podrazumevaju se prema navodima M y l i u s-a. Industrija nakita, međutim, razlikuje:

Kvalitet III tehnički čist, sa 99,5% Pt; kvalitet IV 96% Pt, 4% Cu; kvalitet V 96% Pt, 4% Pd.

Standardizovanje legura platine dosada još nije predviđeno.

### d) Paladijum (Pd), Rodijum (Rh), Iridijum (Ir) [1]

Ovi metali se skoro svi nalaze u mineralima platine. Boja Pd liči na boju Ag, nešto je belja od Pt. Legira se sa Au, Ag, Cu i Pt. Dejstvo Pd da boji belo dolazi karakteristično do izražaja u belom zlatu. U zubarstvu se primenjuju legure Pd sa Ag sa dodacima Au i Cu; one se mogu dobro obraditi, postojane su u ustima i zbog svoje jeftinoće zamenjuju skupo zlato za zube.

Rh nalazi primenu u sjajnoj pozlati, ovde on prouzrokuje čvrsto prijanjanje prevlake zlata po keramičnoj masi.

Ir daje legurama platine veliku čvrstoću i otpornost prema kiselinama. Prototip metra se sastoji iz 90% Pt i 10% Ir.

## H. Drugi metali i legure

Obradio Dr.-Ing. O. P r o s k e, Berlin

### a) Hrom (Cr)

**Poreklo:** U prirodi kao hromna gvozdena ruda (hrom oksid $Cr_2O_3$ i gvožđev oksid $Fe_2O_3$); bele je boje sa prelivom u čelično sivo.

**Svojstva**[2]). Specifična težina 7,1 kg/dm³, fizička svojstva, podaci za tačku topljenja variraju u širokim granicama. O koroziji v. str. 980.

Oba najpoznatija jedinjenja: kalium-bihromat služi za bojenje metalnih predmeta, a hrom-oksid za brušenje i glačanje metala. Fero-hrom (tabl. 1) upotrebljava se za izradu hrom-čelika (str. 1017 i dalje).

---

[1]) Fizička svojstva v. tablicu 2. str. 988.

[2]) Vidi i tabl. 2 str. 988.

Tablica 1. Sastav fero-hroma[1])

| Fero-hrom | Cr | Fe | C | Mn | Si | S + P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. U loncima . . . . . | 19,8 | 76,1 | 3,8 | 0,3 | — | — |
| 2. u visokoj peći . . . . . | 45,4 | 44,9 | 8,6 | 0,4 | 0,6 | 0,1 |
| 3. u električnoj peći . . . | 65,9 | 28,25 | 5,6 | — | 0,2 | 0,05 |
| 4. rafinisan | 68,1 | 29,9 | 1,9 | — | 0,1 | 0,02 |

Hromovanje elektrolitičkim putem vidi str. 982. Povoljno trajno hromovanje postiže se tek prethodnim niklovanem. Zbog hemiske postojanosti hroma hromuju se naročito oni delovi, koji su izloženi jakim atmosferskim uticajima, kao na pr., delovi karoserija automobila, brodski delovi itd.

Najpoznatije legure hroma, koje ne sadrže gvožđa v. tabl. 2.

Tablica 2. Legure hroma[1])

| Oznaka | Ni | Cr | Au | Ag | Cu | Zn | Svojstva |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cr-nikal legura | 65—67,5 | 30 | 0,5—5 | 0,24—2 | — | — | Velika mehanička i hemiska otpornost |
| Cr-nikal . . . | 80—95 | 5—20 | — | — | — | — | U obliku žica i traka za peći za žarenje i topljenje |
| Cr-Ni-Zn po Parkeru . . . | 10 | 10 | — | — | 60 | 20 | Za mašinske delove |

### b) Molibden (Mo)

**Poreklo:** vezan sa sumporom kao molibdenit ($MoS_2$) i molibden-olovo oksid ($Pb\,Mo\,O_4$).

**Svojstva.[2])**

Specifična težina 10,2 kg/dm³; tačka topljenja 2620°.

Molibden nije magnetičan; u obliku praha je sive boje, stopljen skoro je srebrnasto beo. Na vazduhu metal postupno potamni. Oksidiše na okruglo 600° u molibden-trioksid ($MoO_3$); metal se rastvara u vreloj sumpornoj i azotnoj kiselini.

**Primena.** Najveće količine metala primenjuju se u industriji čelika u obliku fero-molibdena (Stoffhütte, 2 izd., str. 424). Osim toga u fabrikaciji sijalica za proizvodnju držača za volframova vlakna. Molibden se koristi i kao zamena za Pt; kod električnih peći sa otpornikom mogu se postići sa Mo-žicama više temperature nego sa Pt-žicama. Dalje je sastavni deo legura za brzo rezanje (str. 1022).

### c) Volfram (W)

**Poreklo:** u prirodi kao šelit ($CaWO_4$) i kao volframit ($mFeWO_4 + nMnWO_4$).

**Svojstva.[2])**

Specifična težina 19,2 kg/dm³; tačka topljenja 3370°.

[1]) Schwarz: Legierungen, Stuttgart, 1920. Enke. — Vidi i Stoffhütte, 2 izd., str. 403.

[2]) Vidi i tabl. 2, str. 988.

Metal se dobiva redukcijom volfram-trioksida ($WO_3$). Boja mu je sjajno čelično siva, ne menja se na običnoj temperaturi. Zagrevanjem volframa u prahu nastaje ponovo volfram-trioksid. Od svih metala on ima najvišu tačku topljenja. Nije magnetičan, kiseline ga oksidišu u volframovu kiselinu. Volframovi karbidi su vrlo tvrdi, imaju skoro tvrdoću dijamanta. Upotrebljavaju se za matrice za izvlačenje žice. Volframove tanke žice upotrebljavaju se pri izradi sijalica. Naročito su poznate legure volframa i gvožđa, i volfram-brzorezni čelici (str. 1022).

Naročite legure[1]) su:

volfram-bronza sa 90% Cu i 10% W,
volfram-mesing sa 60% Cu, 22% Zn, 14% Ni i 4% W.

**Primena.** Lako rastvorni natrijum-wolframit ($Na_2WO_4$) služi za natapanje tkanina, da bi se ove sačuvale od sagorevanja. Volfram se upotrebljava za električne kontakte, gde se jačim stvaranjem varnica mogu postići više temperature; ovde se upotrebljavaju pored čistog volframa i presovani komadi od praha volfram-srebra ili praha volfram-bakra. Kako se volfram može izvlačiti u žice do 0,005 mm prečnika upotrebljava se i za vešanje galvanometarskih igli, za končanice itd.

### d) Živa (Hg)

**Poreklo.** Cinober, živin sulfid sa oko 86% Hg, odakle se ona dobiva zagrevanjem. Osim toga se živa dobiva iz otpadaka amalgama u zubarstvu. Uobičajeno prečišćavanje žive vrši se ceđenjem metala kroz kožu, odnosno tkanine.

**Svojstva[2]):**

Specifična težina 13,5457 na 20°; tačka topljenja — 38,83°.

Živa je srebrnasto bela, na običnoj temperaturi je tečna, a isparava već na sobnoj temperaturi. Pošto su živine pare jako otrovne, to se pri radu sa živom zahteva naročita opreznost. Živa se rastvara u razblaženoj azotnoj kiselini i u carskoj vodici, i oksidiše neposredno pre tačke ključanja u crveni oksid Hg O, dok siva opna na površini metala pretstavlja $Hg_2O$, koji se stvara na vlažnom vazduhu.

Živa se legira lako sa većinom metala (amalgami). Ag-amalgami se primenjuju u zubnoj tehnici kao plombe. Meša se fino isitnjena Ag-Sn-legura sa 40 do 70% Ag, 30 do 55% Sn i ukupno do 5% Cu, Zn, Au i Pt sa živom. Posle 1 do 2 časa su ove legure tako tvrde, da izdržavaju opterećenje žvakanjem.

U poslednje vreme se sve manje upotrebljavaju Cu-amalgami u ustima čoveka, zbog otrovnosti.

Za pozlaćivanje metala u vatri upotrebljava se amalgam zlata, za pravljenje ogledala primenjuju se Sn-amalgami.

---

[1]) Schwarz: Legierungen, Stuttgart 1920, Enke.
[2]) Vidi i tabl. 2, str. 988.

**Primena:** Metal se upotrebljava u termometrima i barometrima; za rad vakuum-pumpi i u naučnim laboratorijumima za različite svrhe. Kod lampi sa živinom parom živa isparava električnim pražnjenjem. Nastali ultravioletni zraci svetle vrlo jako. Metalna živa i koloidna živa primenjuju se u medicini, isto tako i obe najpoznatije živine soli HgCl, kalomel, i $HgCl_2$, sublimat. Živin fulminat je vrlo važan u tehnici eksploziva.

### e) Tantal (Ta)

**Poreklo:** skoro uvek zajedno sa nijobom kao tantalova kiselina $Ta_2O_5$.

**Svojstva**[1]**:**

Specifična težina 16,6 kg/dm³, tačka topljenja 2850°.

Tantal je sjajan, platinasto siv metal, oksidiše lako već na temperaturama iznad 100° i sagoreva na veoma visokim temperaturama u Ta-kiselinu, $Ta_2O_5$.

Legure koje se mogu ostvariti sa nizom metala, nisu u praksi mnogo važne. Samo fluorovodonična kiselina napada Ta; inače ga nikakva kiselina ne rastvara, čak ni carska vodica. Tantal je prema uglju i stopljenim metalima isto tako osetljiv kao i platina.

**Primena:** Tantal se upotrebljava u poslednje vreme kao zamena za platinu. Može se valjati u tanke limove i izvući u tanke žice. Zato se tantal ranije upotrebljavao za pravljenje električnih sijalica, gde je docnije zamenjen volframom.

Zbog svoje hemiske postojanosti, tantal se upotrebljava za izradu hirurških i zubarskih instrumenata. Dalje se upotrebljava za emisione cevi i ispravljače, i kao zamena Pt-elektroda za elektrolizu.

### f) Cer (Ce)

**Poreklo:** kao cerid sa oko 60% cera.

**Svojstva**[1]**:**

Specifična težina 6,77 kg/dm³.

Cer je gvozdeno sive boje, vrlo tegljiv metal. Upotrebljava se za legiranje magnezijuma. Cer-dioksid se upotrebljava za izradu svetlećih cevi sa gasom. Kao metal nalazi pre svega primenu za cer-gvožđe. Ono se upotrebljava sa razloga svoje sagorljivosti u razne svrhe kao metal za paljenje. Cer-gvožđe oksidiše lako na vlažnom vazduhu i zato za transport dobije zaštitni sloj potapanjem u firnis, petroleum ili galvaniziranjem.

---

[1]) Vidi i tabl. 2. str. 988.

# V. Prirodni kamen i zemlje[1])

Obradio profesor Dr. Bernauer, Charlottenburg

**Opšte**[2]). Pri izboru za građevinske potrebe treba voditi računa o otpornosti stena prema eroziji (vlaga, smrzavanje i toplota), o mehaničkom naprezanju (pritisak, istezanje, savijanje, habanje), kao i o hemiskom uticaju.

**Tablica 1. Prva ocena postojanosti prema eroziji** (prema Breyer-u)

| Br. | Karakteristika | Dobar kamen | Kamen slabije vrednosti |
|---|---|---|---|
| 1 | Zvuk | jasan | tup, potmuo |
| 2 | Otpornost prema udaru | teško se razbija | lako se razbija |
| 3 | Otpornost ivica | teško se odlamaju | lako se odlamaju |
| 4 | Habanje | malo | jako: sa stvaranjem praha, peska, brašna |
| 5 | Kora od korozije | ne postoji, tanka kao hartija | debele kore |
| 6 | Boja | izrazita (tamna) | bez sjaja (jasna) |
| 7 | Sjaj | sjaj minerala, kao ogledalo | mineralno mutan. zamućen |
| 8 | Pod rukom | tvrd, hrapav | mek, mastan |
| 9 | Struktura | zrnasta | zemljasta, kao kreda, kao glina |
| 10 | Površina preloma | školjkasta, glatka, jednolika | iseckana, bockasta, hrapava, nejednolika |
| 11 | Struktura | kompaktan, masivan | cepljiv, škriljast, lako puca, vlaknast |
| 12 | Sklop | jednolik | nejednolik |
| 13 | Veza zrna | čvrsta, temeljna | labava |
| 14 | Primanje vode | malo, ne propušta vodu | mnogo, prima vodu |
| 15 | Tvrdoća pri zarezivanju-paranju | teško se zareže | lako se zareže |

[1]) Podrobnije podatke v. Stoffhütte 2. izd., str. 437 i dalje.

[2]) **Literatura.** — Herrmann: Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie, 2 izd., Berlin 1916, Borntraeger. — Hirschwald: Die bautechnisch verwendbaren Gesteinsvorkommen des preussischen Staates, Berlin 1910, Borntraeger. — Hirschwald: Handbuch der Bautechnischen Gesteinsprüfung, Berlin 1912, Borntraeger. — Hirschwald: Leitsätze für die praktische Beurteilung, zweckmässige Auswahl und Bearbeitung natürlicher Bausteine, Berlin 1915, Borntraeger. — Klockmann: Lehrbuch der Mineralogie, 11 izd., izdao Ramdohr, Stuttgart 1936, Enke. — Krüger: Mineraltechnik für Bauingenieure, Berlin 1929, Allg. Industrie-Verlag. — Rinne: Gesteinskunde, 11 izd., Leipzig 1928, Jänecke. — Rosenbusch: Elemente der Gesteinslehre, 4 izd., Stuttgart 1923, Schweizerbart. — Stiny: Technische Gesteinskunde, Wien 1929, Springer. — Stiny: Die Auswahl und Beurteilung der Strassenbaugesteine, Wien 1935, Springer. — Terzaghi: Erdbaumechanik, Leipzig u. Wien 1925, Deuticke. — Wieland u. Stöcke: Merkbuch für den Strassenbau, Berlin 1934, Ernst & Sohn. — Handbuch der Steinindustrie, izdao Weiss, Bd I: Die nutzbaren Gesteinsvorkommen Deutschlands, Berlin 1915, Union Deutsche Verlagsges. — Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz, Beträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, V. Lfg. Bern 1915, Francke.

Pored toga su važna zapažanja u kamenolomu i iskustva stečena na starim građevinama. Drugi podaci dobivaju se laboratorijskim ispitivanjem petrografskih svojstava, poroznosti, primanja vode, postojanosti na mrazu jačine pri pritisku i zatezanju, habanju, žilavosti, otpornosti prema hemiskim uticajima. Brojni podaci v. tabl. 3, str. 1088. Vidi i DIN 2100, 2101, 2108 i 2109, Ispitivanje prirodnog kamena.

### Podela

### A. Eruptivne stene

a) Dubinske stene (plutonske stene). Magma u dubini lagano se kristalizovala, usled toga krupno zrnasta. Granit, sianit, diorit, gabro.

b) Pukotinske (žilne) stene. U pukotinama stvrdnuti nanosi iz dubinske kamene magme. Sastav delom prema tom nanosu (neutralne pukotinske stene), delom kiseo ili bazičan.

c) Eruptivne stene. Brzo stvrdnuta magma, pod vodom ili u sveže nanetom sedimentu. Struktura porfirska, zrnasta zbijena, staklasta.

Mlađe eruptivne stene (tercijarno ili mlađe): liparit, trahit, fronolit, decit, andezit, bazalt.

Starije eruptivne stene: kvarc-porfir, porfir bez kvarca, porfirit, melafir, diabas.

Dodatak: Vulkanski tufovi, stvrdnute, prvobitno rastresite vulkanske lave.

### B. Sedimentne stene

Nastale usled erozije i premeštanja starijih stena, najčešće složene u slojeve.

a) Mehanički sedimenti. Krupnoklastični: pesak, šljunak; peščar, kvarcit, arkoza, konglomerat (Grauwacke), običan konglomerat, breča. Sitnozrnasti: glina, ilovača (uma), laporac, les; glinasti škriljac.

b) Hemiski sedmerti. Neorganski: gips, anhidrit. Uglavnom organski: kreč, dolomit, kremen.

### C. Metamorfne stene (transformisane stene)

Nastale od A ili B.

a) Dodirne stene (dejstvo toplote): mermer, snopovski škriljac, rožasta stena.

b) Kristalasti škriljac u pravom smislu (transformisan usled pritiska i pomeranja): gnajs, liskunasti škriljac, amfibolni škriljac (Hornblendeschiefer).

## A. Eruptivne stene

### a) Dubinske stene

Struktura krupna do srednje zrnasta, bez pravca.

**1. Granit.** Mineralni sastav: ortoklas, plagioklas, kvarc, pored toga u stvarnom granitu (granitit) još i biotit. U dvostrukom liskunastom granitu, muskovit-granitu, amfibol-granitu, augit-granitu, biotit je zamenjen više ili manje sa mineralima koji daju steni ime.

Boja: svetlosiva, tamnosiva, crvena, zelenkasta, plavičasta. Kad je erodiran: žućkast, zamućen, sa mrljama kad rđa.

Primena: kaldrma, tucanik, građevinarstvo i građevine na vodi, vajarstvo.

Nalazišta: Schwarzwald, Odenwald, Fichtelgebirge, Bavarska šuma, Harz, Šleska, Gornja i Donja Austrija, Češka, područje Gottharda, Bornholm, Švedska.

2. **Sienit.** Mineralni sastav: ortoklas, plagioklas, i amfibol (stvarni sienit); umesto amfibola takođe više ili manje biotit ili augit.

Boja: crvena do smeđa, siva, zelenkasta, crvenkasta.

Primena: kao granit.

Nalazišta: Dresden, Meissen, Nimptsch u Šleskoj, Schwarzwald, Donja Austrija.

Podvrsta: eleolitsienit. Feldspat, zamenjen delom eleolitom (= nefelin). Šareno prelivajući augit-nefelin-sieniti iz južne Norveške mnogo se bruse za fasade.

3. **Diorit.** Mineralni sastav: plagioklas sa amfibolom, biotitom ili augitom; sa nešto kvarca. Prema tome odgovarajući naziv.

Boja: siva, zelenosiva, crno-belo prskano.

Primena: kao granit.

Nalazišta: Schwarzwald, Odenwald, Kyffhäuser, Ilmenau u Tiringiji, Langenbielau u Šleskoj, Švedska, Klausen u Tirolu.

4. **Gabro** (Gabbro). Mineralni sastav: bazični plagioklas i dialag (Gabbro) ili amfibol (H-Gabbro) ili rombični prioksen (norit). Dodatak olivina daje olivingabro. Mešavina plagioklasa i olivina naziva se »Forellenstein« Sa povećanjem bazičnih minerala stvoren je hornblendit, pirokseni t, olivinstena.

Boja: tamnozelena, crnkasta, delom sa plavičastim sjajem.

Primena: kaldrma, tucanik, građevinarstvo. Ponekad se brusi.

Dodatak: Serpentin. Često nastao od gabro-a itd., pored serpentinskog minerala nalaze se još ostaci olivina, amfibola a najviše ima dialaga.

Boja: žutozelena, sivozelena, crvenosmeđa; često sa prugama, sa mrljama, opaljena.

Primena: za oblaganje zidova i brušen za umetničke predmete. Delom kao tucanik.

Nalazišta: Zoeblitz u Saksonskoj, Frankenstein u Šleskoj, Wurlitz kod Hof-a, Kraubath u Štajerskoj.

## b) Pukotinske (žilne) stene

1. **Granitni porfir.** Mineraloški je granit ali strukture kao porfir. Tesani kamen, kaldrma.

Nalazišta: Beucha kod Leipzig-a, Južni Syhwarzwald, Krkonoše.

2. **Aplit i pegmatit.** Pukotinske stene bogate siliciskom kiselinom od granitne magme, bogate kvarcom, siromašne biotitom. Sitnozrnasti aplit daje tucanik i kaldrmu, jako krupnozrni pegmatit (gigantski granit) ponekad se brusi.

3. **Minet** (Minette = ortoklas + biotit) i **Kersantit** (= plagioklas + + augit + amfibol) su bazične pukotinske stene. Minet zbog visoke sadržine liskuna nije otporan prema eroziji, kersantit daje mestimično odličan tucanik (Heppenheim na Bergstr., Leutenberg u Tiringiji).

## c) Eruptivne stene

Struktura većinom porfirska, kod bazičnih stena i zrnasta ili ofitska. Srednje zrnasta do sitnozrnasta i staklasto stvrdnuta.

1. **Liparit i kvarcporfir.** Mineralni sastav: sitnozrnasta osnovna masa (sa više ili manje sadržine stakla), umetci kvarca, kalifeldspata, biotita. Felsitporfir je naročito gust sa malo umetaka. Srodan mu je kvarckeratofir (Lenneporphyr).

Boja: crvenkasta, smeđa, ljubičasta, zelenkasta.

Primena: tucanik! Tesani kamen. Može se glačati.

Nalazišta: Kvarcporfir; Schwarzwald, Odenwald, Tiringija, Harz, Šleska, Rudne planine (Čehoslovačka), kod Halle-a, Lugano, Bolzano. Liparit: Lipari, Erdeljske planine.

Obsidian = bez vode. Pechstein = sadrži vodu, prirodno staklo bogato silicijumskom kiselinom.

Porfirni tuf: delimično dobar građevinski kamen (Rochlitz u Saksonskoj), pretvoren u kamen služi kao tucanik. (Triberg u Schwarzwald-u).

**2. Trahit i porfir bez kvarca.** Mineralni sastav: umetci kalifeldspata, plagioklasa i biotita, takođe amfibola; staklasta, često porozna osnovna masa.

Boja: trahitsiva, porfir bez kvarca smeđ ili crvenkasto obojen.

Primena: tesani kamen (trahit nije uvek otporan prema eroziji); tucanik.

Nalazišta: Trahit u Erdeljskim planinama i Westerwald-u. Porfir bez kvarca u Saar-Nahe-Gebiet, Nassau, Tiringija.

Rastresiti trahitplovućac iz Neuwied-a upotrebljava se za veštački plovućac i za izolaciske slojeve. Stvrdnuti trahitni tuf, siv ili žućkast, delom je odličan kamen za tesanje (Eifel, Ries), a takođe za oblaganje peći i ognjišta (kamina). (Kamen za pekarske peći iz Erdeljskih planina. Za »tras« (Trass) kao malter v. str. 1107, primedbu na toj str. i str. 1111.

**3. Fonolit** (Klingstein). Mineralni sastav: umetci staklastog kalifeldspata (sanidin), nefelina ili leucita, diobsida; sintnozrnasta osnovna masa ili u vidu žilica.

Boja: svetlosiva, žućkasta, smeđa, sivozelena.

Primena: tucanik, tesani kamen, krovne ploče, obaloutvrde. Sirovina za proizvodnju stakla.

Nalazišta: Kaiserstuhl, Hegau, Rhön, Westerwald, Eifel, Lausitz, Severna Češka.

Fonolitni-tuf, svetlo obojen, onaj iz Weibern-a (Eifel) je dobar tesani kamen.

**4 Andezit i porfirit.** Mineralni sastav: uprskan, plagioklas pored biotita, amfibola ili augita u osnovnoj masi od plagioklasa, augit, više ili manje staklena osnova. Najviše kvarca ima dacit i kvarcporfirit.

Boja: dacit i andezit svetla — do tamno siva, porfirit i kvarcporfirit smeđa, crvenkasta, zelenkasta.

Primena: kaldrma, tucanik, u manje važnim slučajevima i kao tesani kamen.

Nalazišta: andezit: Erdeljske planine, Mađarska. Porfirit: Saar-Nahe-Gebiet, Harz, Tiringija, Meissen, Lugano. Ovde spada i Grčki porfido verde, Egipatski porfido rosso. Kvarcporfirit iz Quenast-a (Kena, Belgija) = kamen za kaldrmu. Podvrste: kuzelit, Weisselbergit. Propilit = transformirani andezit, vrsta zelenog kamena.

**5. Grupa bazalta. Metafiri. Diabasi.**

**a) Bazalt.** Mineralni sastav: kod feldspatbazalta uglavnom augit i feldspat, često olivin, takođe amfibol, biotit, tamno staklo. Struktura porfirska, zrnasta ili ofitska (feldspat zrakasto raspoređen). Ako je plagioklas delom zamenjen teucitom, odnosno nefelinom, onda imamo L.-, odnosno N.-tefrit, ili ako ima i olivina, L.-, odnosno N.-basanit. Kad je feldspat potpuno zamenjen imamo L.-, odnosno N.-bazalt; melilit bazalt ima krečni melilit umesto feldspata.

Boja: sivocrna, plavičastocrna, porozne vrste su svetlije.

Primena: tucanik! Stubovi za građevine na vodi i kao branici. Krupnozrnaste vrste za kaldrmu; porozna bazaltlava daje tesani kamen. Opasan je »Sonnenbrenner«, koji usled erozije brzo dobiva svetle mrlje i zatim se raspada.

Nalazišta: Kaiserstuhl, Hegau, Schwäb. Alb, Odenwald, Vogelsberg, Rhön, Westerwald, Tiringija, Saksonska, Šleska, Štajerska itd. Bazaltlava u Eifel-u i Vogelsberg-u.

Bazaltni šljakin tuf iz Vogelsberg-a daje tesani kamen.

b) **Melafir.** Odgovara bazaltu, ali počinje da se stvara hlorid, serpentin, sivo gvožđe; u šupljinama ima krečnjaka i kalcedona (M.-Mandelstein).

Boja: crna, crvenkastosmeđa, zelenkastosmeđa.

Primena: kao bazalt, obrađuje se nešto lakše.

Nalazišta: Područje Saar-a, Harz, Tiringija, Šleska, Saksonska.

c) **Diabaz.** Jače transformisan; sa mnogo hlorita i krečnjaka. Struktura najčešće zrnasta ili ofitska.

Boja: tamnozelena.

Primena: žilav tucanik, kaldrma, brušen se upotrebljava za nadgrobne spomenike.

Nalazišta: Saar-Nahe-Gebiet, Rheinisches Schiefergebirge, Harz, Fichtelgebirge, Frankenwald, Rudne planine (Čehoslovačka), Lausitz, Šleska.

## B. Sedimentne stene

### a) Mehanički (klastični) sedimenti

1. **Pesak i šljunak.** Mineralni sastav peska: pretežno kvarc, usto sitno-ljuskasti muskovit, malim delom feldspat (»Spatsand«), augit, amfibol, olivin, granat, gvozdena ruda. Često sa primesom gline ili ilovače (naročito jamski pesak).

Primena: Malter, industrija krečnog peščara i industrija stakla; pesak za kalupe za livenje.

Šljunak: nanos odronjenih krupnijih komada stena, često pomešan sa peskom (šljunkovit pesak).

Primena: građenje puteva i železničkih pruga, beton. Veličinu zrna za celishodnu mešavinu v. na pr. »Richtlininen für Fahrbahndekken«, izdala »Direktion der Reichsautobahnen«.

Oznake veličina zrna prema DIN 1170 i 1171:

| Prečnik (mm) | < 0,2 | 0,2—1 | 1—3 | 3—30 | 30—70 |
|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Pesak kao brašno | Sitan pesak | Krupan pesak | Sitan šljunak | Krupan šljunak |

**Tablica 2. Sastav najvažnijih vrsta peska za kalupe za livenje[1])**

| Oznaka | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | CaO | $Fe_2O_3$ |
|---|---|---|---|---|
| Ašerlebenski pesak, siv | 84,35 | 5,96 | 0,44 | 6,45 |
| „ „ žut | 78,45 | 7,22 | 1,84 | 4,22 |
| Halberštetski pesak (Frohwein), zelen | 86,70 | 4,20 | 0,60 | 3,95 |
| Oferlebenski pesak (Frohwein), žut | 83,07 | 3,11 | 0,50 | 6,25 |
| Elsterverderski pesak, zelen | 82,90 | 10,28 | 0,01 | 2,76 |
| Harburški pesak, mastan | 89,84 | 7,02 | — | 3,14 |
| „ „ postan | 96,16 | 1,48 | — | 2,36 |
| Rendsburški pesak | 93,18 | 4,23 | — | 2,59 |
| Bottropski pesak, mastan | 87,50 | 8,30 | — | 2,30 |
| „ „ postan | 89,70 | 5,20 | — | 1,10 |
| Alt-Ranftski pesak, mastan | 75,18 | 3,80 | 5,35 | 2,40 |
| „ „ pesak, postan | 80,10 | 2,96 | 9,84 | 2,00 |
| Elrihski pesak, crven | 85,76 | 6,00 | 2,60 | 3,30 |
| Harcski kristalni kvarcni pesak (za jezgra) | 98,58 | 0,76 | 0,123 | 0,27 |

$SiO_2$ = siliciska kiselina, $Al_2O_3$ = glina, CaO = kreč.
$Fe_2O_3$ = oksid-gvožđa.

1) Deutsches Giesserei-Taschenbuch, Berlin-München 1923, Oldenbourg.

Pesak za kalupe za livenje[1]). Potrebna svojstva: obradljivost, zavisi od sadržine vode i gline (masni, posni pesak); propustljivost gasa, zavisi od veličine zrna; vatrostalnost, zavisi od sadržine $Fe_2O_3$, CaO, MgO, $Na_2O + K_2O$ [2]).

**Šljunak, »Grand«:** nanos sitnijih i krupnijih zrna, diluvijalni šljunkovit pesak za beton.

Prirodni krupan šljunak: Nanos krupnijeg šljunka i stena razorenih odronjavanjem, izmrvljenih smrzavanjem i bujicama snešenim sa bregova. Obluci krečnjaka upotrebljavaju se za pečenje kreča, obluci šljunka za izradu puteva i gornji železnički stroj.

**2. Peščar.** Sastavni delovi: zrna peska (v. gore), slepljena siliciskom kiselinom, glinom, krečom, dolomitom, gvozdenim oksidom. Obluci ili grudve gline nalaze se često kao uključenja. Sadržina pirita štetna je; mnogo liskuna prouzrokuje rasprskavanje mržnjenjem.

Boja: bela, siva, zelenkasta (glaukonit), crvena, (oksid gvožđa), žućkasta ili smeđa (gvozdeni-hidroksid), tamnosiva (ugljene materije). Najvažniji nemački građevinski kamen. Primeri: peščani konglomerat (Grauwackensandstein), većinom tamnosiv, izvanredno čvrst; za kaldrmu. Ugljeni peščar (Ruhrsandstein); siv, crvenkast, glino-liskunasto vezivo. Šareni peščar: većinom crven, glinasto ili silicisko (kremenasto) vezivo, na bazi gvožđa. Često sadrži grudve gline i smeđim peskom ispunjene otiske kristala. Jako rasprostranjen, na pr., Neckar, Main. Triasni peščar: žuto, smeđe, ljubičasto-sivo, glinasto-laporasto vezivo. »Wäldersandstein«: ovde spada sitnozrnasti, kremenasti peščar iz Obernkirchen-a, siv ili žućkast. Peščar tesanik »Quadersandstein«: glinast ili kremenast, beo, siv, žućkast; nalazišta Elbsandsteingebirge, Heuscheuer. »Hilssandstein«, beo ili žućkast. »Molassesandstein« iz prednjih Alpa; sivozeleno, žutosmeđe, glinasto-krečno vezivo, malo otporno prema atmosferskim uticajima. Pečšar »Arkosesandstein«: sadrži više ili manje rastvorenog feldspata.

Kvarcit: više ili manje čist otporan siliciski peščar (do 99% $SiO_2$). Upotrebljava se za dinas- i silika-opeke, za proizvodnju stakla, porozne vrste za mlinski kamen. Tucanik.

Konglomerat: stvrdnute mase oblutaka, vezivo kao kod peščara. Upotrebljava se za građevine na vodi, monumentalne građevine. Ovde spada krečnjački konglomerat »Nagelfluh« sa severnih Alpa, na pr., Brannenburg-a.

Breča: slepljena (povezana) uglasta kamena sitnež. Krečne breče često su uglačane (delom mermer u boji), na pr., Untersberg.

**3. Glina.** Mineralni sastav: mešavina najsitnijih mineralnih istrvenih delova sa hemiskim proizvodima erozije, naročito kaolin, usto više ili manje zrna peska i liskuna. Obojenost potiče od ugljenih materija (crno), bitumen (smeđe), sumpor (plavosivo), jedinjenja gvožđa (žućkasto, smeđe, crveno), glaukonit (sivozeleno); čisti kaolin je beo. Velika sklonost bubrenju i skupljanju.

Primena: za zaptivanje pri fundiranju: za opeke i grnčarstvo. Glina siromašna krečom i gvožđem upotrebljava se za lonce za peći, čisti kaolin za porcelan.

Laporac: glinasta stena otvrdnuta usled većeg sadržaja kreča, dolomita ili gipsa. I prividno čvrste vrste lako erodiraju. Laporac bogat krečom primenjen je za izradu cementa.

---

[1]) Nalazišta: v. Behr: Karte der deutschen Formsandlagerstätten, 1 : 1,300 000. Berlin, Preuss. Geol. Landesanstalt. — Za oznake veličina crna i ispitivanje peska za kalupe za livenje vidi DIN prethodni standard VDM 2401.

[2]) O pripremi peska za kalupe vidi Eisenhütte, 4 izd. str. 538 i dalje.

Šljunkasti laporac (morene u severnoj Nemačkoj iz ledenog doba) ima mnogo peska i nanetog šljunka. Les (Löss): lebdeći prah iz ledenog doba, bogat krečom.

Ilovača (Uma): glina ili laporac bez kreča i oksidiran (zarđao).

Ilovača od nanosa, ilovača lesa. Primena: gradnje od ilovače, zaptivanje.

Zemlja za nasipe: trošna zemlja sa primesom organskih ostataka.

Škriljasta glina: glina u listovima, nešto stvrdnuta.

4. **Glinasti škriljac**. Usled započete transformacije jače je stvrdnut. cepa se u ravni stvaranja škriljca (nezavisno od slojeva). Mineralni sastav: hlorit isprepleten sitnim žilicama, serizit, gvozdena ruda, rutil, zrna peska.

Boja: plavosiva, crnkasta (ugljene materije), crvenkasta, zelena ljubičasta; kad ima više novoobrazovanog serizita sjaj je metalan (filit).

Primena: Vrste koje se tanko cepaju služe za pokrivanje krovova i oblaganje zidova, za ploče od škriljca i razvodne table.

Nalazišta: Tiringija (Lehesten), Rajnska oblast, Engleska.

## b) Hemiski sedimenti

1. **Krečnjak**. Sastavni delovi: uglavnom kalcit, pored toga kvarcni pesak, liskun, glina. Obojen usled gvozdenog sulfida (plavosivo), gvozdenih oksida, ugljenih materija, glaukonita. Zbijen (gust) ili porozan (krečni tuf, krupnozrnast krečnjak), često sadrži mnogo sitneži školjki. Primena: tesani kamen, vajarstvo, pečeni kreč.

Primeri: ugljeni krečnjak, ovde spada t. zv. belgijski granit, tamnosiv, pun korala itd., jako sliven. Bitumenski krečnjak (Zechsteinkalk): siv ili žućkast, bituminozan. Školjkasti krečnjak: sivoplav, zbijen ili kristalast. Testerom sečene ploče služe mnogo za oblaganje zidova (Kirchheim kod Würzburg-a). Jura krečnjak: sivožut, beo, crven (Adneth). Krečnjak od solnhofenskih ploča (Solnhofenerplattenkalk) za ploče za podove i krovove, litografski kamen. Krečnjak za glađenje (Plänerkalk): beo pločast. Krečnjak Leitha (bečka kotlina) i krupnozrnasti krečnjak (Pariz): šupljikav, sa mnogo ljuštura.

Krečni tuf: ćelijast, kreč izlučen oko biljnih ostataka. Primena: Građevinski kamen, oblaganje fasada.

Oolith (Rogenstein); sastavljen od (delom peščanih) krečnih kuglica. Primena: tesani kamen, sitne kocke za kaldrmu. Nalazišta: Rüdersdorf, Tiringija, Južni Schwarzwald.

Kreda: trošan beli kreč. Sastavljen velikim delom od ljuštara foraminifera (diatomeja, infusorija), služi kao sredstvo za čišćenje, za premazne boje, kit.

Mermer u boji = kreč koji se može glačati (polirati), ima često žive boje, prugastu, plamenastu, razorenu strukturu (breča-mermer). Nalazišta: Tegernsee, Salzburg, Rübeland, Fichtelgebirge, Eifel.

2. **Dolomit**. Treba ga razlikovati od krečnjaka zbog promenljive sadržine $MgCO_3$, nešto je teži i tvrđi od krečnjaka. Primena: građevinarstvo i građevine na vodi.

3. **Diatomejska zemlja** (Kieselgur). Trošan kamen, sastoji se od diatomejskih ljuštura, sadrži kao nečistoću glinu i pesak. Boja: beo, siv, zelenkast, kad se usija beo. Primena: za izolaciju toplote, kit, sred-

stvo za glačanje (poliranje) za proizvodnju dinamita. Nalazišta: Lüneburger Heide, Altenschlirf u Hesenu.

Diatomejski škriljac (Lydit): vrlo tvrd, cepljiv, crnkast usled ugljenih materija. Primena: Tucanik.

Flint (Feuerstein): kalcedonske grudve, često sadrži fosile. Upotrebljava se za mlinove sa loptama; hartija od flinta.

4. **Gips** = $CaSO_4 + 2H_2O$. Većinom beo, siv do crnkastog, često sa mrljama, sa žilama, maglovit. Lako se obraduje, pomalo rastopljiv u vodi Alabaster = sitnozrnast, proziran gips, može se brusiti, ali se može glačati (polirati) samo nanošenjem drugog sredstva. Marijino staklo (Marienglas) = gips u krupnim listovima, providan kao voda, lako se cepa. Vlaknasti gips: sa paralelnim vlaknima, ima sjaj kao svila, beo, žut, crvenkast, za umetničke predmete. O malteru od gipsa v. str. 1100 i dalje, i str. 1108.

Anhidrit = $CaSO_4$, mnogo je tvrđi nego gips, može se delom upotrebljavati kao mermer, ali nije otporan prema atmosferskim uticajima.

## C. Metamorfne stene

### a) Dodirne stene

1. **Pravi mermer**, to je krečnjak koji je postao zrnast usled dejstva toplote. Boja: beo, žućkast, plavosiv, crven; prozračan; delom prugast i opaljen serizitom, grafitom, granatom itd.

Nalazišta: Wunsiedel, Grosskunzendorf u Šleskoj, Auerbach u Hesenu, Tirol, Koruška, Carrara, Grčka. Dolomit mermer kod Rothenzechau u Šleskoj. Primena: građevinski kamen, vajarstvo.

2. **Snopovski škriljac** (Fruchtschiefer). Čvršći je i zbijeniji od glinastog škrjiljaca, tamnosiv sa crnim mrljama. Upotrebljava se za ploče, kamene klupe, sudove otporne prema kiselinama. Nalazišta: Tirpersdorf i druga mesta u Rudnim planinama (Čehoslovačka).

3. **Rožasta stena** (Hornfels). Jako prekristalisanje, novoobrazovanje jako isprepletenih kristala liskuna, andaluzita, feldspata. Svetluca kao rog. Jedar tucanik!

Nalazišta: Harz, Kunnersdorf u Saksonskoj; kvarcom bogat konglomerat rožaste stene (Grauwackenhornfels) iz Koschenberg-a, nalazi se i u Lausitz-u.

### b) Kristalasti škriljci

1. **Gnajs.** Mineralni sastav: kao granit, pored toga više ili manje granata i kordierita, ali je liskun slojevito raspoređen, i zato se može donekle cepati.

Boja: siva, crvenkasta. Primena: ploče, stepenice, zidarski kamen, kao i tucanik (samo kad ima slabu paralelnu strukturu). Vrste bogate liskunom lako erodiraju.

Nalazišta: Schwarzwald, Kyffhäuser, Rudne planine (Čehoslovačka), Eulengebirge, Centralne Alpe.

2. **Liskunasti škriljac.** Sastavni delovi: kvarc i muskovit ili biotit, pored toga feldspat, granit i drugo. Primena: kao lomljeni kamen, ploče, krovne ploče, kamen za podnožja-postolja.

Nalazišta: Rudne planine (Čehoslovačka), Alpe.

3. **Amfibolni škriljac.** (Amphibolit) sastoji se od plagioklasa, stabljikastog amfibola i sa više ili manje granata; zelenkastocrn, žilav. Tucanik!

Nalazišta: Rudne planine, (Čehoslovačka), Fichtelgebirge, Odenwald, Schwarzwald.

**Tablica 3. Svojstva tehnički važnog kamena[1])**

| rsta kamena | Zapreminska težina u suvom stanju kg/dm³ | Spec. težina kg/dm³ | Upijanje vode u % težine | Jačina pri pritisku kg/cm² | Gubitak usled habanja a[2]) cm³ | Gubitak usled habanja b[3]) cm³ | Čvrstoća ivica[4]) c Gubitak materijala u % | Čvrstoća ivica[4]) d Gubitak materijala u % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bazalt . . . | 2,60—3,06 | 2,93—3,15 | 0,1—0,7 | 1000—5800 | 1,5—4 | 5—10 | 1,5—3 | 3—7 |
| Diabas . . . | 2,53—2,89 | 2,78—2,95 | 0,1—1 0 | 1300—3000 | 3—4 | 4—7 | 2—3 | 3—5 |
| Diorit . . . . | 2,52—2,96 | 2,70—2,98 | 0,1—0,5 | 1800—2400 | 2—5 | 4—7 | 3—5 | 5—8 |
| Dolomit . . . | 2,10—2,95 | 2,85—2,95 | 0,3—0 8 | 500—1600 | 7—10 | 30—40 | — | — |
| Gabro . . . . | 2,55—2,95 | 2,75—2,96 | 0,1—0,4 | 1000—2800 | 3—4 | 4—7 | 3—5 | 5—8 |
| Glinasti škriljac | 2,70—2,76 | 2,77—2,84 | 0,2—0,8 | 250—300[5]) | — | — | — | — |
| Gnajs . . . . | 2,60—2,70 | 2,66—2,72 | 0,2—0,8 | 1500—2300 | 3—4 | 6—10 | 5—7 | 6—9 |
| Granit . . . | 2,26—2,67 | 2,60—2,69 | 0,1—0,7 | 800—2700 | 2—5 | 4—7 | 3—5 | 5—8 |
| Krečnjak . . | 1,87—2,82 | 2,62—2,84 | 2,0—8,0 | 250—1900 | 7—10 | 30—40 | — | — |
| Kvarcporfir . . | 2,19—2,62 | 2,59—2,67 | 0,1—0,5 | 1900—3500 | 2—6 | 4—7 | 2—6 | 3—7 |
| Melafir . . . | 2,51—2,68 | 2,66—2,80 | 0,1—0,7 | 1200—3800 | 2—4 | 4—7 | 3—5 | 3—7 |
| Mermer . . . | 1,95—2,82 | 2,62—2,84 | 0,1—0,5 | 400—2800 | 5—10 | 20—40 | — | — |
| Peščani konglomerat | 2,58—2,71 | 2,67—2,74 | 0,3—1,0 | 1800—3600 | 4—6 | 7—12 | 3—5 | 5—9 |
| Peščar . . . | 1,90—2,65 | 2,59—2,71 | 0,5—10,0 | 150—3200 | 20—80 | 30-100 | — | — |
| Porfirit . . . | 2,40—2,66 | 2.62—2,70 | 0,1—0,5 | 1200—2400 | 2—6 | 4—7 | 3—6 | 5—8 |
| Rožasti kamen od peščanog konglomerata | 2,72—2,74 | 2,73—2,77 | 0,2—0,5 | 1800—4000 | 4—6 | 7—12 | 3—5 | 5—9 |
| S enit . . . | 2,46—2,75 | 2,70—2,78 | 0,1—0,7 | 1500—2000 | 2—5 | 4—7 | 3—5 | 5—8 |

[1]) V. i str. 933 i str. 944.
[2]) Određeno pomoću peščanog mlaza.
[3]) Određeno po postupku Böhme-a (brušenjem).
[4]) Određeno na kockama (c) i tucaniku (d) prema uputstvima za izradu i isporuku zgure iz visokih peći kao materijala za izradu puteva i podloga za železničke koloseke.
[5]) Jačina pri savijanju.

# VI. Veštački kamen i proizvodi od gline

Obradio Dr.-Ing. F. Maune, Berlin

## A. Nepečene opeke i drugi materijal

### a) Opeka

**1. Opeka od krečnog peščara** (DIN 106), za zidanje (puna opeka), izrađuje se od kvarcnog peska i kreča pošto se izmeša i presuje u kalupima, zatim stvrdne u kazanu sa parom pod pritiskom; ima normalne dimenzije (25×12×6,5 m³); jačina pri pritisku najmanje 150 kg/cm² (v. str. 934), zapreminska težina 1,89 do 1,92 kg/dm³, podobnost upijanja vode najmanje 10%. Opeke moraju da budu otporne prema mrazu; što se tiče sastava zrna i tvrdoće slične su peščaru, bele su boje, ali se lako mogu bojiti,

mogu biti obrađene na određenu veličinu, usled čega je pri zidanju potrebno manje maltera. Cena je svugde nešto manja nego za obične pečene opeke.

U pogledu napona pri pritisku i težine, zvanično se smatra da je zid od opeka od krečnog peščara jednak zidu od običnih opeka.

**2. Betonska opeka i betonski šuplji blokovi za zidanje** izrađuju se od cementa i peska u mešavinama od 1 : 6 do 1 : 10 (zapr. del.) mašinski ili ručnim nabijanjem. Pune opeke upotrebljavaju se još samo za specijalne svrhe (kaldrma, temelji, bunari i slično), jer slabije zadržavaju toplotu i teži su od opeke od pečene gline. Težnja je da se ovi nedostaci otklone izradom šupljina u opeki, pri čemu se format znatno poveća (građevinski blok). Dimenzije normalnog bloka su 51×25×22,5 cm³; sem toga izrađuju se posebni komadi za vezu pri zidanju.

**3. Topioničke opeke** (DIN 398) izrađuju se od cementa i zrnaste zgure iz visokih peći, ponekad i od kreča i brašna od zgure u dimenzijama normalne obične opeke (puna opeka). Prema jačini razlikuju se tri vrste (tabl. 1).

**4. Opeke od plovućca** (Schwemmsteine), su lake betonske opeke od prirodnog plovućca i hidrauličkih veziva, kao što je cement ili vezivo »Eibi«, naročito stvoreno u tu svrhu, koje sadrži cement (sam kreč se praktično više ne upotrebljava za izradu opeke od plovućca).

Opeka ima sivu boju, odlikuje se dobrim izolovanjem toplote i upotrebljava (ponekad i neomalterisana) za slobodnonoseće zidove male visine u izgradnji stanova, i u izgradnji skeletnih konstrukcija. Jačine, formati, zapreminska težina i koeficijent provodljivosti toplote cementne opeke od plovućca prema DIN 1059 (tabl. 1 i 2).

**5. Topionička porozna opeka** (DIN 399) je laka, vrlo porozna puna opeka od penušaste zgure iz

**Tablica 1. Opeke vezane cementom**

| Vrsta opeke | Najmanja jačina pri pritisku Prosečno*) kg/cm² | Zapreminska težina osušene opeke max g/cm³ | Koeficijent provodljivosti toplote pri srednjo temp. od 20° max kcal/m h° |
|---|---|---|---|
| Tvrda topionička opeka . . . . . | 250 | | |
| Topionička opeka 1 klase . . . . . | 150 | | |
| Topionička opeka 2 klase . . . . . | 100 | | |
| Specijalna opeka od šljake . . . . . | 50 | 1,40 | 0,28 |
| Opeka od šljake . . | 30 | 1,20 | 0,25 |
| Specijalna topionička porozna opeka . . | 30 | 1 | 0,25 |
| Topionička porozna opeka . . . . . | 20 | | 0,2 |
| Specijalna cementna opeka od plovućca | 30 | 0,80 | 0,15 |
| Cementna opeka od plovućca . . . . . | 20 | | |

*) Na osnovi ispitivanja deset opeka

**Tablica 2. Dimenzije opeke od plovućca**

| Oznake opeke | | Dimenzije | Zapremina | Maksimalna težina |
|---|---|---|---|---|
| nova | stara | cm | cm³ | kg |
| **Standarizovane opeke (Din 1059)** | | | | |
| 6,5 | 2½" | 25×12×6,5 | 1950 | 1,56 |
| **9,5** | **Normalni format 4"** | 25×12×9,5 | 2850 | 2,28 |
| 14 | 5" | 25×12×14 | 4200 | 3,36 |
| Sem toga izrađuju se ovi formati: | | | | |
| 7,5 | 3" | 25×12×7,5 | 2250 | 1,91 |
| | 6½" | 30×12×14 | 5040 | 4,28 |
| 16 | 7" | 20×14×16 | 5600 | 4,75 |

visokih peći (topionički plovućac) i hidrauličkih veziva (cement, takođe kreč i brašno od zgure).

Dimenzije su iste kao za standardnu cementnu opeku od plovućca (tabl. 2.) Jačine, specifična težina i koeficijent provodljivosti toplote v. tabl. 1.

**6. Opeka od šljake** (DIN 400), laka, porozna puna opeka od hidrauličnog veziva i ostataka sagorevanja kamenog uglja ili koksa. Ostatke treba prethodno pripremiti, i oni mogu sadržati najviše 15 težinskih % nesagorljivih delova kao i 1% $SO_3$ i 0,2% sulfida sumpora.

Dimenzije su iste kao za normalnu cementnu opeku od plovućca (tabl. 2). Jačine, specifična težina i koeficijent provodljivosti toplote v. tabl. 1. str. 1089 i str. 934.

**7. Opeka od gipsa** dolazi u trgovinu kao opeka od gipsa i šljake (od štukatur-gipsa ili gipsa za košuljice i šljake) i kao laka opeka od gipsa (dodatak: pepeo, diatomejska zemlja ili slično, ponekad se dodaje neko sredstvo za penušanje). Lako se prerađuje, upotrebljava se samo za unutrašnju izgradnju, jer se gips rastvara u vodi.

8. **Čerpič** (Lehmsteine, Lehmpatzen) izrađuje se od mokre ilovače koja se ukalupi i osuši na vazduhu; za zidanje služi malter od ilovače (ilovača sa vodom). Format je promenljiv, jačina mala. Čerpič se upotrebljava za ispunu skeleta i za unutrašnje zidove poljoprivrednih zgrada, i daje jevtine, suve i tople zidove.

### b) Građevinske ploče

**1. Ploče međuspratnih konstrukcija,** većinom od armiranog betona izrađene noseće građevinske ploče za umetanje između nosača. Najčešći oblik: ploče sa rebrom i bočnim žljebovima i perima. Širina 25, 33, ponekad 50 cm, dužina 1 do 2,5 m, debljina 6, 8, 10, 12 cm.

**2. Zidne ploče** za lake zidove statički malo napregnute. Mnogo se upotrebljavaju gipsane ploče, većinom sa žljebom i perom i sa izbrazdanom površinom da bi malter bolje prijanjao. Jačina pri savijanju često se povećava umetanjem žičanih mreža, mreža od jute, ili drugih vlaknastih umetaka. Dodatak šljake: ploče od gipsa i šljake.

Dužina 2 do 2,5 m, širina 25 do 50 cm, debljina 2,5 do 10 cm. Ploče od plovućca i cementa izrađuju se od šljunkovitog plovućca i cementa; dužina 1 m, širina 33 cm, debljina 5 do 10 cm.

**3. Lake građevinske ploče** su ploče velikog fomata za izolovanje toplote i zvuka, za pregradne zidove, za ispune i za obla-

ganje; lakše su od betona sa šljunkom. Sastoje se ili samo od mineralnih materijala (laki beton i slično) ili od organskih vlaknastih materijala, kao što je drvo, treset, slama sa mineralnim ili organskim vezivima. Lake građevinske ploče od drvne vune sa mineralnim vezivom (cement ili magnezitni malter) moraju prema obaveznom[1]) DIN 1101 imati: dužinu 200 cm, širinu 50 cm, debljinu 1,5, 2,5, 3,5, 5, 7,5 i 10 cm; zapreminsku težinu u zavisnosti od debljine ploče 570 (za najtanju) do 360 kg/m³ (za najdeblju ploču), jačina pri savijanju 17 (za najtanju) do 4 kg/cm² (za najdeblju ploču); koeficijent provodljivosti toplote pri srednjoj temperaturi od 20° za ploče suve na vazduhu iznosi najviše 0,08 kcal/m h° (sem najtanjih ploča).

**4. Ploče za podove.** Razlikuju se: cementne betonske ploče (za malo opterećenje), mozaik-ploče, teraco-ploče i ploče od tvrdog materijala (za veliko opterećenje, DIN 485).

**5. Zidne ploče** sa cementom ili magnezitnim cementom kao vezivom, delom sa prevlakama sličnim emajlu (hladno gleđosanje), nisu mogle da se uvedu kao zamena za keramičke zidne pločice.

### c) Drugi proizvodi

**1. Cementni crep** izrađuje se od cementa i peska, većinom sa gornjim slojem u boji. Odnos mešavine 1 : 3 do 1 : 2,5, debljina obojenog sloja oko 2 mm. Pre upotrebe treba da leže na slagalištu 6 do 8 nedelja, bolje ¼ godine. Treba razlikovati: pljosnati crep, šuplji crep, talasasti crep i crep sa žljebom.

**2. Azbestno-cementne krovne ploče** (DIN 274). Presovane ploče od cementa i azbestnih vlakana, koje ne propuštaju vodu. Zapreminska težina 1,8 do 2,2 g/cm³, upijanje vode najviše 18%, jačina pri savijanju upravno na vlakna najmanje 380 kg/cm², paralelno sa vlaknima najmanje 290 kg/cm², postojane na mrazu i toploti.

Sem krovnih ploča manjih formata za sve vrste pokrivanja, izrađuju se i velike ravne i talasaste ploče razne debljine.

Sa katranom ili bitumenom natopljeni krovni pokrivači i slično v. str. 1188.

**3. Betonske cevi** za kanalizaciju i vodovod okruglog ili jajastog poprečnog preseka (vrh okrenut prema dole, odnos osa 2 : 3), imaju sloj nepropustljiv za vodu, postojan prema ulju i kiselinama; taj se sloj obrazuje natapanjem ili premazivanjem; cevi su standardizovane u DIN 1201. Izrađuju se nabijanjem ili centrifugiranjem. Dimenzije v. u XX poglavlju Standardizovani trgovački proizvodi.

**4. Azbestno-cementne cevi,** upotrebljavaju se umesto cevi od livenog gvožđa i umesto cevi od čelika; kada su izrađene na običan način izdržavaju pogonske pritiske od 2,5 do 15 kg/cm². Najmanja debljina zida 10 mm, unutrašnji prečnik 5 do 100 cm.

---

[1]) Reichsgesetzblatt 1939, br. 238, str. 2320.

**5. Betonski ukrasni kamen** (ranije zvan veštački kamen). Sastoji se iznutra od cementa i običnih agregata, a spoljni je sloj od cementa i usitnjenog prirodnog kamena (često u boji). Kamenorezac obradi ili izbrusi i uglača (polira) vidne površine i dâ im izgled prirodnog kamena. Ovde spadaju i betonske stepenice (dimenzije standardizovane u DIN 489), koje su obično armirane gvožđem.

**6. Teraco i Teraco-mozaik** izrađuju se od mešavina cementa i zrnastog kamena i kamenog brašna u boji; posle stvrdnjavanja brusi se i glača. Upotrebljavaju se za podove i za oblaganje zidova, kao i za teraco proizvode (na pr., kade za kupanje, umivaonike, kade za pranje ili slično).

## B. Proizvodi od gline

**Opšte.** Proizvodi od gline mogu se, prema prirodi srče (preloma), razvrstati u tri grupe: zemljani proizvodi (porozni proizvodi od gline, glinena roba), sinterovani proizvodi (proizvodi od gline sa zbijenom strukturom (Tonzeug) i steatit. Zemljani proizvodi upijaju vodu i ne propuštaju svetlo; sinterovani proizvodi ne upijaju vodu (gusti su) i delom prozirni (porcelan); steatit je po svojim svojstvima blizak sinterovanim proizvodima. Prve dve grupe mogu se svrstati u građevinske materijale (većinom grubi proizvodi sa debelim zidovima) i posuđe (proizvodi sa malom debljinom).

Najvažniji proizvodi od zemlje kao sirovine jesu pune opeke, opeke sa rupama i šuplje opeke, pločice za oblaganje, šuplje ploče od gline (Hourdis), porozne opeke, crep, drenažne cevi i vatrostalni proizvodi (šamotne opeke itd). U posuđe od zemlje spada grnčarija i keramika. Najvažniji sinterovani proizvodi jesu klnker, pločice, kanalizaciske cevi i vrste otporne prema kiselinama. Sinterovano posuđe obuhvata sudove za hemisku industriju, keramiku i porcelan. Steatit, čija je glavna sirovina magnezijum silikat, upotrebliava se kao sredstvo za električnu izolaciju za visoki i niski napon, zatim za svećice, gorionike itd.

### a) Proizvodi od zemlje

**Opeka za zidanje,** deli se prema DIN 105 u ove klase: Klinker za građevine na vodi i običan klinker, tvrdo pečena opeka, opeka I klase i opeka II klase; svi ovi proizvodi spadaju u proizvode od zemlje. To su pečeni proizvodi, koji se formiraju od ilovače, gline ili glinastih masa delom uz dodatak peska, parčadi kvarca osušenog glinenog brašna, pečene gline ili drugih pogodnih sredstava za smanjivanje masnoće.

Tablica 3.

**Minimalne jačine pri pritisku (kg/cm²) opeke suve na vazduhu**

| Vrsta opeke | Prosečno*) | Pojedinačno |
|---|---|---|
| Klinker za građevine na vodi | 350 | 300 |
| Običan klinker | 350 | 300 |
| Tvrdo pečena opeka . . . . | 250 | 200 |
| Opeka I klase . | 150 | 120 |
| Opeka II klase | 100 | 90 |

*) Na osnovi ispitivanja 10 opeka.

Ti proizvodi moraju imati oblik tela ograničenog pravougaonicima, i po pravilu dimenzije 25×12×6,5 cm³, koje su uvedene 1872 kao zvanične (normalni format). Otstupanja su dozvoljena, kad se ne mogu izradivati u zvaničnim merama usled mesnih navika ili naročitih svojstva gline za opeku. Minimalne jačine v. tabl. 3, vidi i str. 934.

Opeke koje nemaju propisanu prosečnu jačinu pri pritisku. propisanu za opeku II klase, ne smeju se označavati kao zidarske opeke. Upijanje vode klinkera za građevine na vodi treba da iznosi najviše 4%, klinkera za zidanje najviše 6% i tvrdo pečene opeke najviše 8%. Za opeke I i II klase dozvoljeno upijanje vode nije ograničeno (za stanbene zgrade po pravilu nije manje od 8%). Klinker, tvrdo pečena opeka i zidarske opeke I i II klase koje se upotrebljavaju kao obložne pločice i za spoljne površine zidova, mora da su postojane na mrazu.

**Težina jedne opeke** leži prosečno između 3,37 (opeka I klase) i 3,7 kg (klinker): zapreminska težina iznosi prosečno 1,84 (opeka I klase) do 2,00 kg/dm³ (klinker).

Šuplje opeke sa uzdužnim šupljinama upotrebljavaju se za masivne tavanice, lake zidove, erkere, pregrade i sl. Veću jačinu imaju opeke sa rupama koje su okomite na površinu naleganja (jedna opeka može da ima do 150 rupa), zato su pogodne i za zidanje nosećih zidova. Šuplje opeke izrađuju se većinom u velikom formatu raznih dimenzija, dok se opeke sa rupama isporučuju često u zvaničnim merama. Opeke sa rupama izrađuju se i tako da su pet strana ili sve strane bez otvora.

Porozne pune opeke i opeke sa rupama (tuf-opeke) za lake zidove, erkere itd., peku se od ilovače, koja se izmeša sa jednom trećinom, najviše polovinom goriva (drvene strugotine, mrki ugalj, prah od koksa, istucana kora drveta). One imaju približno dva put manju jačinu od zidarskih opeka, a naročito dobro izoluju toplotu i lake su (jedna opeka normalnog formata teška je 2,25 do 2,75 kg). U opeci preostali sastojci pepela prouzrokuju ponekad izbijanje beličastih mrlja, t. zv. cvetanje.

Fasadna opeka izrađuje se od masnijih glina u raznim tonovima boja, često i sa rupama. Površine naleganja izbrazdane su da bi bile hrapave. Vidne površine moraju biti što ravnije; one se često istaknu hrapavljenjem, posipanjem peskom itd., i pomoću angobiranja (Engobage, glineni premaz stavljen pre pečenja) ili glazurom (drugo pečenje) dobivaju sjaj i žive boje. Dimenzije 25,2×12,2×6,9 cm³ sa otstupanjem najviše ± 0,5 mm, ili za monumentalne građevine od opeke, t. zv. manastirski format (»Kloster-format«), 28,5×13,5×8,5 cm³.

U ove proizvode spadaju profilisane opeke (za vence oko prozora i vrata itd.), klinaste i prema krivini svoda uobličene opeke za svodove; zatim zidne gleđosane ploče za oblaganje fasada; ove se ploče isporučuju u po četiri otsečka ili u dve polovine. Za monumentalne građevine kvader-ploče za oblaganje (vidna površina 16,5×25,6 cm²) sa ili bez ozubljenja.

**Terakote:** umetnički izrađeni proizvodi od vrlo masne gline, koja omogućuje pečenje u ravnomernoj boji; izrađuju se pomoću kalupa od gipsa.

**Kaljevi za peći,** sastoje se od jednog spoljnjeg pravougaonog dela koji se naknadno gleđoše, i unutrašnjeg četvorougaonog trupa u vidu cevi; kaljevi se izrađuju od tih delova ručno ili mašinski (prese) u jednoj operaciji. Bolje vrste peku se dva puta. Posle prvog pečenja spoljna se površina izbrusi i prevuče masom za

gleđosanje (v. IV knj., odeljak Keramika i staklo). Oblik i dimenzije kaljeva za peći v. DIN 409.

**Plafonske ploče** (Hourdis), pečene šuplje ploče od gline (DIN 278), za ispunu vodoravnih tavanica, i ponekad za spoljne zidove. Dužina do 1 m, širina do 25 cm, visina 3,5 do 10 cm.

**Crep** (DIN 453, 454, 456, DIN DVM 2250), izrađuje se ili ravan, biber crep (pljosnati crep, gladak crep, crep sa jezičkom), ili previjen (kao slovo S), ćeramida ravna i žljebasta za slemena i grbine ili žljebast crep; poslednji ima naročito profilisan poprečni presek sa jednim ili dva žljeba duž produžnih ivica.

**Tablica 4. Minimalna nosivost crepa** (suvog na vazduhu). Minimalna prelomna sila [kg] prema DIN 456

| Vrsta crepa | Prosečno* | Najmanja pojedinačna vrednost |
|---|---|---|
| Običan crep (biber) prema DIN 453 | 50 | 40 |
| Previjen crep (S) prema DIN 454 | 200 | 150 |
| Previjen crep sa žljebom prema DIN 454 | 200 | 150 |
| Crep sa žljebom | 125 | 100 |

*) Na osnovi pet ogleda.

Oblik i dimenzije malih previjenih crepova i biber crepa, standardizovani su. Crep mora biti postojan na mrazu i zadovoljiti određene uslove u pogledu nepropustljivosti vode. Minimalne jačine v. tabl. 4.

Crep se polaže prema mesnim običajima sa ili bez kretnog maltera na letve na rogovima, pri čemu nagib krovnih površina zavisi od vrste crepa i načina pokrivanja (tabl. 5).

**Tablica 5. Najmanji nagibi krovova pokrivenih crepom**

| | Nagib > ° |
|---|---|
| a) Krov poriven sa običnim biber crepom | |
| 1. Gusto dvostruko pokrivanje (Kronendach) . . | 30 |
| 2. Dvostruko pokrivanje . | 30 |
| 3. Jednostruko pokrivanje sa podmetanjem drvenih impregniranih tankih letvica ili traka od lima ispod spojnica u pravcu kose ravni . . | 40 |
| a) Krov pokriven crepom S . | 40 |
| c) Krov pokriven ćeramidom (Mönch-Nonnendach) . . . | 35 |
| d) Krov pokriven crepom sa žljebovima različitih oblika | 35 |

**Drenažne cevi** (DIN 1180) služe za melioraciske radove pri odvodnjavanju i navodnjavanju zemljišta. Dužina 33 cm, ostale dimenzije i prelomna sila vidi tabl. 6.

**Gleđosane zidne pločice** od keramike i šamota služe za oblaganje zidova u kujnama, kupatilima, stepeništima, bolnicama itd. Formati i dimenzije standardizovani su, v. DIN 1399. Sitnozrnaste su mase i manje upijaju vodu nego li druge vrste keramike.

**Sanitarna keramika**, sa vrlo zbijenom, čvrstom masom (poluporcelan), služi za izradu šolja, kada, odvoda za vodu itd.

**Vatrostalni proizvodi**, šamotni materijal prevučen belim engobiranjem, zatim gleđosan; od njega se prave predmeti velikih dimenzija, kao što su kade za kupanje, umivaonici i klozetske šolje i tome slično.

**Vatrostalne opeke**[1]) naročito su otporne prema dejstvu vatre. Visoke temperature u tehničkim pećima prouzrokuju topljenje i omekšavanje opeka; češće nagle promene temperature, suviše brzo povećavanje temperature, naročito kod sveže ugrađenih

[1]) Obradio Dr. F. Hartmann, Dortmund.

opeka, dovodi do odvajanja. Tečne šljake, lebdeći pesak i metalne pare prodiru pri visokim temperaturama u površinski sloj opeka i prouzrokuju pretvaranje u šljaku i raspadanje vatrostalne opeke: to je najčešći tip razaranja. Dugotrajne visoke temperature pri nedovoljnom hlađenju prouzrokuju širenje opeka. Pri deformaciji zidova peći nastaju pukotine i stvaraju se propustljiva mesta.

**Tablica 6. Dimenzije i prelomna sila za drenažne cevi**
(prema DIN 1180)

| Slobodan otvor unutrašnji prečnik | Debljina zida | | Prelomna sila pojedinačne cevi, najmanje |
|---|---|---|---|
| | min | max | |
| mm | mm | mm | kg |
| 40 | 7,5 | 11 | 280 |
| 50 | 8 | 12 | 370 |
| 65 | 8,8 | 14 | 540 |
| 80 | 9,5 | 16 | 740 |
| 100 | 10,5 | 18 | 1000 |
| 130 | 12 | 20 | 1400 |
| 160 | 14 | 23 | 2000 |
| 180 | 15 | 24 | 2400 |
| 200 | 16 | 26 | 2800 |

**Definicija:** Vatrostalnim se smatra takav materijal, čija se tačka topljenja prema DIN 1063, ne nalazi ispod Seger-ove piramide N°. 26 (1580°). Napred navedene vrste razaranja dolaze do izražaja najčešće već na temperaturama ispod tačke topljenja. Pre svega nagrizanje šljakom — koja se topi na niskoj temperaturi — može potpuno da razori čak i vrlo vatrostalne vrste opeka na 1200—1400°.

Prema DIN 1061 razlikujemo:

a) Prirodne vatrostalne materijale koji se mogu izraditi samo mehaničkom preradom prirodnih sirovina, bez pečenja. To su kvarcni škriljasti kamen, livački pesak za kalupe i hromne rude;

b) Veštačke vatrostalne materijale, koji se izrađuju pečenjem, jedanput ili višeputa.

1. Silika-opeke od kvarcita (uglavnom silicijske kiseline) i malo kreča ili gline kao vezivo (2—3%). Sadrže 90 do 98% $SiO_2$, 1,5% $Al_2O_3$ i 2 do 3% CaO.

2. Opeke sa sadržinom gline:

a) Šamotne opeke od prethodno pečene vatrostalne gline (šamot) u zrnima veličine prečnika od 0,5 do 4 mm i sa vatrostalnom glinom kao vezivom (odnos najčešće 2 : 1).

Kvalitetne opeke, izrađuju se pod velikim pritiskom, od 90 procentnog šamota i malo gline kao vezivo, koje se učini tečnim dodavanjem alkalija. Razlikuju se kvaliteti $A_1$ do $A_6$.

b) Kvarc-šamotne opeke, izrađuju se od šamota i gline (2 : 1) uz dodatak mlevenog kvarcita ili kvarcnog peska. Razlikuju se kvaliteti $B_1$ do $B_5$.

c) Glinaste opeke, izrađuju se pomoću kalupa i pečenjem od gline bogate silicijskom kiselinom, bez dodavanja šamota.

d) Opeke bogate glinovitom zemljom sadrže boksit, diaspor, električno rastopljenu glinovitu zemlju ili silimanit (64% $Al_2O_3$) i glinu kao vezivo (odnos 2 : 1).

e) Magnezitne i dolomitne opeke, izrađuju se od magnezitnog i dolomitnog kamena, pečenog na 1800°, hrom-magnezitnog kamena uz dodatak hromne rude magnezitnoj masi. Hromne opeke glinom vezane (5 do 10%) manje su vatrostalne, ali su vrlo otporne prema stvaranju zgure.

f) Za specijalne svrhe pogodne su ugljenične opeke (mleveni koks vezan katranom i žaren), opeke od silicijum-karbida, opeke od cirkon-silikata, zatim opeke livene od materijala topljivih na visokoj temperaturi. (Većinom opeke bogate glinovitom zemljom, na pr., Corhard opeke).

**Upotreba:** Prirodni kamen upotrebljava se samo za kupolne peći i za specijalne svrhe, hromne rude kao međusloj između silika opeke i magnezitne opeke. Zbog svoje visoke tačke topljenja silika-opeke se upotrebljavaju uglavnom za jako zagrejane svodove, bočne zidove i glave Siemens-Martin-ovih peći, peći za koks, peći za žarenje, peći za staklo itd. Nagla promena temperature brzo razara opeke, razaraju ih i tečne zgure bogate alkalijama, krečom i magnezijum-oksidom. Šamotna opeka

**Tablica 7. Standardi za vatrostalne opeke**

**1. Oblik.**

DIN 1081 Cele opeke. Tričetvrtače. Pločice za izravnanje.
DIN 1082 Opeke za polusvodove, pune svodove i poprečne svodove.
DIN 1083 Opeke za kupolne peći (u pripremi).

**2. Način ispitivanja**

DIN 1061 Opšte. Definicije pojma. Uzimanje uzoraka.
DIN 1062 Hemiska analiza.
DIN 1063 Određivanje vatrostalnosti pomoću Seger-ovih piramida.
DIN 1064 Omekšavanje na visokim temperaturama pod opterećenjem (postojanost prema pritisku u vatri).
DIN 1065 Specifična težina. Zapreminska težina. Poroznost.
DIN 1066 Skupljanje i bubrenje.
DIN 1067 Određivanje jačine pri pritisku na sobnoj temperaturi.
DIN 1068 Određivanje otpornosti prema naglim promenama temperature, postojanost pri promenama temperature. Ispitivanje na normalnoj opeki. Ispitivanje na cilindričnim ugledima.
DIN 1069 Postojanost prema razaranju čvrstih i tečnih materijala na visokoj temperaturi. Postojanost prema stvaranju zgure. Postupak sa loncem. Postupak sa posipanjem.

**3. Propisi za kvalitet**

DIN 1086 Opšte. Dozvoljena otstupanja.
DIN 1087 Opeke za visoke peći.
DIN 1088 Opeke za Siemens-Martinove peći.
DIN 1089 Opeke za peći za koks.

U pripremi: standardi za kvalitet opeka za ložišta parnih kotlova.

je vrlo otporna prema razaranju zgurom i neosetljiva je prema naglim promenama temperature. Do prilično visokih temperatura nema težnje da omekšava. Samo najbolje vrste dostižu visoku tačku topljenja silikatnih opeka. Kvarc-šamotne opeke sa nešto nižom tačkom topljenja i umerenom otpornošću prema dejstvu zgure ugrađuju se uglavnom u peći za žarenje za srednje temperature, u rekuperatore i kao ozid kotlova. Opeke bogate glinovitom zemljom imaju naročito visoku otpornost prema pritisku u vatri i visoku tačku topljenja, a većinom i dobru postojanost prema dejstvu zgura. Upotreba im je ograničena usled visoke cene. Samo silimanit opeke upotrebljavaju se u velikoj meri za naročito visoko opterećene peći za žarenje, i ako se sirovine uvoze. Magnezitne i dolomitne opeke se upotrebljavaju u Thomas - ovim konvertorima, mešalicama (mixer) sirovog gvožđa i Siemens-Martin-ovim pećima, često zajedno sa hrom-magnezitnim opekama u jako opterećenim glava-

**Tablica 8. Svojstva vatrostalne opeke**

| Vrsta opeke | Hemiska analiza | | | | | | Tačka topljenja | Otpornost prema pritisku u vatri | | Postojanost zapremine | | Ukupna zapremina pora |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $Cr_2O_3$ | SK | $t_a$ ° | $t_e$ ° | na ° | Promena dužine max % | |
| Silika I[1]) | > 94,5* | < 2* | 1,5—3,5 | < 3,5* | — | — | 32/33* | 1630* | — | — | — | < 25* |
| Silika II[1]) | > 92* | 1,5—3 | 1,5—3,5 | < 3,5 | — | — | 30* | 1560* | — | 1550* | +1,5* | < 26* |
| Glinom vezana silika opeka | > 90* | 2—5 | 2—4 | 0,5—3 | — | — | 29* | 1470* | 1520* | 1500* | ± 1,5* | < 27* |
| Šamotna opeka $A_0$ | — | > 44* | < 2,5 | — | — | — | 34* | 1350 | 1650 | 1500 | ±1,5* | 25—30 |
| „ „ $A_2$ | — | 40—42* | < 2,5 | — | — | — | 33* | 1300 | 1600 | 1500 | ±1* | 24—28 |
| „ „ $A_4$ | — | 33—35* | < 3,5 | — | — | — | 31* | 1220 | 1500 | 1450* | ±1* | < 28* |
| „ „ $A_6$ | — | < 30* | < 3,0 | — | — | — | < 29* | 1150 | 1400 | — | — | < 30* |
| „ „ $B_1$ | — | — | < 3,0 | — | — | — | > 33* | — | — | — | — | 25—32 |
| „ „ $B_4$ | — | — | < 3,5 | — | — | — | 28/29* | — | — | — | — | 25—30 |
| Silimanit opeka | 30—35 | 60—65 | 05,—3 | — | — | — | > 35 | > 1600 | 1650—1750 | — | — | 20—25 |
| Magnezit opeka | 1—5 | 0,5—3 | 2—9 | — | 80—95 | — | > 40 | > > 1450 | 1600—1800 | 1600 | ±1* | 20—26 |
| Dolomit opeka | 1—4 | 1—3 | 2—7 | okruglo 45 | okruglo 45 | — | > 40 | > 1200 | 1600—1800 | 1700 | ±1* | 20—27 |
| Hromit opeka | 2—15 | 10—30 | 10—30 | 0,1—4 | 10—25 | 30—45 | > 38 | 1200—1450 | 1300—1600 | — | — | 20—25 |
| Hrom magnezit opeka | 2—15 | 5—25 | 10—30 | 1—5 | 20—40 | 20—45 | > 40 | 1550 | 1700 | 1600 | ±1,5* | 22—27 |

[1]) Silika I: spec. težina 2,38 do 2,43 kg/dm³. Silika II: spec. težina 2,43 kg/dm³. — * Vrednosti određene standardom ili konvencijom.

ma, koritima i donjim delovima peći za topljenje metala i plamenih peći, zbog njihove visoke tačke topljenja, i otpornosti prema bazičnim i krečnim zgurama, kao i zgurama bogatim gvozdenim oksidom. Sa ugljeničnim opekama se zidaju gnezda visokih peći. Silicijum-karbidne opeke se mogu upotrebljavati do približno 1600°, ako se onemogući nagrizanje zgurom. Zbog dobre provodljivosti toplote ta je opeka dragocen materijal za peći za žarenje, za retorte i za peći sa neposrednim zagrevanjem.

Livene opeke se upotrebljavaju samo u pećima za proizvodnju stakla ili na mestima sa vrlo velikim razaranjem zgurom.

**Vatrostalni malteri:** za silika i šamotne opeke upotrebljava se najčešće prirodni livački pesak, sitno samleven šamot sa glinom ili mešavina kreča i peska. Magnezitne i dolomitne opeke i opeke izrađene od hromne rude i hromnog magnezita kao i silimanit opeke uziđuju se sa sitno mlevenim malterom istog sastava. Malter treba da ima — ukoliko je to moguće — ista svojstva kao i opeka kojom se zida.

### b) Sinterovani proizvodi

**Klinker,** potpuno ispečena (propečena), zvonko tvrda zidna opeka koja se ne da zaseći čelikom; ima crvenu, smeđu, plavocrvenu ili crnu boju (ređe žuto do tamnozeleno). Upotrebljava se u građevinarstvu, pri gradnji kanala, puteva, i kao materijal otporan prema kiselinama. Klinker za građevinarstvo mora da odgovara uslovima DIN 105 (v. Proizvodi od zemlje, str. 1092).

Obično se traže i lepe boje (šareni klinker). U pogledu dimenzija za kanalski klinker važi DIN 4051. Klinker za gradnju puteva mora pored velike jačine pri pritisku da ima naročito visoku otpornost prema udaru i habanju. Od klinkera otpornih prema kiselinama traži se da budu potpuno sinterovani i otporni prema hemiskim uticajima.

**Keramičke pločice,** kao pločice za podove i za oblaganje zidova, glatke ili izbrazdane, u jednoj boji ili sa šarama (mozaik ploče), zbog jakog sinterovanja vrlo su otporne prema habanju. Format i dimenzije v. DIN 1400.

**Kanalizacione keramičke cevi** (DIN 1230) su kružne cevi sa naglavkom i sa pripadajućim fazonskim komadima (račve, redukcioni komadi itd.), koji služe kao vodovi za tečnosti, naročito za odvođenje upotrebljene vode u gradovima.

Za tu su svrhu, usled svoje otpornosti prema hemiskim uticajima pogodnije od gvozdenih cevi. Otpornost prema spoljnjem temenom pritisku oko 3500 kg, a prema unutrašnjem (vodenom) pritisku oko 60 kg/cm² (tangentni napon). Upijanje vode: prva klasa — najviše 7 do 8%; druga klasa — najviše 9%; treća klasa — nije ograničeno.

Od kamenine se izrađuju i četverougaone ventilacione cevi, nastavci za dimnjake, sanitarni predmeti, kamen otporan prema kiselinama, električni izolatori, kade, korita, valovi, jasle kao i uređaji za hemisku industriju. Svojstva v. tabl. 9.

**Porcelan** (v. IV. knj.): to je opšti pojam za keramičke proizvode sa potpuno gusto sinterovanim zrnom, koji su beli i prozirni i imaju veliku mehaničku i hemisku otpornost. Porcelan je krt, i prelom mu je školjkast i sitnozrnast. Sirovine su uglav-

nom kaolin, feldspat i kvarc. Razlikuje se tvrdi i meki porcelan, ali to se ne odnosi na tvrdoću zrna, nego na omekšavanje pri pečenju.

**Tablica 9. Fizička svojstva kamenine**

| | Kamenina | Fini kameni proizvodi | Porcelan | Steatit |
|---|---|---|---|---|
| Specifična težina . . [kg/dm³] | 2,44—2,65 | 2,53 | 2,4—2,5 | 2,6—2,8 |
| Zapreminska težina [kg/dm³] | 2,08—2,37 | 2,32 | 2,30 | 2,36—2,38 |
| Poroznost . . . [zaprem.-%] | 0,3—5,1 | 0,2 | 0 | 0 |
| Jačina pri pritisku . [kg/cm²] | 3300—5800 | 5600 | 4000—5500 | 6550—7530 |
| Jačina pri zatezanju [kg/cm²] | 80—120 | 160—180 | 150—400 | 500—800 |
| Jačina pri savijanju [kg/cm²] | 230—416 | — | 400—900 | 1200—1300 |
| Jačina pri uvijanju [kg/cm²] | 130—250 | 226 | 400—600 | — |
| Tvrdoća (pomoću kuglice, Brinell) . [kg/cm²] | 470—1040 | — | 700—1400 | — |
| Jačina pri savijanju udarom . . . . [kgcm/cm²] | 1,3—1,7 | 1,7 | 1,9—2,0 | 3—5 |
| Modul elastičnosti . [kg/mm²] | 4000—6000 | 5000—6000 | 6000—9000 | 9000—10000 |
| Habanje (peščani mlaz) . . . . [zaprem.-%] | 3,0—10 | 2,4 | 2—3 | 2,1 |
| Koeficijent širenja . . . . | $4{,}3 \cdot 10^{-6}$ | $5{,}7 \cdot 10^{-6}$ | $3—4 \cdot 10^{-6}$ | — |
| Provodljivost toplote [kcal/m h°] | 1,0—1,4 | 1,2—1,3 | 0,7—0,9 | — |
| Dielektrična konstanta . . | — | — | 5—6 | 5,4 |

Zbog vrlo visoke otpornosti prema promenama temperature, tvrdi porcelan se upotrebljava uglavnom za hemisko-tehničke proizvode i pribor u domaćinstvu. Građevinski materijal od porcelana: pločice za oblaganje, pločice za podove i zidove, cevi itd. Hemisko-tehnički porcelan služi za izradu uređaja za laboratorijume i industriju, kao i za izolatore i razvodni materijal.

**Izolatori.** Standardi: DIN VDE 8001 do 8005, 8007, 8009 do 8011, 8018 do 8020, 8060 i 8100 do 8103. Pored velike jačine pri zatezanju i pritisku, izolatori moraju biti postojani prema atmosferskim uticajima. Dalji uslovi odnose se na propustljivost, otpornost prema probijanju, dielektričnu konstantu, dielektrični gubitak i površinski otpor.

### c) Steatit

**Steatit** se izrađuje od sitno mlevenog steatita, uz dodatak malih količina sredstva za topljenje, pečenjem do sinterovanja. Steatit ima zbijena i čisto bela zrna sa velikom mehaničkom otpornošću, veliku podobnost električnog izolovanja i mali dielektrični gubitak i dobru otpornost prema probijanju; usled toga se upotrebljava kao sredstvo za električnu izolaciju (razvodni materijal, tela za kaleme, svećice i sl.). (V. Stofhütte, 2 izdanje, str. 899 i dalje).

# VII. Malter. Beton itd.[1])

Obradio Dr.-Ing. F. Maune, Berlin

Malter je mešavina veziva, peska i vode. Beton je mešavina veziva (većinom cement), peska, krupnijih agregata (krupni šljunak, tucanik i sl.) i vode.

## A. Osnovni materijali

### a) Veziva

Najvažnija veziva za malter i beton su gips, kreč i cement. Kad se pomešaju sa vodom imaju svojstvo da stvrdnjavaju, kod nekih to se obavlja samo na vazduhu (gips i vazdušni kreč), kod drugih i bez vazduha i pod vodom (vodeni kreč, hidraulički kreč i cement).

**1. Gips (sadra)**[2]). Sirovina je prirodni gipsani kamen (kristalni kalcijum-sulfit koji sadrži vodu, $CaSO_4 \cdot H_2O$ str. 1087), koji posle slabijeg ili jačeg zagrevanja delimično ili sasvim izgubi vodu (tabl. 1).

**Štukatur-gips** (vajarski gips, modelarski gips) stvara se umerenim zagrevanjem samlevenog sirovog gipsa na približno 120 do 200° u kotlovima ili obrtnim pećima, pri čemu se količina kristalne vode smanji do na približno 6%. Građevinski (štukatur) gips, u trgovini u raznim stepenima finoće, kad se pomeša sa vodom ima svojstvo da se ponovo s njom veže i, posle približno 15—20 minuta i malo zagrevanja, stvrdne u masu, koja nije otporna prema vodi (prema dejstvu atmosferilija). Pošto se zapremina pri tom poveća za približno 1%, štukatur-gips ispunjava kalupe brzo i potpuno (izrada unutrašnjih građevinskih ornamenata u kalupima od tutkala). Za štukatorske i modelarske radove, kao i za nanošenje i za izvlačenje profila na vencima i dr., štukatur-gips se uvek prerađuje bez peska. Jačina pri zatezanju posle sedam dana > 16 kg/cm². Primesom tutkala, dekstrina, stipse, boraksa, korena od belog sleza itd. može se produžiti vreme vezivanja i poboljšati tvrdoća gipsa (tvrdi štukatur), a sa primesom tople vode to se vreme može skratiti.

Gips treba uvek sipati rastresito u vodu i zatim ravnomerno mešati, pri čemu nastaje kaša koja može da se lije, ako je pravilno podešena količina gipsa. Sipanje vode na gipsani prah prouzrokuje suviše brzo vezivanje.

Zapreminska težina: u zbijenom stanju (zbijeno stresanjem) 1000 do 1400 g/l, u rastresitom stanju 600 do 850 g/l.

---

[1]) **Literatura.** — Stoffhütte, 2 izd., 1937 — Dieckmann: Kleine Baustoffkunde, Braunschweig 1936, Vieweg.

[2]) Anweisung für Mörtel und Beton (AMB), Berlin 1936, Deutsche Reichsbahn. — Vorschrift zur einheitlichen Prüfung von Stuckgips, 1934, i druge publikacije »Fachgruppe Gipsindustrie«, Berlin W. 15. — Nacken i Fill: Zur Chemie des Gipses, Berlin 1931, Tonind.-Verlag. — Das Gipsbaubuch, Bauberatungsstelle der Deutschen Gipswerke e. V., Arnstadt 1929 — Goslich: Die Wasserbindestufen des Gipses, Berlin 1929, Tonind.-Verl. — Moÿe: Das Gipsformen, Berlin 1911, Tonind. - Verl. — Schoch: Die Mörtelbindestoffe Zement, Kalk, Gips, Berlin 1928, Tonind.-Ver.

**Tablica 1. Temperatura pečenja, oznake i upotreba proizvoda od gipsa** (Prema D i c k m a n n-u) Osnovna sirovina: gipsani kamen Ca $SO_4 \cdot 2 H_2 O$

| 107—150° | 107—300° | 107—650° | 650—1200° |
|---|---|---|---|
| | | Oznaka | |
| Modelarski gips<br>Alabastergips<br><br>Gips za kalupe | Stukatur gips<br>Gips iz obrtnih peći<br><br>Gips iz kazana | Građevinski gips (pogrešno zvan štedni kreč, Sparkalk)<br>Gips iz peći | Estrih gips<br>Diara |
| | | Primena | |
| Kalupi za keramiku<br>Vajarski radovi<br><br>Medicinske potrebe | Štukatorski radovi<br>Specijalne i obične ploče od gipsa<br>Malter za zidove i tavanice | Malter za zidove i tavanice | Podloga za pod od linoleuma i gume<br>Malter za zidove, podovi. |

**Građevinski gips** (Gips iz peći, avalit, koji se pogrešno naziva Sparkalk), peče se u uspravnim pećima u području temperature od 180 do 700°. Vezuje i stvrdnjava samo lagano, i upotrebljava se uglavnom za malter.

**Estrih gips** (za košuljice, diara) peče se od sirovog gipsa u komadima na 850 do 1000°, a zatim samleven vezuje i stvrdnjava mnogo sporije (18 do 24 časa) nego štukatur gips, ali postiže mnogo veću jačinu (jačina pri zatezanju posle 28 dana iznosi oko 25 kg/cm² a jačina pri pritisku posle dobrog sušenja oko 150 kg/cm²). On je doduše postojaniji prema uticaju vode nego štukatur gips, ali se za spoljne radove sve manje upotrebljava.

Zapreminska težina: u zbijenom stanju 1300 do 1700 g/l, u rastresitom stanju 900 do 1200 g/l.

Obrada slična kao kod štukatur gipsa: postupno sipanje u vodu i temeljno mešanje.

Izlivena kašasta masa stegne se posle nekoliko časova; pri izradi košuljica a pre konačnog stvrdnjavanja udara se po njoj drvetom ili gvožđem, dok voda ne izađe na površinu, pa se posle toga glača i održava nekoliko dana pod vlagom.

**Alabaster gips** (tvrdi alabaster, koji se obično pogrešno zove mermerni cement) dobiva se od štukatur gipsa natapanjem sa rastvorom stipse, ponovnim pečenjem na 500°, posle čega se sitno samelje. Alabaster gips postiže veliku jačinu (oko 30 kg/cm²) i tvrdoću. Upotrebljava se za proizvode slične mermeru, za ispunu spojnica zidnih pločica i sl.

**Napomena:** Gips se ne sme nikad ugrađivati zajedno sa cementom, jer u tom slučaju nastaje bubrenje! — Na vlažnim mestima gips pojačava rđanje gvožđa (radovi sa žičanim mrežama — rabic) zato na tim mestima treba upotrebljavati pocinkovanu žicu.

**2. Kreč**[1]). Građevinski kreč i cement izrađuju se od istog osnovnog materijala — krečnjaka, koji se bez prethodne pripreme

[1]) Baukalknorm DIN 1060, Berlin 1939. — Anweisung für Mörtel und Beton (AMB), Berlin 1936, Deutsche Reichsbahn. — U r b a c h: Die Verwendung des Kalkes in Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft und Ernährung, 1931. — S e e g e r: Praktische Wärmewirtschaft beim Kalkbrennen. 1931. — E i s e m a n n: Kalklöschen, 1925. — K l e h e: Das Kalkwerk, 1927, sve Kalk-Verlag, Berlin W 62. — S c h o c h: Die Mörtelbindestoffe Zement, Kalk, Gips, Berlin 1928, Tonind.-Verl. — K ü h l u. K n o t h e: Die Chemie der hydraulischen Bindemittel, Lepzig 1915, Hirzel. — B u r c h a r t z: Luftkalke und Luftkalkmörtel, Berlin 1908 Springer.

ispeče u građevinski kreč na temperaturi ispod sinterovanja; međutim, za proizvodnju cementa on se obično najpre dobro izmeša sa glinom, zgurom od visokih peći i drugim materijalom, i uvek peče na temperaturi sinterovanja ili i topljenja (tabl. 2).

(Nastavak teksta na str. 1004)

**Tablica 2. Kreč i cement prema hemiskom sastavu**

| Vrste kreča (nesinterovane) | Cementi (sinterovani ili topljeni) |
|---|---|
| A. Kreč<br>koji stvrdnjava na vazduhu<br>1. Beli kreč:<br>Ca O najmanje 90%; Mg O do 5%<br>2. Dolomitni kreč (sivi kreč):<br>Ca O + Mg O min. 90%;<br>Mg O više od 5% | 1. Portlandcement, temeljna mešavina sirovine, sinterovan (cementni klinker), sitno mleven:<br>$\frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3} > 1{,}7$<br>60—67,1% Ca O<br>18—23,7% Si $O_2$<br>4,5—8,1% $Al_2O_3$<br>2,1—4,7% $Fe_2O_3$<br>0,7—4,9% Mg O<br>0,9—2,5% $SO_3$<br>0—6,9% nerastvorljivo<br>Ne više od 5% Mg O, 2,5% $SO_3$. |
| B. Kreč<br>koji i pod vodom stvrdnjava<br>3. Vodeni kreč:<br>Više od 10% rastvorljivih kiselih sastojaka. Sa više od 5% Mg O »dolomitni«.<br>4. Hidraulični kreč:<br>Najmanje 15% rastvorljivih kiselih sastojaka. Veća moć stvrdnjavanja nego kod vodenog kreča.<br>5. Jako hidraulični kreč (i roman kreč):<br>kao pod 4, ali još veće jačine. | 2. Prirodni cement, nije mešavina sirovina, većinom se dodaje drugi materijal (zgura visokih peći).<br>3. Portlandcement sa zgurom visokih peći, najviše 30% zgure visokih peći, ostatak portlandklinker.<br>4. Cement visokih peći, 31—85% zgure visokih peći, ostatak portlandklinker<br>5. Aluminozni cement (topljeni cement, »Schmelzzement«)<br>35—50% Ca O 3—10% Si $O_2$<br>38—48% $Al_2O_3$ 1—18% $Fe_2O_3$<br>1, 3 i 4 su »standardizovani cementi« prema DIN 1164. |

**Tablica 3. Vrste kreča i način isporuka**

+ označava proizvode u trgovini. Sve vrste kreča uokvirene debelom linijom isporučuju se u vrećama.

| | | Vrste kreča | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | koje stvrdnjavaju na vazduhu | | koje stvrdnjavaju i pod vodom | | | |
| | | Beli kreč | Dolomitni (sivi kreč | Vodeni kreč | Hidraulični kreč | Jako hidraulični kreč | Roman kreč Roman cement |
| | Gašenje | brzo | nešto sporije | sporo, ali sa potpunim raspadanjem | raspada se samo delimično | raspada se samo delimično | uopšte se ne gasi |
| Način isporuke: Pečeni kreč | Kreč u komadima | + | + | + | | | |
| | Mleven pečeni kreč | + | + | + | + | + | + |
| Gašeni kreč | Gašeni kreč u prahu | + | + | + | + | + | |
| | Krečna kaša | + | | | | | |

**Tablica 4. Izvod iz standarda za građevinski kreč (DIN 1060)**

| | | |
|---|---|---|
| Opšte objašnjenje pojma | | Kreč je vezivo za malter. On postaje kada se krečnjak — raznih podvrsta — peče ispod granice sinterovanja. Prema stepenu raspadanja, koje nastaje kvašenjem vodom, i s obzirom na njegov hemiski sastav i moć stvrdnjavanja pod vodom, kreč se deli na sledeći način: |
| Posebno objašnjenje pojma | stvrdnjava na vazduhu: Beli kreč | Beli kreč sadrži najmanje 90% Ca O[1]) i najviše 5% Mg O. Gasi se brzo i posle gašenja ima belu boju. |
| | stvrdnjava na vazduhu: Dolomitni (suvi) kreč | Dolomitni kreč (sivi kreč) sadrži najmanje 90% Ca O + Mg O[1]); gasi se nešto sporije nego beli kreč, i posle gašenja ima tamniju boju. |
| | stvrdnjava i pod vodom: Vodeni kreč | Vodeni kreč sadrži više od 10% rastvorljivih kiselih sastojaka ($Si O_2$, $Al_2 O_3$, $Fe O_3$)[1]). Sa više od 5% Mg O zove se »dolomitni«. Gasi se sporo; ako se sa njime ispravno postupa postojan je u vodi. |
| | stvrdnjava i pod vodom: Hidraulični kreč | Hidraulični kreč sadrži najmanje 15% rastvorljivih kiselih sastojaka, stvrdnjava pod vodom, ima veće jačine od vodenog kreča, gasi se samo delimično. Vrste koje se uglavnom sastoje od kreča pečenog ispod granice sinterovanja, nazivaju se veštački hidraulični kreč, ako stvrdnjavaju i pod vodom i ako imaju odgovarajuće jačine. |
| | stvrdnjava i pod vodom: Jako hidraulični kreč | Jako hidraulični kreč ima veću jačinu nego hidraulični kreč. Ovde spada i roman kreč koji se dobiva od krečnjaka bogatog silicijumom, koji se ne raspada pri dodavanju vode i zbog toga se isporučuje samo u samlevenom stanju. |
| Način isporuke | | V. tabl. 3. Gašen kreč u prahu sme da sadrži do 10% neugašenih sastojaka. Kreč u prahu mora na omotu da ima oznaku vrste i oznaku »negašen« ili »gašen«. Na omotu treba označiti težinu, propis za preradu i proizvođača. |
| Propis za preradu | | Propis za preradu mora da odgovara jednoj od sledećih četiri grupa:<br>1. Prerada u stanju isporuke, bez odležavanja u jami, odnosno bez roka ležanja kao malter.<br>2. do 4. Prerada posle 12 časova, odn. 24 časa, odn. 48 časova ležanja u jami, odn. kao odležan malter. |
| Izdašnost | | Količina od 5 kg pečenog kreča treba posle gašenja da dâ (prosečno):<br>od belog kreča . . . . 11 l gašenog kreča,<br>od dolomitnog kreča . 11 l gašenog krečnog praha,<br>od vodenog kreča . . . 7 l gašenog krečnog praha. |
| Finoća mliva | | Od kreča u prahu ne sme na situ 0,6 DIN 1171 ništa da ostane, na situ 0,20 DIN 1171 sme da ostane najviše 10%. Od kreča za spoljni malter sme na situ 0,090 DIN 1171 da ostane najviše 10%, a na situ 0,20 DIN 1171 najviše 2% |
| Postojanost zapremine | | Svaki stručno i potpuno ugašen kreč, pri stvrdnjavanju na vazduhu zapreminski je postojan. Pod vodom stvrdnut kreč mora biti i pod vodom postojan. |
| Moć stvrdnjavanja | | Moć stvrdnjavanja određuje se i za kreč koji pod vodom stvrdnjava (ležanje u vlažnom vazduhu, malter od jednog težinskog dela kreča i tri težinska dela normiranog peska) i mora dostići ove minimalne jačine u kg/cm² |

| | Pritisak | Zatezanje |
|---|---|---|
| Posle dana . . . . . | 28 | 28 |
| Vodeni kreč . . . . . | 15 | 3 |
| Hidraulični kreč . . . . . | 40 | 5 |
| Jako hidraulični kreč . . . . . | 80 | 9 |

[1]) U odnosu na zbir sastavnih delova koji određuju vrstu (Ca O, Mg O, $Si O_2$, $Al_2 O_3$, $Fe_2 O_3$).

(Nastavak teksta sa str. 1002)

Pri pečenju krečnjaka (uglavnom kalcijum-karbonat $CaCO_3$) ispod granice sinterovanja izdvaja se ugljen-dioksid, i preostaje pečeni kreč CaO, koji se isporučuje ili u komadima ili i samleven. Dodavanjem vode (gašenjem) dobiva se od pečenog kreča gašeni kreč $Ca(OH)_2$, koji prema količini vode može biti u obliku praha ili u kašastom stanju (str. 1108).

Vrste kreča i načini isporuka v. tabl. 3 i 4. Velika raznovrsnost krečnih proizvoda dovodila je ponekad do zamenjivanja, naročito za prah, koji je u prodaji u vrećama. Potrošač je nazivao sve te vrste kreča »kreč u vrećama«, ne misleći da se mleven pečeni kreč, koji se najpre mora gasiti, posle spravljanja ne sme tako brzo preradivati kao gašeni kreč. Kako pogrešnom preradom mogu nastati velike štete na malteru, nije više dozvoljena oznaka »kreč u vrećama« (DIN 1060).

Gašeni kreč, u prisustvu vode, prima ponovo iz vazduha lagano ugljenu kiselinu, i na taj način postepeno stvrdnjava obrazujući kalcijum-karbonat. Bez vazduha, (na pr., pod vodom), ne može biti stvrdnjavanja, usled otsustva ugljene kiseline. Pored stvrdnjavanja usled dejstva ugljen-dioksida, postoji kod izvesnih vrsta kreča još jedan način stvrdnjavanja, koji nastaje i pod vodom, odnosno bez vazduha; on se može pripisati prisustvu većih količina (više od 10%) rastvorljivih silicijskih kiselih i glinovitih sastojaka (stvaraoci silikata, vezači vode, hidraulični činioci) u kreču i obrazovanju kalcijum-silikata i kalcijum-aluminata.

Vrste kreča, koje usled male sadržine stvaraoca silikata (do 10%), mogu stvrdnjavati samo na vazduhu, imaju prednost što se lako gase, što su vrlo izdašni i što daju naročito plastičan malter (laka preradljivost). Ostale vrste kreča, koje stvrdnjavaju kako na vazduhu tako i pod vodom, teže se gase i nisu tako izdašni i plastični ukoliko imaju veću moć stvrdnjavanja; prednosti: veća jačina i podobnost da posle kratkog stvrdnjavanja na vazduhu i pod vodom ostanu postojani i da nastave stvrdnjavanje, praćene su nezgodom da daju lošije »kraće« maltere.

**3. Cement**[1]). Pri pečenju pogodno sastavljenih sirovina od kreča, silicijske kiseline, glinice i gvozdenog oksida najmanje do temperature sinterovanja, nastaje t. zv. cementni klinker, koji, sa dodacima (gips, zgure visokih peći) sitno samleven, daje cement (tabl. 2). Kreč pri sinterovanju sa stvaraocima silikata daje jedi-

---

[1]) Zement-Kalendar 1939, Berlin. Zementverlag. — Lea i Desch: Die Chemie des Zements, Berlin 1937, Zementverl. — Internationale Normentabelle für Portlandzemente, 1937. — Kühn: Konjunktur u. Billanz der Zementindustrie, Berlin 1937, Heymann. — Anweisung für Mörtel und Beton (AMB), Berlin 1936, Deutsche Reichsbahn. — Forsèn: Zur Chemie des Portlandzementes, Berlin 1935, Zementverl. — Guttmann: Die Verwendung der Hochofenschlacke, Düsseldorf 1934, Stahleisen. — Dorsch: Chemie der Zemente, Berlin 1932, Springer. — Deutsche Normen für Portlandzement, Eisenportlandzement und Hochofenzement, Berlin 1932, Zementverl. — Bussmeyer: Wärmewirtschaft in der Zementindustrie, Dresden 1931, Steinkopf. — Eisenütte, 4. izd., 1930. — Wecke: Zement (Vom Rohstoff bis zum Fertigfabrikat), Berlin 1930, Zementverl. — Grün: Der Hochofenzement, Berlin 1929, Tonind.-Verl. — Kühl: Zementchemie in Theorie und Praxis, Berlin 1929, Tonind.-Verl. — Schoch: Die Mörtelbindestoffe, Zement, Kalk, Gips, Berlin 1928, Tonind.-Verl. — Wecke: Handbuch der Zementliteratur, Berlin 1927, Zementverl. — Killig: Laboratoriumsbuch für die Portlandzementfabrikation, Berlin 1925, Zementverl.

njenja (na pr., $3\,CaO \cdot SiO_2$, $2\,CaO \cdot SiO_2$, $3\,CaO \cdot Al_2O_3$, $4\,CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$), koja kad se samelju imaju moć da, pomešana sa vodom, stvrdnjavaju u kamenitu masu i da i pod vodom još i dalje stvrdnjavaju.

**Podela:** Prirodni cementi, pogodno sastavljenih krečnih laporaca, bez prethodnog spravljanja, koji se peku do sinterovanja (u Nemačkoj se vrlo malo primenjuje), standardizovani cementi, aluminozni cementi i specijalni cementi.

**Standardizovani cementi:** (tabl. 5), u koje spadaju portland cement, portland cement sa zgurom visokih peći i cement visokih peći, traže da se savesno izvrši priprema i mešanje sirovina. Svi standardizovani cementi moraju i pored različite izrade i sastava zadovoljavati iste uslove za jačinu. Isto važi za grupu standardizovanih cemenata visoke vrednosti, koji postižu veće jačine u početku, usled naročito pažljive izrade i finijeg mlevenja.

**Portland cement,** izrađuje se većinom od krečnjaka i gline ili od pogodnih krečnih laporaca. Fino mleveno sirovo brašno navlaži se malo pri suvom postupku u obrtnoj cevastoj peći, odnosno u uspravnoj peći, ili, pri mokrom postupku, u vidu blata peče u obrtnoj cevastoj peći (oko 1450°). Tako dobiven klinker samelje se u fino brašno sa dodatkom od 2 do 3% sirovog gipsa.

Portland cement je sivozelen, vrlo fino samleven i ima specifičnu težinu od približno 3,1 kg/dm³. Težina jednog litra varira prema finoći mliva između 900 i 1200 g/l kad se rastresito naspe, i između 1600 do 1800 g/l u strešenom stanju. Potrebna količina vode za čist cement iznosi za »standardizovanu konsistenciju« za određivanje vremena vezivanja približno 23 do 30%.

U grupi portland cementa, za određene potrebe prakse razrađeno je nekoliko specijalnih proizvoda: beli portland cement (skoro beo usled vrlo male sadržine gvožđa), rudni cement (siromašan glinicom a bogat gvožđem, usled čega je postojan u morskoj i barskoj vodi, nasuprot običnom portland cementu), ferari cement (odnos $Al_2O_3 : Fe_2O_3$ približno 0,64, postojan u morskoj vodi, povoljno skupljanje), cement sa brzim početnim stvrdnjavanjem i cement za betonske masive (umereno razvijanje toplote).

**Portland cement sa zgurom visokih peći i cement visokih peći** sastoji se od portland cementa, s kojim se samelju određene količine zrnaste bazične zgure visokih peći (tab. 5.).

**Aluminozni cement**[1]) izrađuje se pečenjem mešavine krečnjaka i boksita. Ako se pri tome dostigne temperatura topljenja, dobije se t. zv. topljeni cement. Nemački aluminozni topljeni cement, koji se dobiva naročitim podešavanjem sastava šarže u visokoj peći za gvožđe, svetle je boje, dok su strani proizvodi smeđe obojeni. Aluminozni cementi postižu vrlo brzo neobično visoke jačine (pri standardizovanom ispitivanju posle 24 časa preko 500 kg/cm² pritisne jačine i 30 kg/cm² zatezne jačine). Pri tom imaju normalno vreme vezivanja, ali na gradilištu ne smeju doći u dodir sa drugim cementima ili sa krečom. Pri vezivanju i stvrdnjavanju razvijaju više toplote nego drugi cementi i zbog toga se mogu koristiti za betoniranje pri mrazu. Sem toga su neosetljivi prema mnogim materijalima koji štetno utiču na cement.

**Specijalni cement.** Za specijalne svrhe dodaju se portlandcementu dodaci preko uobičajenih količina za standardizovane cemente. To su tras cement (u fabrici samleven tras zajedno sa klinkerom portland cementa), bitumenski cement (sa dodatkom bitumena, da bi se smanjilo skupljanje) i Aquadom cement (koji teško upija vodu, za vodonepropustljiv beton).

**4. Hidraulički dodaci** (pucolani). Prirodni ili veštački aluminozni silikati razloženi žarenjem, koji pomešani sa vazdušnim krečom daju hidraulička veziva, tj., takva koja se pod vodom

(Nastavak teksta na str. 1107)

[1]) Der Tonerdezement, Lübeck-Herrenwyk 1936, Hochofenwerk Lübeck AG.

## Tablica 5. Izvod iz standarda za cement (DIN 1164, 1165, 1166)

**Objašnjenje pojma**

**Portland cement**

Portland cement je hidraulično vezivo, koje u mineralnoj strukturi, dobivenoj pečenjem, sadrži na 1,7 težinskog dela kreča najviše 1 težinski deo rastvorljive silicijske kiseline ($Si O_2$) + glinice ($Al_2 O_3$) + oksid gvožđa ($Fe_2 O_3$). Proizvodi se finim mlevenjem i temeljnim mešanjem sirovina, pečenjem najmanje do temperature sinterovanja i finim mlevenjem pečenog proizvoda (klinkera). Gubitak usled žarenja prilikom isporuke iz fabrike sme da iznosi najviše 5%. Sadržina magnezijum-oksida ($Mg O$) ne sme preći 5%, anhidrida sumporne kiseline ($SO_3$) 2,5% — sve svedeno na žaren portland cement. Posle pečenja sme se portland cementu dodati najviše 3% stranih materijala.

**Portland cement sa zgurom visokih peći**

Portland cement sa zgurom visokih peći je hidraulično vezivo, koje se sastoji od najmanje 70 težinskih % portland cementa i najviše 30 težinskih % granulirane bazične zgure iz visokh peći. Portland cement izgrađuje se saglasno definiciji portland cementa. Zgura iz visokih peći (silikati krečne glinice, koji se dobivaju pri pogonu visokih peći za gvožđe) smeju na jedan težinski deo zbira kreča ($Ca O$) + + magnezijum-oksid ($Mg O$) + $^1/_3$ glinice ($Al_2 O_3$) da sadrže najviše 1 težinski deo zbira rastvorljive siliciske kiseline ($Si O_2$) + $^2/_3$ glinice ($Al_2 O_3$), tj.

$$\frac{Ca O + Mg O + {}^1/_3 Al_2 O_3}{Si O_2 + {}^2/_3 Al_2 O_3} \geq 1.$$

Portland cement i zgura iz visokih peći samelju se zajedno fino i dobro izmešaju. Stranih materijala sme se dodati najviše 3%.

**Cement visokih peći**

Cement visokih peći je hidraulično vezivo, koje se sastoji od 15 do 69 težinskih % portland cementa i odgovarajućih 85 do 31 težinskih % granulirane bazične zgure visokih peći. Za sastav portland cementa i zgure važi isto kao za portland cement sa zgurom visokih peći. Zgura sme da sadrži najviše 5% manganovog oksida ($Mn O$). Cementu visokih peći sme se dodati najviše 3% stranih materijala.

**Zajedničko za sve standardizovane cemente**

**Vezivanje**

Početak vezivanja normalno vezujućeg cementa sme nastati najranije jedan čas posle mešanja sa vodom. Pored »propisane probe« predviđena je »orijentaciska proba« u toku procesa vezivanja (pomoću paranja noktom).

**Postojanost zapremine**

Cement mora biti zapreminski postojan. On je zapreminski postojan, ako su posle vezivanja pod vodom kolači posle 28 dana još ravni, bez naprslina i sa oštrim ivicama.

**Mlevenje**

Cement mora biti tako fino samleven, da na situ 0,20 DIN 1171 (900 rupa na $cm^2$) ostane najviše 2%, a na situ 0,090 DIN 1171 (4900 rupa na $cm^2$) najviše 25%.

**Minimalne jačine kg/cm²**

Po izboru prema DIN 1164: kocka ivice 7 cm i osmice od maltera vlažnog kao zemlja, spravljenog od 1 težinskog dela cementa + 3 težinska dela normiranog peska, ili prema DIN 1165/66 prizme 4×4×16 $cm^3$ od plastičnog maltera, spravljenog od 1 težinskog dela cementa + 1 težinskog dela sitnog peska + 2 težinska dela normiranog peska.

| | Običan cement DIN 1164 | | | Cement visoke vredn. DIN 1164 | | DIN 1165/66 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Zatezanje | Pritisak | Zatezanje sa savijanjem | Zatezanje | Pritisak | Zatezanje sa savijanjem |
| posle 3 dana lež. u vodi[1]) | — | — | — | 25 | 250 | 25 |
| posle 7 dana lež. u vodi | 18 | 200 | 25 | — | — | — |
| posle 28 dana lež. u vodi | 25 | 300 | 50 | 30 | 400 | 55 |
| posle 28 dana mešovitog ležanja[2]) | 30 | 400 | — | 40 | 500 | — |

[1]) 24 časa na vazduhu, ostalo vreme u vodi.
[2]) 24 časa na vazduhu, 6 dana u vodi, ostalo vreme na vazduhu; odsad otpada.

(Nastavak teksta sa str. 1005)

stvrdnjavaju, i koja se često dodaju i cementu da bi se pri stvrdnjavanju cementa vezao oslobođeni krečni hidrat (povećavanje gustine).

a) Prirodni pucolani: pucolanska zemlja (Italija) Santorinska zemlja (Grčka) i tras[1]) (vulkanski tuf, na pr., Eifel). Ovaj davno isprobani građevinski materijal prodaje se najčešće u obliku brašna (standardi za tras DIN 1043). b) Veštački pucolani: pečena glina svih vrsta u obliku brašna (dakle i brašno od opeka), zrnasta bazična zgura iz visokih peći[1]) pogodnog sastava, silicijum (otpadni proizvod pri proizvodnji stipse).

## b) Agregati

**Podela:**

a) Pesak: od prirodnog kamena (u prirodi u gotovom stanju ili veštački izlomljen), veštački (pesak od zgure), prolazi kroz sito sa otvorima od 7 mm;

b) Šljunak (nanos, oblutci): sitan šljunak 7 do 30 mm, krupan šljunak 30 do 70 mm;

c) Kamena sitnež (7 do 30 mm) i tucanik (30 do 70 mm) od prirodnih stena (bazalt, granit, krečnjak itd.), ili od veštačkog kamena (opeka, zgura visokih peći u komadima itd.).

Sem toga upotrebljavaju se kao agregat ostaci od sagorevanja koksa i uglja (pepeo, kotlovska šljaka, zgura) i za naročite svrhe (laki beton, str. 1117) i vuna od šljake, drvene strugotine, drvena vuna i drugo.

Zapreminska težina prirodnog peska (vlažnog kao u majdanu) kreće se u granicama od 1200 do 1500 kg/m³, šljunka od 1400 do 1600 kg/m³, tucanika od prirodnih stena i komada zgure visokih peći od 1300 do 1500 kg/m³, peska od plovućca odnosno šljunka od plovućca oko 700 do 900 kg/m³, od šljake od uglja (pepeo, kotlovska šljaka) od 600 do 800 kg/m³.

U agregatu ne sme da bude nečistoće od zemlje, uglja, pirita, gipsa, kiselina i soli. Glinasti i ilovačasti sastavni delovi naročito su štetni, ako čvrsto obuhvataju zrna agregata.

**Na svojstva maltera i betona jako utiče granulometriski sastav** agregata. Sa peskom od mešovitih zrna postiže se ušteda veziva pri spravljanju betona, usled manjeg sadržaja šupljina. Šupljine u dobrom pesku za malter, posle stresanja, ne treba da iznose više od 30%. S druge strane, pesak za malter sa vazdušnim krečom ne treba da bude suviše gust, jer u tom slučaju malter ne može da primi dovoljno ugljene kiseline, potrebne za stvrdnjavanje.

Za spravljanje betona treba upotrebljavati mešavine zrna sa malo šupljina, što se dobiva celishodnim mešanjem pogodnih veličina zrna (tabl. 9 i 10 str. 1112). Propisi su dati u »Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton«, Deo A (DIN 1045).

# B. Malter

**1. Malter od blata**, sastoji se od pokvašene posne ilovače pomešane pored ostalog sa iseckanom slamom; stvrdnjava pri običnom sušenju, usled čega ima malu jačinu i lako se ispere vodom. Upotrebljiv samo za unutrašnje zidove i potpuno zaštićene spoljne zidove, kao i za uređaje za loženje (pekarske peći). Najjeftiniji malter, koji se brzo suši, zadržava toplotu, služi i kao premaz za drvo radi zaštite od požara.

Za prilično tvrd i istovremeno donekle elastičan pod od ilovače (naboj) za gumna, staze za kuglane itd., upotrebljava se nabijena i zatim i krvlju natopljena ilovača.

---

[1]) Opširan bibliografski pregled nalazi se u radu Rodt-a: Über das chemische Verhalten von Trass- und Hochofenschlacke, Zement 27 (1938), Nr. 14, 15, 21. — Physikalische und mechanische Einflüsse von Trass- und Hochofenschlacke auf Mörtel und Beton, Tonind.-Ztg, 62 (1938), Nr. 41, 42, 44, 45/46. — Die technische Verwendung von Trass und Hochofenschlacke, Chemiker-Ztg. 62 (1938), Nr. 58.

**2. Gipsni malter.** Gips se upotrebljava sam (gipsna kaša) ili sa dodavanjem peska (gipsni malter).

Štukaturgips se upotrebljava kao dodatak krečnom malteru za tavanice i zidove. On ubrzava stvrdnjavanje maltera, tako da se glađenje (perdašenje) može vršiti neposredno posle nabacivanja. Najpre se sipa gips u vodu i temeljnim mešanjem napravi gipsna kaša, koja se zatim pomeša sa krečnim malterom (oko 1 zapreminski deo gipsa : 2 zapreminska dela kreča : 5 zapreminskih delova peska). Malteru od kreča i gipsa dodaju se ponekad svinjske dlake (bolja povezanost) i tutkalna voda (usporava vezivanje). Malter od kreča i gipsa uoptrebljava se za rabiciranje, tako da se nabacuje na zategnutu žičanu mrežu ili slično.

Kaša od štukaturgipsa bez dodatka peska, upotrebljava se za štukaturske radove i rabiciranje, a ponekad kao poslednji glatki premaz na omalterisanim zidovima, kao i za izradu gipsnih ploča i za manje opravke.

Gips iz peći upotrebljava se pomešan sa jednakim delovima peska kao malter, i posle se najčešće premazuje gipsnom kašom.

Estrih gips, gips za košuljice, upotrebljavao se ranije kao malter za zidanje. Danas se upotrebljava skoro isključivo bez dodatka peska, prvenstveno za izradu trajnih podova, koje ne mogu da nagrizaju glodari i štetočine za drvo, i koji su otporni prema vatri, posle sušenja takvi se podovi mogu pokriti linoleumom. Vidi str. 1101.

**3. Malter od magnezita** (Sorel-ov malter) od pečenog magnezita, materijala za ispunu (kameno brašno, drveno brašno, drvene strugotine itd.) i rastvora magnezijumove soli (najčešće $MgCl_2$) uglavnom za izradu podnog sloja od veštačkog drveta (ksilolita). Odnos mešavine između $MgCl_2$ i MgO: za ksilolit 1 : 2,5 do 1 : 2,7; za malter (dobro prijanja za drvo) do 1 : 3,5.

**4. Krečni malter.** Pre stvarnog spravljanja krečnog maltera u većini se slučajeva isporučeni kreč gasi, odnosno, naknadno gasi (str. 1101 i dalje).

Pri gašenju kreča u komadima razlikuje se mokri postupak (uglavnom za beli kreč u komadima) i suvi postupak (za sivi kreč u komadima). Pri »mokrom gašenju« komadasti kreč, isitnjen u komade veličine pesnice, rasturi se u sanduku za gašenje i zatim doda toliko vode da sav kreč ne bude sasvim potopljen. Kreč počinje da se raspada i jako se zagreva, pri čemu se njegova zapremina osetno povećava (bubrenje). Tek kad započne bubrenje, sme se dodavati još vode, pri čemu se mora održavati razvijena toplota. Suviše velika količina vode hladi kreč, usled čega se proces gašenja prevremeno završava (kreč se »uguši«). Komadi koji strče van vode ne smeju suviše dugo ostati u dodiru sa vazduhom, jer se tako ne mogu potpuno ugasiti (kreč »pregori«). Zbog toga se kreč mora mešalicom poravnjavati i temeljno mešati. Zatim treba i dalje dodavati vodu dok se ne dobije retko krečno mleko, koje se ispusti kroz sito u jamu za gašenje kreča, gde se neugašeni delići slegnu na dno jame. Masa u jami uskoro se zgusne, tako da se naknadno ne sme više sipati krečno mleko, jer bi novi neugašeni delići kreča ostali u srednjim slojevima, i ne bi potonuli do na dno jame. Gašeni kreč se posle 3 do 4 nedelje može upotrebljavati za zidanje, a posle 6 do 8 nedelja za malterisanje. Najniži sloj kreča iz jame (oko 15 cm) ne može se upotrebiti za malterisanje, jer sadrži delićе neugašenng kreča (opasnost od bubrenja). Gotov kreč iz jame za spravljanje maltera razredi se sa vodom u krečno mleko i zatim temeljno izmeša sa peskom.

Pri »suvom gašenju« kreču se dodaje samo toliko vode da konačni proizvod bude suv prah. Kreč, isitnjen u komade veličine pesnice, potopi se u korpama sa velikim otvorima u kace sa vodom, i ostavi toliko dok ne prestane penušanje. Posle toga se od kreča naprave gomile visoke 1 m, i pokriju peskom. Posle dva dana kreč je dovoljno

ugašen za zidanje. Za malterisanje treba da odleži najmanje 8 dana, a posle toga da se proseje kroz sito sa oko 400 otvora/cm². Suvo gašen kreč dobro se izmeša bez vode sa peskom, i zatim se doda voda i dobro izmeša.

Postoje bele i sive vrste kreča za koje napred opisane načine gašenja treba nešto izmeniti. Treba se pridržavati fabričkih uputstava za preradu.

Za kreč koji se isporučuje u prahu, način prerade zavisi od toga da li se radi o pečenom kreču ili gašenom kreču (str. 1102). Kreč se: 1) poškropi i posle propisanog vremena ležanja u jami preradi se sa peskom u malter, koji se odmah može upotrebljavati, ili 2) najpre se u suvom stanju dobro izmeša sa peskom i posle toga dobro izmeša i preradi sa vodom. Tako spravljen malter mora da odleži propisano vreme (vreme odležavanja maltera). Radi pojednostavljenja, standard za građevinski kreč DIN 1060 daje samo 4 propisa za preradu v. tabl. 4, str. 1104.

**Tablica 6. Mešavine krečnog maltera**
(u zapreminskim delovima)

| Malter od | Zidanje ispod površine zemlje | Zidanje iznad površine zemlje | Malter za malterisanje |
|---|---|---|---|
| Krečnog testa | | | |
| Belog kreča . . . | 1:4 | 1:4 | 1:2 do 3*) |
| Krečnog brašna | | | |
| Sivog kreča . . . | 1:3 do 4 | 1:3½ | 1:2 do 3 |
| Vodenog kreča . . | 1:3 do 4 | 1:3 | 1:3 do 4 |
| Hidrauličnog kreča . . . . . | 1:4 do 6 | 1:4 do 5 | 1:3 do 5**) |
| Visoko hidrauličnog kreča . . . | 1:6 do 7 | 1:5 do 6 | 1:4 do 5 |

*) Spolja: 3 zapreminska dela peska; iznutra: 3 zapreminska dela peska + ⅓ zapreminskog dela gipsa. Tavanice: 1 zapreminski deo peska + ½ zapreminskog dela gipsa.

**) Spolja: 3 do 4, iznutra: 4 do 5 zapreminskih delova peska.

Razmera mešanja maltera: pesak sa mnogo šupljina traži više kreča, nego pesak sa mešovitim zrnima i malo šupljina. U tabl. 6 dati odnosi služe samo za orijentaciju.

U velikim gradovima, t. zv. fabrike maltera isporučuju na gradilišta obični malter za zidanje i malterisanje, gde ga zatim treba preraditi sa malo vode da bi se dobila potrebna konzistencija.

**Upotreba.** Krečni malteri odlikuju se velikom plastičnošću (dobra ugradljivost, dobro zatvaranje sastavaka); u građevinarstvu mogu se svuda upotrebljavati, gde pritisni naponi nisu veći od 10 kg/cm². Pri jačem mrazu (građevinski propisi određuju granicu od —3°) krečni malter ne bi trebalo prerađivati, čak i kad se preduzimaju naročite mere, kao što je zagrevanje građevinskog materijala ili dodavanje sode (Pažnja! Suviše sode prouzrokuje »cvetanje« ili brazde po malteru!). Ubrzano sušenje zidnog maltera grejanjem koksom (korpe sa koksom postavljene na nezapaljivu podlogu), daje manje otporne, često ispucane površine. Gasovi su štetni po zdravlje, zbog toga je zabranjen rad u prostorijama gde koks otvoreno sagoreva.

**5. Cementni malter.** Cementna kaša bez dodatka peska služi samo za naročite svrhe: zatvaranje izvora, ubrizgavanje u šupljine (injektiranje, skamenjivanje tla), zaštitu gvožđa od rđe i zalivanje gvožđa i kamena. Inače se uvek dodaje pesak, da bi se

sprečile naprsline od skupljanja. Preporučuje se kvarcni pesak srednje sitnoće i meka voda; i jedno i drugo bez ilovače, organskih materija, soli itd. Suv pesak treba najpre dobro izmešati sa cementom, i posle toga dodavati vodu stalno mešajući. Kad se upotrebljava mokar pesak, preporučuje se da se cement izmeša sa vodom i zatim doda pesak za mešanje.

Vode treba uzeti samo toliko da malter posle dužeg snažnog mešanja dobije potrebnu plastičnost Maltera ne treba pripremiti više nego što se pre vezivanja može ugraditi, jer ostaci maltera koji je vezan postaju neupotrebljivi. Opeku treba pre zidanja zasititi vodom, površine zidova koje će se malterisati treba pažljivo očistiti i dobro pokvasiti, a ugrađeni malter (venci, ukrasi i tome slično) još duže vremena (dve nedelje) posle dovršenja stalno održavati u vlažnom stanju, da bi se sprečilo pucanje i ljuskanje. Cementni malter postiže veću jačinu, ali ima veću tendenciju za stvaranje naprslina (manje je elastičan) nego krečni malter.

Čist cement pre puca nego kad je pomešan sa peskom, i zbog toga nije pogodan za zaptivanje kao cementni malter, koji ostaje skoro vodonepropustljiv ako je spravljen u razmerama (zapreminski delovi) 1 deo cementa sa 1 do $1^1/_2$ dela sitnog čistog peska, ili 1 deo cementa sa 2 dela peska i $^1/_2$ dela krečne kaše, ili 1 deo cementa sa 3 dela peska i 1 delom krečne kaše. Debljina sloja 1,5 do 2,5 cm. Površina je bolje zaptivena kad se premaže Kessler-ovim cement-fluatom, ili materijalom koji sadrži bitumen ili asfalt. Postoje naročita sredstva za zaptivanje, koja se dodaju malteru. Mišljenja se ne slažu u pogledu trajnosti dejstva takvih sredstava.

Jačina cementa i maltera, v. str. 935. O štetnim materijama v. str. 1115.

Razmere mešanja za cementni malter (zapreminski): 1 deo cementa sa 1 delom peska (vrlo masan, daje najveću jačinu, tvrdoću i nepropustljivost za vodu); 1 deo cementa sa 2 do 3 dela peska (za građevinske delove koji leže u vlazi); 1 deo cementa sa 3 do 4 dela peska (obična); 1 deo cementa sa 5 i više delova peska bolje je da se zameni sa malterom od kreča i cementa (produžni malter v. dole).

**6. Malter od kreča i cementa** (produžni malter) dobiva se kad se sa krečnim malterom pomeša cement. On se dobro prerađuje i pogodan je za sve vrste radova, gde se ne traži puna jačina čistog cementnog maltera, koji se teže prerađuje. Produžni malter zadovoljava sve uslove, koji se traže od dobrog vazdušnog maltera u pogledu plastičnosti, prijanjanja za kamen, brzog stvrdnjavanja i jačine, i dobar je i kao hidraulički malter.

Razmere mešanja maltera od kreča i cementa (produžnog maltera) u zapreminskim delovima: 1 deo cementa, 6 do 7 delova peska, 1 deo krečne kaše (izdašnost 6 do 6,8), ili 1 deo cementa, 8 delova peska, $1^1/_2$ deo krečne kaše (izdašnost 7,8) ili 1 deo cementa, 10 delova peska, 2 dela krečnog testa (izdašnost 9,45); za zidanje dimnjaka: 1 deo cementa + 2 dela hidrauličnog kreča (prah) + 6 do 7 delova peska (vidi i DIN 1053).

**Tablica 7**
**Izdašnost i potrebne količine materijala za razne mešavine maltera**
M = Malter, P = Pesak, V = Voda, C = Cement
Zapreminske težine: cement 1,059 kg/dm³, pesak vlažan kao u majdanu 1,200 kg/dm³, suv 1,594 kg/dm³

| Mešavina | Sastav C | Sastav P | Dodatak vode | | Težina maltera | Težina dm³ nasutog maltera | Zapremina maltera | Potreba u materijalu za 1 m³ maltera C | P | | V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zapr. del. | $z_c$ kg | $z_p$ kg | $V_n$ kg | %*) | $z_c+z_p+V_n=G$ kg | $z_m$ kg | $G/z_m$ dm³ | kg | kg | dm³ | kg |
| **Vlažan pesak** | | | | | | | | | | | |
| 1 : 1 | 1,059 | 1,200 | 0,457 | 20,2 | 2,716 | 2,091 | 1,299 | 815 | 924 | 770 | 352 |
| 1 : 2 | 1,059 | 2,400 | 0,575 | 16,6 | 4,034 | 2,073 | 1,946 | 544 | 1212 | 1027 | 296 |
| 1 : 3 | 1,059 | 3,600 | 0,650 | 14,0 | 5,309 | 2,066 | 2,570 | 413 | 1400 | 1167 | 253 |
| 1 : 4 | 1,059 | 4,800 | 0,800 | 13,7 | 6,659 | 2,032 | 3,277 | 324 | 1467 | 1223 | 244 |
| **Suv pesak** | | | | | | | | | | | |
| 1 : 1 | 1,059 | 1,594 | 0,532 | 20,1 | 3,185 | 2,172 | 1,466 | 723 | 1088 | 683 | 363 |
| 1 : 2 | 1,059 | 3,188 | 0,764 | 18,0 | 5,011 | 2,062 | 2,430 | 436 | 1312 | 823 | 314 |
| 1 : 3 | 1,059 | 4,782 | 0,964 | 16,5 | 6,805 | 2,023 | 3,364 | 315 | 1422 | 892 | 286 |
| 1 : 4 | 1,059 | 6,376 | 1,189 | 16,0 | 8,624 | 1,977 | 4,362 | 243 | 1461 | 917 | 273 |

*) Ovde nije uzeta u obzir voda sadržana u pesku.

**7. Malter od kreča i trasa** sastoji se od gašenog kreča, trasa i peska (tabl. 8). Na građevinama na vazduhu mora se dugo održavati u vlažnom stanju.

**8. Malter od cementa i trasa.** Dodavanjem trasa cementnom malteru, odnosno betonu (0,3 do 0,5 delova trasa na 1 deo cementa) povećava se jačina i gustoća. Za cement bogat krečom dodatak može biti veći nego za cement sa malo kreča.

**9. Suvi malter** (fini malter) je fabrički izrađena mešavina veziva, peska, zemljanih boja ili obojenih agregata; isporučuje se u džakovima. Kad se pomeša sa vodom daje dobar, postojan malter.

**Tablica 8. Oprobane mešavine maltera od kreča i trasa prema Burchartz-u**
(u zapreminskim delovima)

| Svrha upotrebe | Tras | Krečno testo ili prah | | Pesak |
|---|---|---|---|---|
| Gradnje pod vodom (vodonepropustljive) . . . . . | 1 | 2/3 do 1 | 1 do 1/2 | 1 do 1 1/4 |
| Zid (brzo stvrdnjavanje) . . | 1 1/4 do 1 1/2 | 1 | 1 1/2 | 1 1/2 do 2 1/2 |
| Zid (sporije stvrdnjavanje) . | 1 | 2 | 3 | 4 do 5 |
| Malterisanje na vazduhu . . | 1 1/4 | 1 | 1 1/2 | 2 1/2 do 3 1/2 |

## C. Beton i armirani beton[1])

Od maltera, koji se spravlja od veziva, peska i vode, beton se razlikuje time što sem peska sadrži i krupnije agregate (najveća dimenzija: prolazi kroz sito sa kružnim otvorima od 70 mm)

[1]) Hummel: Das Beton-ABC, Berlin 1939, Tonind.-Verl. Prevedeno na sprsko-hrvatski jezik, Beograd 1950, Građevinska knjiga. — Grün: Der Beton, Berlin 1937, Springer. — Anweisung für Mörtel und Beton (AMB), Berlin 1936, Deutsche Reichsbahn. — Richtlinien für Fahrbahndecken, Berlin 1936, Direktion der Reichsautobahnen. — Sied-

(tabl. 9.). Granulometriski sastav agregata ima odlučujući značaj za jačinu, gustinu i trajnost betona (tabl. 10 i 11).

**Tablica 9. Veličina zrna agregata**
(prema DIN 1045)

| Ostaje na situ sa preč. otvora mm | Prolazi kroz sito | Nalazi se u prirodnom stanju | Lomljen (usitnjen) materijal |
|---|---|---|---|
| — | 1 | Sitan pesak za beton | Lemljeni sitan pesak |
| 1 | 7 | Krupan „ „ „ | Krupan pesak za beton |
| 7 | 30 | Sitan šljunak „ „ | Sitan lomljen kamen |
| 30 | 70 | Krupan „ „ „ | Lomljen kamen za beton |

Sitan pesak za beton + krupan pesak za beton = betonski pesak
Sitan šljunak za beton + krupan šljunak za beton = betonski šljunak
Betonski pesak + betonski šljunak = bet. šljunak/pesak

**Tablica 11. Područje kupnih betonskih agregata**
(prema DIN 1045)

| Otvor sita mm | Deo što prolazi kroz sito u % težine od | do | Naročito upotrebljiv |
|---|---|---|---|
| 0,2 | 1 | 17 | 9 |
| 1 | 8 | 53 | 24 |
| 3 | 22 | 70 | 43 |
| 7 | 40 | 80 | 60 |
| 15 | 63 | 92 | 82 |
| 30 | 100 | 100 | 100 |

**Tablica 10. Orijentacioni podaci za sastav peska i krupnog agregata za armirani beton** (prema »Leitsätze« Deutscher Beton-Verein-a)

| Oznaka | Granice prosejavanja | Orijentacioni prosevi % težine |
|---|---|---|
| a) Majdanski pesak, rečni pesak, drobljen pesak, pesak od šljake, prolazi kroz sito sa okruglim otvorima od 7 mm | | |
| Sitan kao prah | Prolazi kroz sito sa 900 četvrtastih otvora na 1 cm² (probno sito 0,20 DIN 1171) | po mogućnosti 0, jer ih određuje vezivo |
| Sitan pesak | Prolazi kroz sito sa okruglim otvorima od 1 mm | 10 do 30% |
| Krupan pesak | Ostaje na situ sa okruglim otvorima od 1 mm | 90 do 70% |
| b) Agregat za armirani beton, prolazi kroz sito sa okruglim otvorima od 30 mm | | |
| Pesak (kao pod a) | Prolazi kroz sito sa okruglim otvorima od 7 mm | 40 do 50% 1:1,5 1:1 |
| Krupno: Šljunak, Sitan lomljen kamen, Lomljen kamen | Ostaje na situ sa okruglim otvorima od 7 mm | 60 do 50% |
| c) Agregat za nearmirani beton, prolazi kroz sito sa okruglim otvorima od 70 mm | | |
| Pesak (kao pod a) | Prolazi kroz sito sa okruglim otvorima od 7 mm | 33 do 50% |
| Krupno: Šljunak, Sitan lomljen kamen, Lomljen kamen | Ostaje na situ sa okruglim otvorima od 7 mm | 66 do 50% |

Agregati se, dakle, moraju ispitivati prosejavanjem i ponekad popravljati dodavanjem nedostajućih dimenzija zrna (idealne linije prosejavanja po Fuller-u, Graf-u, Hummel-u itd., modul sitnoće prema Abrams-u). Tačni propisi u »Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton«, Deo A (DIN 1045).

ler: Bauforschungen, Bd I, Eberswalde 1935, Müller. — Leichtbeton für Mauerwerk von Wohnhäusern, Berlin 1935, Zementverlag. — Probst: Grundlagen des Beton- und Eisenbetonbaues, Berlin 1937, Springer. — Leitsätze für die Bauüberwachung im Einsenbetonbau, Obercassel 1933, Deutscher Beton-Verein. — Herrmann: Über Mörtel und Beton, Berlin 1932, Allg. Industrie-Verlag. — Kleinlogel: Einflüsse auf Beton, Berlin 1930, Ernst & Sohn. — Graf: Aufbau des Mörtels und des Betons, Berlin 1930, Springer.
Beton-Kalender 1939, Berlin, Ernst & Sohn. — Zement-Kalender 1939, Berlin, Zementverlag.

Cilj je ovog popravljanja da se smanji zapremina šupljina u agregatu, čime se povoljno utiče i na količinu potrebne vode (suviše velika količina vode smanjuje jačinu). Potrebna količina vode označava se odnosom voda : cement (vodo-cementni faktor).

Kao vezivo za beton upotrebljava se skoro isključivo cement, ponekad sa malim dodatkom kreča, da bi se povećala plastičnost.

U građevinskoj praksi još se često praktikuje da se mešavine označavaju, odnosom cementa prema agregatu u zapreminskim delovima, pri čemu se udeo cementa uzima kao jedinica, a udeo agregata kao multiplum (mnogokratnik) te jedinice. Sa takvim brojnim odnosima ne može se tačno oceniti koliko beton stvarno sadrži osnovnih materijala. U tehnici betona teži se da se ti brojni odnosi zamene pouzdanijim podacima, i to ili težinom cementa na 1 m³ rastresitog agregata, ili težinom cementa na 1 m³ gotovog betona.

**Razmera mešanja betona** zavisi od toga čemu građevina treba da služi i koje uslove treba da zadovolji s obzirom na nosivost, nepropustljivost za vodu itd. Za građevinske delove, na pr., male svodove, prolaze, upotrebljavaju se posnije mešavine, oko 1 : 8 do 1 : 12, što znači oko 250, odnosno 200 kg cementa na 1 m³ agregata, za važnije građevinske delove od armiranog betona, stubove, grede, podvlake, upotrebljavaju se masnije mešavine koje pored nosivosti obezbeđuju i zaštitu armature od rđe. Prema DIN 1045, 1 m³ ugrađenog betona mora da sadrži najmanje 300 kg cementa. Za betonske delove arhitektonskih građevina, koji nisu izloženi uticaju vlage i atmosferilijama, sme se količina cementa smanjiti na 270 kg, a u naročito povoljnim slučajevima na 240 kg. Kod mostova treba uvek uzeti najmanje 300 kg cementa na 1 m³ gotovog betona. Beton za izgradnju auto-puteva treba da sadrži najmanje 300 kg a najviše 400 kg cementa na 1 m³.

Mešavine bogate cementom treba uzimati i za građevinske delove **čiji beton ne sme da propušta vodu**, kao što su ustave, vodojaže i druge hidrotehničke građevine (oko 1 : 3 do 1 : 5, što odgovara 380, odnosno 300 kg cementa na 1 m³ agregata).

Za beton od cementa i trasa pokazale su se kao dobre mešavine sa zapreminskim delovima od: 2 dela cementa, 2 dela trasa, 1 deo krečne kaše, 6 delova peska, $11^1/_2$ delova šljunka (za beton u vodi), 1 deo cementa, $1^1/_2$ deo trasa, $^3/_4$ dela kreča, 4 dela peska, $11^1/_2$ delova šljunka (za beton iznad vode); 1 deo cementa, $^1/_2$ dela trasa, $2^1/_2$ dela peska, 6 delova šljunka (za armirani beton); 1 deo cementa, $^1/_2$ dela trasa, 3 dela peska, 4 dela šljunka (za armirane betonske šipove).

**Potrebna količina materijala** za mešavinu zavisi od odnosa mešavine i vrste agregata, dodatka vode i izdašnosti materijala (odnosno faktora sabijanja rastresite neprerađene betonske mešavine prema nabijenom, odnosno nalivenom betonu) tabl. 12 služi samo za orijentaciju.

**Spravljanje betona.** Vezivo i pesak izmešaju se u suvom stanju, i sa vodom, tako pokvase da se posle još jednog temeljnog mešanja dobije jednolična masa. Posle toga se po potrebi dodaju ovlažene primese.

Mešanje se najbolje vrši mašinski[1]), jer je za veće građevine u većini slučajeva propisano mašinsko mešanje. Ugrađivanje sveže spremljene mase mora se dovršiti pre početka vezivanja. Ugrađeni beton mora se duže vremena održavati u vlažnom stanju, da bi se sprečilo brzo sušenje i rđavo stvrdnjavanje, i suviše jako skupljanje. Svež, a naročito vlažan beton treba pažljivo zaštititi od jakog mraza. Prema »Propisima« na mrazu se sme betonirati samo onda »ako se štetno dejstvo mraza isključi naročitim zaštitnim merama«. Ako mraz nastupi posle ugrađivanja betona, rok za uklanjanje oplate, za građevinske delove koji su bili sveže izrađeni kad je nastupio mraz, mora se produžiti najmanje za dužinu trajanja mraza. Mraz dejstvuje jače na posne mešavine nego na masne. Štetno dejstvo mraza pokaže se obično spolja, ako je beton sasvim svež; posle toga mraz samo dejstvuje usporavanjem stvrdnjavanja, i ne utiče ili utiče savim malo na konačnu jačinu.

[1]) III. knj., Građevinske mašine.

## Tablica 12. Potrebne količine materijala za betonske mešavine od cementa i šljunka/peska[1])
(po Burchartz-u)

| Mešavina Zapreminski delovi[2]) | Količina vode % | Stepen konsistencije[3]) cm | Zapreminska težina gotovog betona[4]) kg/dm³ | Potreb. kol. mater. 1 m³ prerađenog betona sadrži po težini [kg] cem. | peska šljun. | vode |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Portlandcement** | | | | | | |
| Vlažan kao zemlja (nabijen beton) 1 : 2 | 6,5 | | 2,440 | 590 | 1700 | 150 |
| 1 : 4 | 5,5 | | 2,420 | 330 | 1960 | 130 |
| 1 : 6 | 5,0 | | 2,380 | 240 | 2030 | 110 |
| 1 : 8 | 4,5 | | 2,330 | 170 | 2060 | 100 |
| 1 : 10 | 4,0 | | 2,280 | 140 | 2050 | 90 |
| 1 : 12 | 3,5 | | 2,200 | 110 | 2010 | 80 |
| Plastičan[5]) (armirani) beton 1 : 2 | 9,9 | 45 | 2,380 | 560 | 1610 | 210 |
| 1 : 4 | 8,0 | 45 | 2,350 | 320 | 1860 | 170 |
| 1 : 6 | 7,5 | 45 | 2,330 | 220 | 1950 | 160 |
| 1 : 8 | 7,0 | 45 | 2,300 | 170 | 1980 | 150 |
| 1 : 10 | 6,5 | 45 | 2,200 | 130 | 1930 | 140 |
| 1 : 12 | 6,0 | 45 | 2,130 | 110 | 1900 | 120 |
| Tečan (liven) beton 1 : 2 | 11,3 | 55 | 2,380 | 550 | 1590 | 240 |
| 1 : 4 | 9,1 | 55 | 2,350 | 310 | 1860 | 190 |
| 1 : 6 | 9,0 | 55 | 2,340 | 220 | 1930 | 190 |
| 1 : 8 | 8,7 | 55 | 2,300 | 170 | 1950 | 180 |
| 1 : 10 | 8,5 | 55 | 2,270 | 130 | 1960 | 180 |
| 1 : 12 | 8,3 | 55 | 2,220 | 110 | 1940 | 170 |
| **Portlandcement sa zgurom visokih peći** | | | | | | |
| 1 : 2 | 6,5 | | 2,470 | 500 | 1820 | 150 |
| 1 : 4 | 5,5 | | 2,400 | 280 | 1990 | 130 |
| 1 : 6 | 5,0 | | 2,350 | 190 | 2050 | 110 |
| 1 : 8 | 4,5 | | 2,300 | 140 | 2060 | 100 |
| 1 : 10 | 4,0 | | 2,270 | 120 | 2060 | 90 |
| 1 : 12 | 3,5 | | 2,180 | 90 | 2010 | 80 |
| 1 : 2 | 9,9 | 45 | 2,380 | 470 | 1700 | 210 |
| 1 : 4 | 8,0 | 45 | 2,350 | 260 | 1910 | 180 |
| 1 : 6 | 7,5 | 45 | 2,300 | 180 | 1960 | 160 |
| 1 : 8 | 7,0 | 45 | 2,270 | 140 | 1980 | 150 |
| 1 : 10 | 6,5 | 45 | 2,150 | 110 | 1910 | 130 |
| 1 : 12 | 6,0 | 45 | 2,120 | 90 | 1910 | 120 |
| 1 : 2 | 11,3 | 55 | 2,380 | 460 | 1680 | 240 |
| 1 : 4 | 9,1 | 55 | 2,350 | 260 | 1890 | 200 |
| 1 : 6 | 9,0 | 55 | 2,320 | 180 | 1950 | 190 |
| 1 : 8 | 8,7 | 55 | 2,280 | 140 | 1960 | 180 |
| 1 : 10 | 8,5 | 55 | 2,160 | 110 | 1880 | 170 |
| 1 : 12 | 8,3 | 55 | 2,130 | 90 | 1880 | 160 |
| **Cement od zgure visokih peći** | | | | | | |
| 1 : 2 | 6,7 | | 2,420 | 490 | 1780 | 150 |
| 1 : 4 | 5,5 | | 2,370 | 280 | 1970 | 120 |
| 1 : 6 | 5,0 | | 2,320 | 190 | 2020 | 110 |
| 1 : 8 | 4,5 | | 2,270 | 140 | 2030 | 100 |
| 1 : 10 | 4,0 | | 2,200 | 110 | 2000 | 90 |
| 1 : 12 | 3,5 | | 2,120 | 90 | 1960 | 70 |
| 1 : 2 | 10,6 | 45 | 2,370 | 460 | 1680 | 230 |
| 1 : 4 | 8,4 | 45 | 2,330 | 260 | 1890 | 180 |
| 1 : 6 | 7,0 | 45 | 2,300 | 180 | 1970 | 150 |
| 1 : 8 | 6,5 | 45 | 2,250 | 130 | 1980 | 140 |
| 1 : 10 | 6,0 | 45 | 2,200 | 110 | 1970 | 120 |
| 1 : 12 | 5,7 | 45 | 2,080 | 90 | 1880 | 110 |
| 1 : 2 | 11,6 | 55 | 2.370 | 460 | 1660 | 240 |
| 1 : 4 | 9,4 | 55 | 2 330 | 260 | 1870 | 200 |
| 1 : 6 | 8,5 | 55 | 2.300 | 180 | 1940 | 180 |
| 1 : 8 | 7,7 | 55 | 2,250 | 140 | 1950 | 160 |
| 1 : 10 | 7,0 | 55 | 2.200 | 110 | 1950 | 140 |
| 1 : 12 | 6,6 | 55 | 2,100 | 90 | 1880 | 130 |

[1]) Sastav zrna šljunka/peska odgovara uslovima u »Bestimmungen des DAE«, Deo A.

[2]) Nasuto prema sledećim zapreminskim težinama (težina 1 litra ili dm³): portlandcement 1290 kg, portlandcement sa zgurom visokih peći 1040 kg, cement od zgure visokih peći 1030 kg, šljunak/pesak (suv) 1880 kg.

[3]) Mera rasplinjavanja prema »Vorläufige Leitsätze für die Baukontrolle im Eisenbetonbau« (Deutscher Beton-Verein 1928).

[4]) Za određivanje zapreminske težine, prema odredbama za armirani beton (Deo D), beton spravljen vlažan kao zemlja nabijen je u gvozdene kalupe, plastičan i tečan beton nasut je i zbijen probadanjem.

[5]) Ne da se više nabijati.

Jačina betona zavisi od: 1. svojstva pojedinih sastavnih delova (vezivo, agregat, voda); 2. razmere mešavine; 3. dodatka vode; 4. načina mešanja sirovina (ručno, mašinski, vreme trajanja mešanja i pripreme); 5. svežine betonske mešavine pri ugrađivanju; 6. vrste oplata; 7. načina nabijanja (visina sloja koji se nabija, težina nabijača, vreme trajanja nabijanja); 8. dimenzija građevinskog objekta (veličina i oblik probnih uzoraka za ispitivanje jačine); 9. načina stvrdnjavanja i postupanja sa betonom (ležanje u vodi, na vazduhu, na vlažnom ili suvom tlu, atmosferskih prilika); 10. temperaturnih uslova; 11. starosti (trajanje stvrdnjavanja). Na jačinu najviše utiče količina vode za zamesivanje, bez obzira na svojstva agregata i razmere mešavine. U kojoj meri, u praksi, pojedini uticaji dolaze do izražaja u stvrdnjavanju i jačini betona može se utvrditi samo ogledima (ispitivanje pritiskom, DIN 1048). Vrednosti jačine v. str. 935.

Cement nije otporan prema a) vodi u zemljama koje sadrže sulfate, okside magnezijuma i ugljenu kiselinu, kao i prema sumporno-kiselim solima oksida magnezijuma (barska voda, morska voda, podzemna voda koja sadrži gips, voda u rudnicima, itd., b) mineralnim kiselinama, taninskim, mlečnim i sličnim kiselinama, c) sumpor-vodoniku, d) masnim, tj., animalnim i biljnim uljima.

Opšteg uputstva za zaštitu protiv pomenutih dejstava nema; mere koje treba preduzeti (zavise od građevine i mesnih prilika) su: 1. najpažljivije izvođenje radova, 2. upotreba masnih, odnosno takvih mešavina, koje po mogućnosti daju beton nepropustljiv za vodu, 3. upotreba rudnog i portland cementa, odnosno gvozdenog portland cementa sa dodatkom trasa ili cementa od zgure visokih peći, ili aluminoznog cementa, 4. premazi, odn. izolacija od asfalta, ili materijala asfaltne prirode, 5. pri izgradnji kanala upotreba klinkera otpornog prema kiselinama, ili oblaganje dna temeljne jame glinom, (kad se upotrebljavaju betonske cevi), 6. pri fundiranju na šipovima upotreba tzv. »na licu mesta livenih šipova« (cevi od gvozdenog lima, iznutra premazane asfaltom, pobiju se u zemlju i zatim ispune betonom)[1]).

Toplota ubrzava, hladnoća usporava proces vezivanja, odn. stvrdnjavanja cementa. Čim veže, cementni malter je neosetljiv prema mrazu, zbog toga se za radove na hladnom vremenu preporučuje brzovezujući cement. Zagrevanje vode i peska, kao i upotreba što manje količine vode i nešto sode sa vodom, ubrzavaju vezivanje (str. 1106).

Prema izradi razlikuju se nabijeni, vibrirani, liveni, sipani, ubrizgani i centrifugirani beton. Armirani beton je beton ojačan čeličnim šipkama, koje treba da prime zatezne napone. Ako se pre ugrađivanja betona armatura zategne i drži u zategnutom stanju do stvrdnjavanja (što se potpomaže naročitim merama), dobije se prednapregnuti beton.

Nabijeni i vibrirani beton, nasuprot drugim vrstama betona, spravljaju se sa malo vode, tako da budu vlažni kao zemlja. Armirani beton spravlja se sa više vode (plastičan), a liveni beton sa mnogo vode (tečan). Kad se sipani beton upotrebljava u radovima u

[1]) V. »Richtlinien für die Ausführung von Bauwerken im Moor usw.«, Berlin 1931, Ernst & Sohn, i »Richtlinien über die Ausführung von Betonbauten im Meerwasser«, Berlin, 1931 Ernst & Sohn, v. III. knj.; Dodatak.

suvom i kad se ugrađuje pomoću komprimiranog vazduha, spravlja se tečan, a kad se sipa u vodu, ili pod vodom, spravlja se vlažan kao zemlja.

Područje primene betona spravljenog sa mnogo vode (plastičan ili tečan beton) proširilo se pre nekoliko godina, jer se sa takvim betonom može brzo raditi; sem toga, on manje propušta vodu nego nabijeni beton, kod kojega najčešće postoje štetni radni sastavci kroz koje ulazi voda i koji propušta vodu. U poslednje vreme ponovo se radi sa dosta suvim mešavinama, pošto se vibriranjem pomoću naročitih uređaja (2000 do 4000 vibracija u minuti) postiže velika plastičnost.

Beton od šljake je postan beton od šljake (od uglja, koksa i sagorelog đubreta) i cementa. Zabranjen je za armirani beton, a za nabijeni beton dozvoljen samo tamo gde neće doći u dodir sa nosećim gvozdenim delovima[1]). Beton od zgure visokih peći može se uvek s njim upotrebljavati[2]).

**Zapreminska težina betona** vrlo je različita i zavisi od kvaliteta nabijanja, količine vode za zamesivanje i izbora agregata, međutim izbor razmere mešanja od manjeg je uticaja[3]). Zapreminska težina utoliko je veća, ukoliko je jače nabijanje, ukoliko je manja količina vode za zamesivanje, i ukoliko je masnija mešavina. Probne kocke redovno imaju veću zapreminsku težinu, nego beton dotične građevine, jer se kocke mnogo bolje nabiju. Ukoliko je manja zapreminska težina, utoliko je manja i jačina betona.

**Tablica 13. Prosečne zapreminske težine raznih vrsta betona**

| Beton od cementa i | Zapreminska težina kg/m³ | Prosečno kg/m³ | Beton od cementa i | Zapreminska težina kg/m³ | Prosečno kg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|
| šljunka (šljunak/pesak) | 1800—2400 | 2200 | izlomljene opeke | 1500—2000 | 1800 |
| granitnog tucanika | 2000—2500 | 2300 | šljunka od plovućca | 900—1400 | 1100 |
| bazaltnog tucanika | 2200—2800 | 2400 | šljake od uglja | 800—1500 | 1200 |
| krečnjaka, peščara | 2000—2200 | 2100 | | | |

**Zapreminska težina armiranog betona**; obično se uzima da iznosi 2400, ili 2500 kg/m³. Ova se vrednost može smatrati dovoljnom za tavanice, tanke stubove, svodove i slično. Za male armirane temelje, zidove, oporce itd., dovoljno je za proračun uzeti zapreminsku težinu ≈ 2300 kg/m³.

**Nabijeni beton** mnogo se primenjuje u industriji veštačkog kamena za betonski građevinski kamen svih vrsta na pr., šuplje blokove, krovne ploče, ploče od cementa sa ili bez armature, ivičnjake, stepenice, ploče za pešačke staze itd.

**Tvrdi beton** sastoji se od cementa i vrlo tvrdog agregata (ranije metalna strugotina, danas većinom zrna silicijum-karbida), koji treba da dâ betonu veliku jačinu i veliku otpornost prema habanju; pogodan je za podove i stepenice.

**Teraco** (pod) se izrađuje od masnog cementnog maltera (koji može biti i obojen sa raznobojnim komadima mermera). Masa se nanese; kad se stvrdne brusi se i polira.

**Armirani beton**[4]). Ojačavanjem (armiranjem) betona čeličnim šipkama, žičanim mrežama, razvučenim metalom i t. sl. dobiva se

[1]) »Min. Erl.« od 25 marta 1908, Ztrbl. Bauv. 28 (1908) str. 193.

[2]) Richtlinien für die Herstellung und Lieferung von Hochofenschlacke als Zuschlagstoff für Beton und Eisenbeton, izradio »Ausschuss zur Untersuchung von Hochofenschlacke«, izdao Reichsverkehrsministerium, Berlin 1937, Ernest & Sohn.

[3]) Za obično spravljen beton od šljunka mogu se uzeti, radi upoređenja, sledeće prosečne vrednosti:

| Razmera mešanja . . . . . | 1 : 3 | 1 : 5 | 1 : 7 | 1 : 10 | 1 : 12 | 1 : 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Zapreminska težina u kg/m³ | 2300 | 2250 | 2200 | 2170 | 2150 | 2140 |

[4]) V. Odeljak: Armirani beton, III. knj. — Brojne vrednosti jačine str. 935.

armirani beton; time se spaja, sjedinjuje, pritisna jačina betona sa zateznom jačinom gvožđa, što se zasniva na ovim činjenicama: 1. prijanjanje betona za gvožđe je veliko; otpornost samog betona prema smicanju dovoljna je da prenosi napone. 2. Beton i gvožđe menjaju približno podjednako zapreminu usled uticaja temperature. 3. Armatura koja je dobro ugrađena u betonu (radi čega mešavina treba da bude dosta masna i dovoljno vlažna) zaštićena je od rđanja, no ne sme da leži suviše blizu površine. Upotrebljen za ravne i zasvedene tavanice, zidove, stepenice, rezervoare, mostove, brodove itd. armiranim betonom grade se objekti velike nosivosti, otporni prema požaru i sa velikom uštedom u prostoru u odnosu na nearmirani beton. Šipovi od armiranog betona imaju mnoga preimućstva u odnosu na drvene šipove (v. III knj., Odeljak: Fundiranje). Novinu pretstavlja beton sa čeličnim žicama (betonske grede ojačane čeličnim žicama koje se prednapregnu na 12000 kg/cm$^2$. Dozvoljen koristan teret 275 kg/cm$^2$) kao zamena za drvene grede.

**Tablica 14. Rokovi za skidanje oplata sa armirano betonskih konstrukcija, prema DIN 1045**

D = dani, N = nedelje

a) Za bočne oplate greda i oplate stubova,
b) Za oplate tavaničkih ploča,
c) Za podupiranje greda i tavaničkih ploča velikog raspona

| Vrsta cementa | a | b | c |
|---|---|---|---|
| Trgovački cement | 3 D | 8 D | 3 N |
| Cement visoke vrednosti | 2 D | 4 D | 8 D |

Šuplja tela izrađena od armiranog betona centrifugiranjem (centrifugirani beton) upotrebljavaju se za visoke stubove za dalekovode, stubove i cevovode za visoki pritisak ili za pritisak od zemlje.

**Laki beton** (porozni beton za stanbene zgrade) zapreminske težine približno 0,3 do 1,8 kg/l izrađuje se od lakih agregata, kao što je plovućac, veštački plovućac i sl., ili tako da se betonskoj mešavini dodaju sredstva za »nadimanje« ili za stvaranje pene, koja u betonu stvore bezbrojne mehuriće (v. Stoffhütte, II izd., str. 478).

---

# VIII. Staklo [1])

Obradio prof. Dr.-Ing. K. Quasebart, Berlin

## a) Opšti deo

**1. Definicija.** Pod staklom se u hemisko-tehničkom smislu podrazumevaju, topljenjem dobivene jednostavne ili složene me-

[1]) **Literatura:** Dralle-Kepeller: Die Glasfabrikation, 2 knjige, 2 izd., München und Berlin 1925/31, Oldenbourg. — Eitel-Pirani u. Scheel: Glastechnische Tabellen, Berlin 1932, Springer. — Gehlhoff u. Quasebart: Das Glas in Einzeldarstelungen, Bd. 1, 6, 7, 8, 10, Leipzig 1928 i dalje, Akad. Verlagsges. — Archiv der Deutschen Glastechn. Ges. u. Hüttentechn. Ver. d. deutschen Glasindustrie.

Časopisi: Glastechnische Berichte, Deutsche Glastechnische Gesellschaft (DGG), Frankfurt a. M. — Sprechsaal, Coburg. Glashütte, Dresden. — Opširne podatke v. Stoffhütte, 2 izd., str. 543 i dalje

šavine silikata, kao i borata koji se nalaze u amorfnom i t. zv. pothlađenom stanju. Staklo nema tačno određenu tačku topljenja; ono je na belom usijanju tečno i sa opadanjem temperature prelazi iz tegljivog i gustog stanja u čvrsto (između 400° C i 600° C). U netečljivom stanju staklo se može različitim postupcima uobličiti i dati mu različite oblike (v. IV. knj. odeljak: Keramika i staklo).

**Sirovine**[1]). Najvažnije sirovine: k v a r c (pesak), a l k a l i j e (soda ili potaša) i k r e č; zatim boraks, barit, glina, fosforna kiselina, šalitra i olovna jedinjenja (minijum); arsenik kao sredstvo za bistrenje; piroluzit, arsenik, selen, kobaltov oksid, retke zemlje kao sredstvo za obezbojavanje. Za b o j e n j e s t a k l a upotrebljavaju se metalni oksidi i koloidi, na pr., jedinjenja mangana (ljubičasto), kobalta (plavo), bakra (plavo i zeleno), gvožđa (zeleno), selena (crveno), zlata i bakra (crveno), srebro i sumpor (žuto) i dr. Pomoću kriolita, fluorita, natrijumfluosilikata, fosfata i eventualno arsenata, vrši se zamućivanje staklene mase (m l e č n o ili o p a l s t a k l o). Emajli, koji se naučno, a ne tehnički ubrajaju u staklo, mogu se pomoću fluorida učiniti mutnim. Glavno zamućivanje stakla izvodi se pomoću cerijum-oksida (opalin), natrijum-antimonijata (Degusa antimonijat, I. G. - belo, leukonin, pentamon i dr.), cirkonijum oksida (terar) ili pomoću slojeva gasnih mehura (sredstva za mućenje stakla D. G. M.) i eventualno pomoću olovnog arseniiata. Obojena signalna stakla (crvena i zelena) trebalo bi standardizovati, a matirana i mutna stakla treba klasificirati[2]).

**2. Sastav.** Konstituciske formule za staklo ne mogu se postaviti, ipak je sastav ovih, prvo empiriski, a docnije tačno utvrđenim pravilom određen. Takva pravila glase: »sadržaj silicijuma u kalijum-natrijumovom staklu iznosi 74%, ili »sadržaj alkalija u olovno-kalijevom staklu izračunava se po formuli (76—% PbO) · 0,27 = % $K_2O$«[3]). Uzima se toliko visoki sadržaj silicijum dioksida, koliko to dopušta obrada i opasnost od kristalisanja (Entglasung).

**Tablica 1. Sastav tehničkog stakla u %**

| | Olovno kristalno staklo | Staklo za boce | Dobro šuplje staklo | Staklo za prozore* | | Staklo za ogledala | Staklo za aparate | Staklo za hemisko posudje | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Fourcault | Libey | | | I | II |
| $SiO_2$ | 56,1 | 65,1 | 76,9 | 72,3 | 72,8 | 71,50 | 70,2 | 75,9 | 64,7 |
| $B_2O_3$ | — | — | — | 0,9 | 1,0 | — | — | 6,5 | 10,9 |
| $Al_2O_3$ | — | 5,8 | 0,4 | — | — | 0,48 | 3,15 | 4,2 | 4,3 |
| $Na_2O$ | 3,5 | 6,1 | 12,8 | 14,3 | 13,4 | 12,70 | 14,4 | 6,4 | 7,6 |
| $K_2O$ | 9,2 | 2,8 | 1,3 | — | — | — | 5,0 | 1,3 | 0,4 |
| CaO | — | 16,3 | 8,8 | 10,2 | 10,8 | 14,50 | 7,25 | 1,1 | 0,7 |
| BaO | — | — | — | — | — | — | — | 3,6 | — |
| ZnO | — | — | — | — | — | — | — | — | 10,9 |
| PbO | 31,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| $Fe_2O_3$ | — | 3,7 | — | — | — | 0,15 | — | — | — |
| MgO | — | — | — | 2,3 | 2,0 | Tragovi | — | — | — |
| $SO_3$ | — | — | — | — | — | 0,85 | — | — | — |

*) A r t h u r: Hemiski sastav prozorskog stakla, Journ. Amer. Cer. Soc. 1926, str. 203, Ref. 91, Ber. IV, 1926, str. 71.

Za izradu masovnih predmeta (boce, šuplje staklo i prozorsko staklo) naročito se upotrebljavaju alkalno-krečna stakla.

[1]) D r a l l e: loc. cit.

[2]) L a x u. P i r a n i: Normung von roten und grünen Signalgläsern, Bericht 8 der Fachausschüsse der Deutschen Glastechn. Ges. — P i r a n i u. S c h ö n b o r n: Klassifikation lichtstreuender Gläser, Bericht 5 der Fachausschüsse der Deutschen Glastechn. Ges.

[3]) Z s c h i m m e r u. D i e t z e l: Sprechsaal 62 (1929), sv. 36. str. 659; W. H i r s c h: Glastechn. Ber. 10 (1932), 5. 632.

3. **Svojstva**[1]). Kvalitet tehničkog stakla određuju: amorfno stanje; većina stakla propuštaju vidljivi spektar; mala električna i termička provodljivost; visoka postojanosti prema vazduhu, vodi itd.; velika tvrdoća i čvrstoća. Nedostaci stakla su krtost, neznatna postojanost pri temperaturnim promenama.

Viskoznost[1]) je najvažnije svojstvo za preradu stakla. Podobnost obrađivanja nekog stakla uslovljena je temperaturom pri uobličavanju i stepenom viskoznosti na toj temperaturi. Promenom sastava stakla utiče se na viskoznost i prema tome na podobnost obrađivanja.

Viskoznost izražena u Poise [g +/cm s] pri izvlačenju i izlivanju iznosi oko $10^2$, pri razvijanju stakla lulom $10^{2.5}$ do $10^3$, pri duvanju $10^7$, ispred lampe $10^6$ do $10^{10}$. Bistrenje pri $10^2$. Kao »temperatura obrađivanja« označava se ona temperatura stakla, pri kojoj viskoznost iznosi $10^3$ g +/cm s.

Sprečavanje kristalizacije. Da bi se očvršćavanjem istopljena staklena masa prevela u staklastu formu potrebna je tačno određena brzina hlađenja, da bi se sprečilo stvaranje kristala (zavisi od sastava stakla).

Hlađenje. Unutarnji naponi. Da bi se brzim hlađenjem (spoljna kora prema unutrašnjosti stakla) izazvani unutarnji naponi izravnali, treba polako hladiti uobličene predmete. »Temperatura na kojoj više nema unutarnjih napona« zove se ona temperatura ispod koje se i pri dužem vremenskom trajanju ovi naponi ne mogu više ukloniti. Donja granica leži pri viskoznosti od oko $10^{13}$.

Uzimajući u obzir kritičnu temperaturu, može se postupak hlađenja skratiti.

Merenje napona vrši se pomoću polarizacionih aparata (str. 329 i 917). Staklo sa unutrašnjim naponima svetli kao anizotropsko telo u polarizovanoj svetlosti između ukrštenih Nicol-ovih prizmi vidnih polja ili pokazuje izvesno obojenje.

Specifična težina. Sem olovnog kristalnog stakla, čija specifična težina iznosi od 3—6, specifična težina najvećeg broja stakla iznosi oko 2,5 (kvarcno staklo 2,21) kg/dm³.

Tvrdoća po Mohs-u iznosi 4 do 8, tehničkog stakla oko 6. Apsolutna tvrdoća[2]) (Auerbach): granični pritisak (prva naprslina) 150 do 300 (250) kg/mm².

Modul elastičnosti iznosi 4500 do 10 000 kg/mm²; modul elastičnosti jenskog stakla[3]).

Svojstva jačine v. str. 1124.

Specifična toplota zavisi od temperature, t = 10 do 50° : 0,11 do 0,19. Kvarcno staklo 17 do 100° : 0,18, 0 do 600° : 0,2420 kcal/kg°.

Toplotni koeficijent širenja — (koeficijent linearnog širenja v. i str. 608): kvarcno staklo $4 \cdot 10^{-7}$ (staklo za ogledala $80 \cdot 10^{-7}$ silikatno staklo $5{,}5 \cdot 10^{-7}$. Jensko staklo[4]) — od velikog je značaja za obradu stakla. Stakla sa jako različitim koeficijentom

[1]) Gehlhoff: Lehrbuch d. Techn. Physk, III. Bd., 7. Das Glas, i str. 348, Leipzig 1929, Barth.
[2]) Landolt u. Börnstein, 1923, str. 91.
[3]) Isti pisci, 1923, str. 27. — [4]) Isti pisci, 1923, str. 1220.

širenja ne mogu se spajati, staklo i metal (sijalice) samo onda ako je ukupno širenje na sobnoj temperaturi jednako onom kad nestaju naponi (v. str. 610, tabl. 3). Da bi staklo za aparate bilo postojano prema promenama temperature mora da ima mali koeficijent širenja.

Provodljivost toplote za tehničko staklo iznosi 0,6 do 0,9 kcal/mh° (za zidove od opeke 0,7 kcal/mh°) (v. i str. 679).

Koeficijent prolaženja toplote zavisi od konstrukcije zidova i prozora. Gubici toplote kroz jednostruke prozore sa drvenim okvirima četiri puta su veći nego kroz zid od opeke 38 cm. debljine; kod dvostrukih prozora (razmak okna = 10 cm) su ti gubici 1,5 puta veći.

Dielektrična konstanta. Silikatna stakla 3,5 do 3,6; stakla za sijalice 7 do 9, meka natrijum-krečna stakla 8,4, flint-staklo 7,41, srednja vrednost 7.

Električna (specifična) provodljivost[1]) raste sa temperaturom. Podobnost izoliranja je utoliko veća, ukoliko je staklo otpornije prema vodi, tj. ukoliko je siromašnije u alkalijama. Specifični otvor običnog stakla iznosi na 20° C : $8 \cdot 10^{11}$ do $3 \cdot 10^{14}$ ($\Omega$ cm²/cm).

Indeks prelamanja čistog $SiO_3$ : 1,46, raste sa drugim sastojcima stakla. Silikatno-kron staklo 1,5175, srednje flint staklo 1,613.

Tehničko akustična svojstva[2]) v. Stoffhütte, 2 izd. str. 546. — Hemiska svojstva v. Stoffhütte, 2 izd. str. 547.

### b) Uobičajena tehnička stakla

#### I. Staklo za građevinske svrhe

**1. Prozorsko staklo**, izrađeno izvlačenjem mašinskim putem: ovim postupkom izrađuju se iz testaste staklene mase gotove staklene table, koje ne treba dalje obrađivati (v. IV knj.).

**Trgovačka roba.** Prozorsko staklo prodaje se u sanducima kao »utvrđena mera«, »traka« i »slobodna mera«. Utvrđena mera je izdeljena u klase, zbog različitih cena prema veličini ploča. Prva klasa: staklo do 60 sabranih ili udruženih centimetara (zbir visine i širine ploče), sledeća klasa do 90, do 120 itd. do 400 udruž. cent. Utvrđene mere su određene za neposredno zastakljivanje, tako da trgovac ili staklorezac, ne mora vršiti ma kakve izmene. Staklo u trakama je izdeljeno u tri klase: prva klasa do 34 cm, druga do 50 cm. a treća do 70 cm širine, a sva u dužini do 160 cm. Staklo u trakama imaju trgovci na slagalištu i seku ga u odnosne veličine. Istu svrhu imaju i »slobodne mere« (dužina do 160 cm). Prva klasa 72 do 80 cm, druga do 90 cm, ... dvanaesta do 190 cm širine. Posebna doplata za dužine do 300 cm.

**Razlikovanje kvaliteta.** Građevinsko staklo (DIN 1249) v. Stoffhütte, 2 izd. str. 550. Uobičajene trgovačke dimenzije:

$^4/_4$ staklo = 2,2 do 2,5 mm debljine, 160 × 200 cm² najveća površina,
$^6/_4$ staklo = 2,8 do 3,3 mm debljine, 160 × 200 cm² najveća površina,
$^8/_4$ staklo = 3,8 do 4,4 mm debljine, 180 × 300 cm² najveća površina.

Vrste. Građevinsko staklo I vrste sa malim neprimetnim greškama, prema DIN 1249, upotrebljava se za zastakljivanje boljih stanbenih zgrada, javnih zgrada, izloga i tome slično. Građevinsko staklo II vrste upotre-

[1]) Smekal: Elektrisches Leitungsvermögen und Konstitution der Gläser, Glastechn. Ber. 1929 str. 265 do 277.
[2]) E. Meyer: Schalltechnische Eigenschaften des Flachglases, Glastechn. Ber. 1932 str. 200 i dalje.

bljava se tamo gde se postavljaju manji zahtevi: fabrike, obične stambene zgrade (prostorije), slagališta, podrumski i patosni prozori. Staklo koje ne zadovoljava zahteve II vrste može se upotrebljavati za staklene leje i bašte.

**2. Tanko sirovo staklo, glatko, rebrasto ili ohrapavljeno.** Stakla pod 2 do 5 izrađuju se valjanjem testaste staklene mase u obliku tankih pravougaonih ploča. Posle hlađenja i sečenja ne podležu nikakvoj daljoj obradi.

Tanko sirovo staklo služi za zastakljivanje bočnih zidova, krovova fabrika, ukoliko se ne postavi armirano staklo, što je za preporuku; u kancelarijama i stanovima ono služi za zastakljivanje prozora, tamo gde se ne radi o njihovoj providnosti na pr., podrumskih, krovnih, klozetskih prozora, kao i za zastakljivanje bašta i leja.

Tanko sirovo staklo se izrađuje u debljini od 3 do 4 mm, 4 do 6 mm, 7 do 9 mm. Dužine iznose do preko 4 m (najveća dužina 4,32 m) a širine do 1,20 m

**3. Ornament staklo, katedral i bistro staklo, antik staklo i opalno staklo** sa utisnutim šarama, najčešće geometriskog oblika najrazličitijih vrsta, izvedeni ili udaranjem (tesanjem) ili po starom načinu izrade stakla za crkve, debljine 3 do 4 mm.

Šare se utiskuju u toplo staklo valjcima za presovanje. Staklo sa ledenim cvetovima je staklo za prozore ili ogledala pokrivena sa »ledenim cvetovima«. Površine do 3,60 × 1,02 m² (u izuzetnim slučajevima 2½ do 3 mm i 5 do 6 mm debljine). Ornament staklo izrađuje se i sa uloženom žičanom mrežom (v. armirano staklo).

Antik staklo je duvano staklo; zbog njegove primene pripada ovoj grupi; debljina mu je manja (1,8 do 3 mm).

Upotrebljava se za unutarnja zastakljivanja, na pr., pregradnih zidova, u hodnicima, za prozore na vratima i obične prozore (iako propušta svetlost nije providno), za nameštaj itd.

**4. Armirano staklo** izrađuje se valjanjem. Žičana mreža koja se stavlja u staklenu ploču ima četvorougle ili šestougle petlje, a žica debljinu od 0,5 do 0,6 mm.

**Prednosti armiranog stakla:** Kada se prostorije osvetljavaju odozgo, kroz krovnu konstrukciju, a pokrivač je sirovo staklo, moraju se ispod njega namestiti zaštitne žičane mreže, koje sprečavaju da izlomljene ploče padnu u radnu prostoriju. Armirano se staklo pri lomljenju ne raspada i ostaje u okviru. Otporno je prema vatri. Pri gašenju i pored bezbrojnih pukotina žičane mreže povezuju pojedine komade u jednu celinu. Njegov otpor prema savijanju nije veći od sirovog stakla. Mogu da se izrade veće ploče, otuda ušteda u gvozdenoj konstrukciji pri zastakljivanju za osvetljenje odozgo i staklenim podovima.

Uobičajene dimenzije: Uobičajene dimenzije: širina do 130 cm, dužina do 360 cm. U izuzetnim slučajevima do 132 cm širine i 550 cm dužine. Uobičajene dimenzije za krovne konstrukcije: širina 72 do 84 cm — dužina 200 do 240 cm.

Debljina stakla: za staklene krovove 6 do 8 mm, za jak pritisak vetra ili snega 8 do 10 mm, za uspravne prozore 4 do 5 mm, za teške konstrukcije 6 do 8 mm, za lake konstrukcije 3 do 4 mm.

Armirano se staklo izrađuje sa ravnim površinama, a izuzetno i ohrapavljeno. Postoji samo jedna vrsta, jer mehuri, nabori, naprsline usled toplote itd. ne utiču na izdržljivost stakla, a zahtevi s obzirom na providnost se ne mogu postaviti. Armirano staklo, debljine 6 do 8 mm, je za 30% skuplje od običnog stakla iste debljine.

Polirano armirano staklo (za ogledala) sa šestouglom žičanom mrežom izrađuje se od stakla za ogledala (v. ova), providno je i znatno skuplje.

**5. Sirovo ogledalsko staklo,** liveno i valjano, upotrebljava se u debljini od 9 do 13 mm kao međuprodukt za liveno ogledalsko staklo, a u većim debljinama za oblaganje podova, svetlarnika, akvarijuma i sl., gde se pored providnosti traži i mehanička otpornost. Nosivost sirovog stakla je prilično velika; preko 20 mm debele ploče, raspona 1 m, može se preći lakim korakom. Radi veće sigurnosti podmeću se gvozdeni profili na otstojanju od 40 do 55 cm. Obično sirovo staklo izraduje se u debljinama od 10 do 15 mm, ravne ploče za podove u debljinama oko 20, 25, 30 i 35 mm. Duvano sirovo staklo za ogledala, t. zv. 3/4 belo sirovo staklo za ogledala proizvodi se radi dalje prerade u šlifovano 3/4 belo ogledalsko staklo.

**6. Ogledalsko staklo.** a) Liveno, t. zv. kristalno ogledalsko staklo; izlivanjem dobivene debele staklene ploče, naknadno šlifovane i glačane. Preimućstvo nad prozorskim staklom: planparalelne površine, veće dimenzije, veće debljine, praktično bez grešaka, mehurića, nabora itd., ne izobličuje sliku.

Upotreba ogledalskog stakla, za zastakljivanje izloga, prozora na javnim zgradama, boljih stanova, za uređaje u trgovačkim radnjama, vitrine, ploče za tezge i slično, za zastakljivanje željezničkih i tramvajskih vagona, kao staklo za »posmatranje« na aparatima u hemiskoj industriji i za druge industriske svrhe. Bolje vrste upotrebljavaju se za izradu ogledala (sa srebrnom podlogom) u svima dimenzijama.

**Trgovačka roba.** Razlikuju se četiri kvaliteta:

Kvalitet za zastakljivanje (V.) — neprobrana roba koja se dobiva pri redovnoj fabrikaciji. Odabrani kvalitet za zastakljivanje (A. V) — nešto bolji nego prethodni kvalitet, pre svega u pogledu čistote i poliranja. Upotrebljava se za zastakljivanje i dekorativne svrhe. Prerađuje se i u ogledala, ali fabrike ne garantuju da je podobno da prima prevlaku. Kvalitet za pokrivanje (B) — odlikuje se čistotom stakla i besprekornom politurom. Odlično za pokrivanje kao i za sva bolja dekorisanja. Odabrano staklo za pokrivanje (A. B) — odlikuje se najboljom čistotom stakla i lepotom glačane površine. Zadovoljava najveće zahteve.

Uobičajena debljina stakla iznosi 6 do 8 mm, a može se isporučiti i u debljinama od 3 do 32 mm. Najveća širina oko 4 m, dužina do 6 m i preko toga. Dimenzije u jednom pravcu određene su samo profilom željezničkih vagona. Najveća površina (danas) oko 40 m², normalna površina do 24 m².

b) Duvano ogledalsko staklo. Takozvano 3/4 belo ogledalsko staklo izraduje se uglavnom u Nürnberg-u i bližoj okolini. Debljina takvog glačanog stakla iznosi 2 do 4 mm.

**Uobičajeni trgovački kvaliteti:** a) do d) slično kao kod kristalnog ogledalskog stakla.

**7. Savijeno staklo.** Zbog skupe izrade najviše se izrađuje iz ogledalskog stakla ali i iz prozorskog i debelog stakla.

Najlakše se izrađuju komadi savijeni po krugu do 1/3 i 1/4 njegova obima sa pravoliniskim produženjima; teže se izrađuju komadi 1/4 kružnog obima sa pravoliniskim produženjem sa obe strane i komadi sa-

vijeni do $^1/_2$ kružnog obima. Najveće teškoće pravi savijanje sa obe strane ⌒, poluvaljak sa pravoliniskim produženjima ⊓, S-oblik i veoma malo savijeno staklo velikih dimenzija, koje se pri hlađenju opet ispravi. Kupovna cena odgovara ovim oblicima, pri čemu se uzima u obzir i ukupna površina i poluprečnik krivine.

**8. Presovano staklo.** U presama za staklo izrađeni predmeti za upotrebu, na pr., mastionice, staklene drške, podmetači za klavire, kao i šuplja stakla sa širokim grlom. Zamena za šlifovano kristalno staklo, na pr., šolje, vazne, tegle za kompote, čaše. Brižljivim urezivanjem i obradom oblika (hromiranje povećava trajnost i glatkost) mogu se dobiti lepe površine, tako da se skoro dostigne lepota šlifovanog stakla.

**9. Staklo kao konstruktivni materijal.** Ploče za podove, za pokrivanje podruma i zasvedenih prostora. Izrađuju se brazdaste, sa ornamentima, ispupčenjima i prizmama za prelamanje svetlosti sa donje strane, sa ispupčenjima na gornjoj strani da se spreči klizanje. Ploče 20 mm debljine isporučuju se u veličini $1 \times 1$ m², a ploče 40 mm debljine do 0,5 m².

Presovane staklene opeke i stakleni crep. Kako propuštaju svetlost, preporučljivo je da se uzidaju sa običnim opekama tako da se skladišta mogu na jednostavan način osvetliti. Dimenzije $36{,}5 \times 25$ cm² i $36 \times 21$ cm². Stakleni crep oblika kao običan crep (biber), izrađuje se od armiranog stakla, debljine 7 mm, sa kljunom od pocinkovanog gvozdenog lima.

Stakleni blokovi za zidanje. Nasuprot ranije mnogo upotrebljenim šupljim opekama (blokovima) danas se oni izrađuju sa debelim zidovima, sa vrlo dobrim propuštanjem svetlosti, koji su brižljivo hlađeni pa prema tome bez unutrašnjih napona. Upresovanim ispupčenjima prizmatičnog ili drugog oblika postiže se dobro prelamanje svetlosti, tako da se mogu upotrebiti za osvetljavanje prostorija u nižim spratovima velikovaroških zgrada. Poznate nemačke marke: Luxfer-, Stern-, Siemens-, Sunfiks-opeke ili prizme.

Šuplji stakleni blokovi za zidanje. »Faulconnier«, »Faust« i drugi. Sistemi različitih oblika i dimenzija upotrebljavaju se tamo gde treba dosta svetlosti, gde je potrebna ujednačena temperatura, u industriskim prostorijama gde se razvijaju korozivne pare i kao izolirajući pregradni zidovi u električnim centralama. Za požarne zidove sa žičanom mrežom.

Upotrebljavaju se za vertikalna zastakljivanja naročito za osvetljavanje podruma i za tavanice za osvetljavanje odozgo, a po kojima se može hodati. Pločice od $15 \times 15$, $25 \times 15$ i do $30 \times 30$ cm²; okna za osvetljavanje odozgo do $2{,}5 \times 1{,}1$ m².

Staklo kao građevinski material[1]) ima sve veći značaj. Pokrivanje staklenim pločama na gvozdenim profilima zamenjuje se staklenim blokovima (prizmama), koji se uzidaju između armiranih

[1]) Liese: Das Glas als Baustoff, Die Braunschweiger G. N. C.-Monatsschrift, März 1923, str. 162. — K. W. Schulze: Glas in der Gegenwart, Stuttgart 1929, Dr. Zaugg & Co. — Polivka: Glas im neuzeitlichen Bauwesen. Glastechn. Bez. (1936), str. 247 i dalje.

betonskih rebara. Upotrebom betonskog stakla »Solfok«, »Rotalit«, »Kepler«, »Luxfer« mogu se izraditi kupole i tavanice, za lakše pokretne terete, velike nosivosti i propustljive za svetlost.

Za pregradne zidove, oblaganje podova, pokrivanje stolova itd upotrebljavaju se neprovidni stakleni blokovi, neprozirno staklo, tj. kristalisane staklene ploče, najčešće od ogledalskog stakla, koje se isporučuje u različitim bojama od bele do crvene, a u dimenzijama kao za ogledalsko staklo. Preimućstvo nad keramičkim proizvodima sastoji se u tome, što su ploče potpuno neporozne (stolovi za sekciranje, sanitarni uređaji) i što se mogu lako savijati.

Elektrozastakljivanje se naziva spajanje malih ploča tankim bakarnim trakama (izrađene elektrolitički). Upotrebljava se kao vatrostalna pregrada na prolaznim vratima u trgovačkim radnjama.

**Elastičnost i jačina građevinsko-tehničkog stakla.**[1]) Koeficijent izduženja $\alpha$ = izduženju (cm) staklenog štapa dužine 1 cm, poprečnog preseka 1 cm², usled opterećenja od 1 kg.

Brojne vrednosti koeficijenta izduženja za prozorsko staklo, armirano, sirovo staklo i ogledalsko staklo, kreću se obično između 1/800 000 i 1/700 000; srednja vrednost oko 1/750 000; u proračunima se radi pojednostavljenja može uzeti da je $h \approx 1/700\,000$[2]).

Jačina pri savijanju $\sigma'_B$ zavisi od debljine i veličine stakla, od kakvoće gornje površine i ivica, od procesa hlađenja prilikom izrade, od brzine i trajanja opterećivanja.

O. Graf je našao ispitivanjem 20 cm širokih uglednih komada:

| | | | |
|---|---|---|---|
| za duvano prozorsko staklo $\sigma'_B$ | = 279 do 591 kg/cm² | prosečno 447 kg/cm², | |
| za vučeno prozorsko staklo | = 409 do 520 „ | „ | 384 „ |
| za sirovo staklo | = 266 do 493 „ | „ | 355 „ |
| za ogledalsko staklo | = 213 do 476 „ | „ | 313 „ |
| za armirano staklo | = 266 do 403 „ | „ | 483 „ |
| za arm. ogledalsko staklo | = 356 do 588 „ | „ | |

sa 40 cm širokim uglednim komadima nađene su $\approx 0{,}6$ manje vrednosti,
sa 10 „ „ „ „ „ „ $\approx 1{,}6$ „ „ „

Kod ploča od sirovog stakla koje naležu na celom obimu (za osvetljavanje odozgo) sa slobodnim otvorom od 47 × 40 cm², nađeno je da je $\sigma'_B$[3])

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| kod | 24 | 37 | 40 | mm debljine |
| prosečno | 244 | 206 | 152 | kg/cm², |

tj., 0,5 puta manje od vrednosti određene na uglednim komadima 20 cm širine.

Za sirove i armirane staklene ploče našao je O. Graf[4]) jačinu pri savijanju od 100 do 260 kg/cm²; on preporučuje da se za dozvoljeni napon ne uzme više od 70 kg/cm².

Pri mirnom opterećenju nosivosti opada za 20 do 50%[5]).

U samoj ploči jačina pri savijanju razlikuje se za ± 40%.

Jačina pri pritisku stakla je velika. Prema O. Graf-u[6]) ona iznosi kod prizme poprečnog preseka 5×5 cm² i 10 cm visine prosečno 5000 kg/cm²; prema A. Föppl-u[7]), kod manjih uglednih komada, 4090 do 11500 kg/cm².

---

[1]) Prema podacima zavoda za ispitivanje materijala T. V. Š. u Stuttgart-u. — [2]) O. Graf: Glastechn. Ber, 3 (1925/26), str. 153 i dalje. — [3]) O. Graf: B. u. E. 26 (1927) str. 77 i dalje. — [4]) Z V D I 72 (1928), str. 556 i dalje. — [5]) O. Graf: Glastechn. Ber. 7 (1929), sv. 4, str. 143 i dalje. — [6]) O. Graf: Glastechn. Ber. 3 (1925/26), str. 171 i dalje. — [7]) K. B. Akademie der Wissenschaft, München,1911, str. 516.

U konstrukcijama gde se istovremeno upotrebljava staklo i armirani beton, staklo se ugrađuje u zonu pritiska. Naponi usled opterećenja se mogu odrediti računski[1]). Pri prenošenju pritiska treba izbegavati lokalna prenaprezanja.

Jačina pri udaru je mala kao kod svih krtih materijala. Otpornost raste sa jačinom pri savijanju. Ovde su unutarnji naponi naročito štetni.

Otpornost prema habanju (na pr., za tavanice po kojima se hoda, a za osvetljenje odozgo) odgovara vrednosti za bazalt i visokovrednosni cementi malter[2]).

## II. Optičko staklo

Pod »optičkim staklom«, u širem smislu, podrazumevaju se sva stakla, bele staklene ploče i stakla za reflektorska ogledala upotrebljena za optičke instrumente kao i ona za naočare, sočiva, kondenzatore itd. Međutim, za precizne optičke instrumente — na pr., doglede, mikroskope, foto-objektive, vojno-optičke instrumente — pločasta stakla i stakla za ogledala za reflektore ne mogu se upotrebiti uopšte (nisu dovoljno homogena i bezbojna; unutarnji naponi čine neravnomernim prolaz svetlosnih zrakova).

Glavna razlika između pravog optičkog stakla i običnog stakla leži u njihovom sastavu; da bi se dobile bezbojne i oštre slike potrebna je kombinacija stakla različitih optičkih svojstava.

Takva raznovrsnost se ne može postići sa običnim oksidima koji čine sirovinu za staklo (silicijumdioksid, kreč, aluminijum oksid, olovo, kalijum i natrijum). Zato optičko staklo, u poslednje vreme, sadrži i borne kiseline, borata, oksida cinka, antimonoksida, a specijalna stakla i fosforne kiseline i fluora. Za određene svrhe, na pr., za apsorpciju ultraljubičastih zrakova dolazi u obzir dodatak cerijum oksida, za apsorpciju ultracrvenih zrakova dolazi u obzir oksid gvožđa, a za fotografske filtere za zrake žute svetlosti kalijev sulfid itd.

Schott u Jeni je sistematskim radom ispitao i iskoristio uzajamno dejstvo između hemiskog sastava i hemiskih i fizičkih svojstava stakla. U zavisnosti od vrste i količine oksida koji se upotrebljavaju kao sirovine za staklo, dobivaju se stakla određenog indeksa prelamanja i razlaganja svetlosti.

**Glavne grupe.** Stari tip: kron (kalijevo-silikatno staklo, slično ogledalsom staklu, pločastom i šupljem staklu), poseduje slabu moć prelamanja i razlaganja svetlosti, flint (olovno-silikatno staklo, slično olovnom kristal staklu, ali sa velikom sadržinom olova) sa velikim prelamanjem i razlaganjem svetlosti. Novi tipovi: teški baritni kron (sa baritom umesto kreča, borne kiseline, cinka itd., najčešće bez alkalija) sa visokim prelamanjem, ali malim razlaganjem svetlosti, tek pomoću njega konstruisani su anastigmatski korigovani objektivi za fotografske aparate; borosilikatni kron (sa silicijum dioksidom i bornom kiselinom), koji se odlikuju velikim propuštanjem svetlosti i postojanošću, zato se primenjuje i za izradu reflekcionih prizmi u optičkim instrumentima (na pr., biokularnih prizmi), barit-

[1]) O. Graf: Glastechn. Ber. 4 (1926), str. 336 i dalje.
[2]) O. Graf: Kristall-Spiegelglas, Z. d. Ver. deutscher Spiegelglasfabrikanten, (1927), str. 178 i dalje.

flint (sa olovom, baritom, često i bornom kiselinom) nalazi se na sredini između barit-krona i flinta, fluor-kron (sadrži fluora) izvanredno malo prelama i razlaže svetlost.

### III. Specijalno staklo

**Staklo za hemiske aparate.** Za optičko staklo su od značaja fizička svojstva, međutim, staklo za ostalu primenu mora biti uglavnom hemiski postojano (boce, prozorsko staklo). Voda teži da rastvori alkalije iz stakla. Vlažnost vazduha je uzrok razlaganju starog skupocenog kristal-stakla. Staklo koje se upotrebljava u laboratorijama mora, na visokim temperaturama, biti otporno prema kiselinama i alkalijama. Gornje zahteve i zahteve termičke otpornosti ispunjava u najvećem stepenu jensko staklo za posude. Mera za otpornost prema uticaju vode je alkalnost rastvora (tablica 3, str. 1128).

**Staklo otporno prema toploti**[1]) sa malim koeficijentom širenja, neosetljivo prema naglim promenama temperature, nekada samo jensko staklo (Durax i dr. firme Schott & Gen.) a danas raznog porekla, pireks (Američki), sileks i rezista (Čehoslovačka), vulkanit (Nemačka). Koeficijent linearnog širenja 31 do $43 \cdot 10^{-7}$.

Nedostaci: debeli zidovi usled teške topljivosti, a usled toga i loše provođenje toplote. Zbog velikog sadržaja borne kiseline slabo je otporno prema alkalijama.

Za vodokaze (nagla promena pritiska i temperature) isporučuje firma Schott & Gen. »Durax«-staklo. Reflekcioni vodokazi koji unutra imaju brazdama snabdevene ploče od ogledalskog stakla izrađuju se od »maxo«-stakla. Površinskim očvršćavanjem gornje površine stakla, mogu se stakla za određene svrhe (v. gore) tako promeniti, da postanu neosetljiva prema morskoj vodi, atmosferilijama, udaru itd.

Oznaka »tvrdo staklo« još nije ustaljena u pogledu značenja. Predlog Nemačkog tehničkog društva za staklo glasi: »Tvrdo staklo je staklo proizvoljnog sastava, kod kojeg habanje poliranjem, ispitano prema DIN DVM 2 108, ne prelazi visinu habanja od 0,33 cm«[2]). Staklo koje nije očvrsnuto naglim hlađenjem, ne bi trebalo označavati kao tvrdo staklo već kao jako staklo, jednoslojno staklo, gnjuračko staklo itd.[3])

**Specijalno staklo za ultraljubičaste zrakove**[4]). a) Nepropustljivo, za zaštitu očiju; obezbeđivanje vidljivog spektra postiže se dodavanjem hroma, olova, retkih zemalja (cerijuma, neodijuma), titana. Umbral staklo. b) Propustljivo[5]), za prozorska okna na klinikama, velikim radnim prostorijama, staklenim baštama; za lekovitu primenu zrakova iskorišćuju se stakla koja ne sadrže gvožđa i titana; niklov i kobaltov oksid najmanje utiču na propustljivost ultraljubičastih zrakova. U trgovini se nalaze Vita-staklo (Engleska), Bios-, UV-, Uviol-, Brephos-staklo (Nemačka), Corex-staklo (SAD).

---

[1]) Thiene: Z. ang. chem., 39 (1926), str. 193/94 — Sprechsaal 59 (1924), str. 627. — Ref. u. Glastechn. Ber. 3 (1925/26) str. 63. — [2]) Glastechn. Ber. 13 (1935), str. 253. — [3]) Glastechn. Ber. 12 (1934), str. 255. — [4]) Sprechsaal 58 (1925), str. 93. do 96. — Ref. u Glastechn. Ber. (1925/26) str. 278. — [5]) Jaeckel: Ultraviolettes durchlässiges Flachglas, Glastechn. Ber. 6 (1928/29) str. 281 — Revised sircular on ultraviolet glas. Letter circular 235 — Ref. u Glastechn. Ber. 6 (1928/29) str. 320. — W. E. S. Turner i njegovi saradnici: Journal Soc. Glass Techn. Vol. XII, str. 27, 306, 324. — Rüttenauer: Phys Unters. an Gläsern erhöhter UV-Durchlässigkeit, Sprechsaal 61 (1928) str. 453.

**Specijalno staklo za povećanje kontrasta boja:** Neofan staklo, upotrebljava se za avijatičarske, automobilske i sportske naočare, kao i za svetleća tela.

**Sigurnosno staklo.** Jednoslojno, termički tako obrađeno staklo da se prilikom razbijanja ne lomi u oštre komadiće, već u sitna zrnca.

Višeslojno staklo izrađuje se spajanjem dveju tankih ploča od običnog ili ogledalskog stakla, pomoću celuloida kao međusloja, a pod pritiskom od 90 kg/cm² (Kinon-staklo) ili pomoću nezasićenih polimerizovanih organskih jedinjenja (Röhm & Haas). Primenjuje se za zastakljivanje automobila, zaštitnih naočara i slično.

Staklena vuna (Kristalco) — dobivena izvlačenjem stakla u vlakna — upotrebljava se za termičku izolaciju cevnih vodova.

**Vodeno staklo**[1]). Pod vodenim staklom podrazumeva se u vodi rastvorljiva staklasta masa, dobivena topljenjem alkalija sa više molekula silicijuma dioksida (dakle bez kreča).

Trgovačka roba. U trgovini se prodaje kao čvrsti, staklu slični, komadi ili u vodenom rastvoru od 37 do 40° Bé sa oko 70% $SiO_2$. Rastvori moraju da se čuvaju na suvom mestu bez pristupa vazduha.

Vodeno staklo upotrebljava se kao vezivo (slikarske boje, stereohemija), kao zaštitni premaz protiv požara, za pozorišnu opremu, za impregnisanje drveta, za izradu veštačkog kamena, štampanje tkanina, za glazure, konzervisanje jaja.

**Kvarcno staklo** — Vitreosil. Na 1725° istopljeni silicijum dioksid — kvarcno staklo — je providno, predmeti od kvarcnog stakla su neprovidni ili su prozračni. Velike otpornosti prema kiselinama (sem fosforne kiseline do iznad 400° i fluorovodonične kiseline), s toga nalazi primenu kao zamena platine u postrojenjima za koncentraciju i denitriranje u industriji sumporne, sone i azotne kiseline, u postrojenjima za hloriranje i oksidaciju amonijaka. Bazična jedinjenja razlažu kvarcno staklo.

Zbog malog koeficijenta širenja ($^1/_{10}$ običnog stakla) nalazi glavnu primenu kod procesa dobivanja tvrdog stakla čije je očvršćavanje vršeno naglim hlađenjem.

Zbog velikog električnog otpora upotrebljava se kao materijal za izradu električnih peći. Nije higroskopno, nema kondenzacije i otuda mali električni površinski gubitak. Velike propustljivosti za ultraljubičaste zrakove; upotrebljava se kao materijal za lampe sa živinom parom (kvarcne lampe). Usled optičke postojanosti upotrebljava se za sočiva i prizme.

## IV. Stakleno predivo. Staklena svila. Pamuk. Vuna[2])

**1. Dobivanje:** iz običnog stakla na tri načina:

a) Izrada predenjem. — Staklo se od zagrevanih staklenih štapova ili pomoću siskova izvlači iz male peći i namotava na valjke koji se brzo obrću. Dobivaju se dugačke, svili slične niti (konci) 0,01 do 0,03 mm debljine (stakleno predivo, staklena svila).

b) Izrada centrifugiranjem. — Istopljeno staklo ističe na ploču od vatrostalnog materijala, koja se brzo obrće. Usled centrifugalne sile obrazuje se malo talasasta vlakna nejednake debljine (staklena pamuk).

c) Izrada duvanjem — Raširena u S.A.D.; u novije vreme primenjuje se i u Nemačkoj. Istopljeno staklo duva se kroz siskove pomoću sabijenog vazduha ili pare, stvarajući veoma fina (do ispod 0,008 mm debljine), jednaka, duga i vuni slična vlakna (staklena vuna).

**2. Svojstva.** Mala zapreminska težina: 20 do 120 kg/m³ prema načinu dobijanja i svrsi. Najlakša je staklena vuna, najteža je staklena svila. Odličan termički izolator; koeficijent proležanja

[1]) Ullmann: Encyklopädie der techn. Chemie. Bd. IX, str. 516, Wien 1932, Urban & Schwarzenberg.

[2]) v. Pazsiczky: Herstellung, Verarbeitung und Verwendung von Glasfäden, Glastechn. Ber. 14 (1936), str. 206 i dalje.

toplote u nesabijenom sloju oko 0,03 kcal/mh° na 0° do 0,09 na 300°. Upotrebljivo do 400°. Dobro upija zvuk, sloj debljine od 2 do 3 cm upija 60—70% zvuka.

**3. Upotreba.** a) Za termičku izolaciju cevnih vodova, kotlova, industrijskih peći, postrojenja za hlađenje, hladnjaka, vagona hladnjaka itd., zatim za zidove i krovove. b) U zidovima za zvučnu izolaciju, na motornim vozilima za prigušivanje izduvnih gasova. c) Materijal za filtriranje ulja, kiselina, lužine i vazduha. Međuploče u akumulatorima. d) Među-ulošci kod termolux-prozorskih okana (v. ove). e) Ukrasi za božićne jelke, perike i druge modne artikle. f) Nastoji se da se od finog staklenog pamuka izrade predene materije slične tekstilima. Tkivo debljine 0,5 do 1 mm upotrebljava se u SAD kao vatrostalni materijal u industriji kablova i kao ulošci u pločama od bitumena i veštačke smole (mamut kora za zaštitu od vlage).

**4. Uobičajeni trgovački oblici.** Vlakna za zaptivanje, prepleti (asure) (50 cm širine do 10 m dužine, u svim debljinama), sa jedne strane zašivene na karton, jutu, pocinkovanu gvozdenu mrežu. Jastuci između pocinkovane žičane mreže ili azbestnih tkanina, ljuske za izolisanje, pantljike i gajtani u različitim dimenzijama.

### c) Hemisko ispitivanje stakla[1])

1. Otpornost prema atmosferilijama po Myliusu na 20°. Staklo se izlaže 7 dana dejstvu vazduha zasićenog vodenom parom, alkalnost se određuje jodeozin-metodom. 2. Ekstrakciona metoda po Mylius-u na 100°: staklo se izlaže dejstvu vode kroz 3 sata. Rastvorene alkalije se određuju titracijom sa $^1/_{100}$ normalnim rastvorom sone kiseline. 3. Standard-zrnasta proba DGG. Ispituje se ponašanje sasvim sveže staklene mase u obliku zrna. Kuva se 4 cm³ staklenih zrna (između 0,30 i 0,49 mm) 5 časova u 100 cm³ vode na 100°, pa odredi težina izlučenih materija. 4. Metode ispitivanja ravnog stakla po Keppeler-u. Staklene ploče vešaju se u korito sa vodom i titracijom odredi količina rastvorenih alkalija. 5. Brza zrnasta proba kao informativna proba. 6. Proba autoklava za stakla, koja su izložena dejstvu vodene pare iznad 100°. 7. Kisela i bazna proba. Određuje se smanjenje težine ugleda zagrevanjem u sonoj kiselini ili natrijum hidroksidu. 8. Proba osetljivosti prema stvaranju mrlja po Zschimmer-u za optička stakla. Ugledni komad se pokapa sirćetnom kiselinom i glicerinom.

Tablica 3
**Podela stakla prema hidrolitičnoj izdržljivosti**

| Klasa | Proba prema atmosferilijama* | Ekstrakciona proba** | Standard-zrnasta proba*** |
|---|---|---|---|
| I: Staklo postoj. prema vodi | 0—5 | 0—50 | 0—10 |
| II: Otporno staklo | 5—10 | 50—150 | 10—15 |
| III: Tvrde staklo za aparate | 10—20 | 150—400 | 15—25 |
| IV: Meko staklo za aparate | 20—40 | 400—1600 | 25—50 |
| V: Staklo sa manama za aparate | preko 40 | više od 1600 | više od 50 |

* Određivanje alkalnosti u mg jodeozinom na 1 m².

** Izlučene alkalije (kao $Na_2O$) date su u mg/1000 na 1 dm².

*** Podela samo za staklo za aparate, mg ostatka.

Da bi se odredio karakter stakla treba izvršiti najmanje dva ispitivanja: standard zrnastu probu za ispitivanje staklene mase i ekstrakcionu metodu po Mylius-u na 100° da bi se procenila gornja površina stakla (tabl. 3).

[1]) Merkblatt über Methoden zur Prüfung des Glases auf chemische Widerstandsfähigkeit (Fachausschuss I der Deutschen Glastechn. Ges. (DGG), F. Späte). Glastechn. Ber. 7 (1929), sv. 11.

# IX. Drvo[1])

Obradio profesor Dr.-Ing F. Kollmann, Eberswalde

## A. Građa drveta. Greške i mane drveta

**1. Opšti deo.** Drvo je tkivo vrlo različitih ćelija. Njegov se sklop može videti iz tri preseka:

Poprečni presek upravan na osu stabla; godišnji prstenovi se pokazuju kao više ili manje koncentrični krugovi.

Radijalni presek po dužini ose i jednog prečnika, pokazuje godišnje prstenove kao paralelne linije, sržne zrake u vidu traka (ogledala).

Tangentni ili tetivni presek paralelan sa podužnom osom po jednoj tangenti na godišnji prsten; godišnji prstenovi se pokazuju kao delovi parabola ili elipsa.

**2. Gruba građa** (Spoljne oznake). Godišnji prstenovi pokazuju godišnji priraštaj drveta i obuhvataju kao omotači jedan drugoga. Unutar svake zone priraštaja razlikuje se rastresitije i svetlije rano (prolećne) drvo, i zbijenije i tamnije pozno (jesenje) drvo. Širina godišnjih prstenova je različita.

Zapremina, težina i jačina ne zavise jednakomerno od širine godišnjih prstenova, na pr., borovo drvo sa širinom godišnjih prstenova od 1 do 2 mm je teže i jače, a kod širine veće od 3 mm jačina je manja; obrnuto je kod lišćara sa poroznim prstenovima (na pr. jasen), drvo sa godišnjim prstenovima 2 do 4 mm debljine ima veću jačinu, ono sa prstenovima 1 mm i manje je drvo slabog kvaliteta.

**3. Fina građa i hemiski sastav.**[2]) Celulozna građa drveta sastoji se od submikroskopskih kristalića (celuloza-micelije) dužine[3]) od oko 500 do 1000 Å i debljine 50 Å. Mala veličina micelija uslovljava vrlo veliku unutrašnju površinu drveta (prema gustini drveta 75 do 500 $m^2$ po 1 $cm^3$).

Ovim se objašnjavaju, zajedno sa pomreljivošću micelija, mnoga fizička svojstva drveta: higroskopnost, bubrenje i skupljanje drveta, toplotno-tehnička, električna i izvesna svojstva jačine drveta.

**Tablica 1. Hemiski sastav nemačkog drveta**

(Po C. G. Schwalbe-u i E. Becker-u)

| Sastav (% suvog drveta) | Smreka | Bor | Bukva | Breza | Topola |
|---|---|---|---|---|---|
| Celuloza (bez pentozina) | 57,84 | 54,25 | 53,46 | 45,30 | 47,11 |
| Lignin | 28,29 | 26,35 | 22,46 | 19,56 | 18,24 |
| Pentozin | 11,30 | 11,02 | 24,86 | 27,07 | 23,75 |
| Protein | 0,69 | 0,80 | 1,05 | 0,74 | 0,63 |
| Smola, vosak, mast | 2,30 | 3,45 | 1,78 | 1,80 | 3,16 |
| Pepeo | 0,77 | 0,39 | 1,17 | 0,39 | 0,32 |

Hemiski posmatrano celuloza se sastoji iz niza makromolekula[4]) vlaknastog oblika sa stepenom polimerizacije od 2000 i više, tj. dužine od 10 000 Å i više.

---

[1]) **Literatura.** — Kollmann: Technologie des Holzes, Berlin 1936, Springer — Mitt. Fachausschuss f. Holzfragen, Berlin, VDI-Verlag (tamo je navedena i druga literatura). — Podrobnije podatke v. Stoffhütte, 2 izd., str. 562 i dalje.

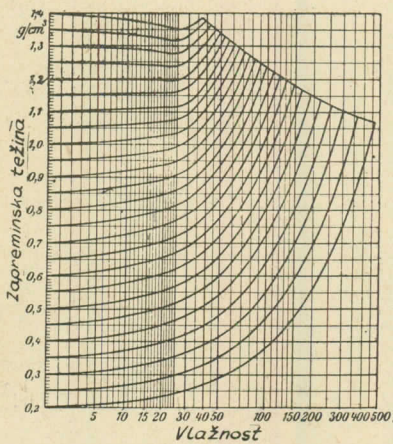
[2]) Lüdtke: Technol. und Chem. Papier- u. Zellstof.-Fabrikation, Bd. 30 (1933) str. 71.

[3]) Ångström-jedinice v. str. 240.

[4]) Staudinger: Holz als Roh- und Werkstoff 1 (1938) sv. 7. str 259 i dalje.

Po elementarnom sastavu sva su drva približno jednaka i sadrže oko 50% ugljenika, 6,1% vodonika, a kao ostatak uglavnom samo kiseonik.

**4. Greške i mane drveta**[1]). Iskrivljenost drveta (sabljast i uvijen rast) je česta i smanjuje upotrebnu vrednost drveta. Ravnomernost debljine (stablo kupastog oblika) smatra se kao tehnička mana drveta, ako debljina, počev od drugog metra, opada za više od 1 cm po 1 m dužine. Stabla sa dvostrukim srcem su najvećim delom trula i raspadaju se pri struganju. Naprsline od mraza, zapaljenje kore od sunčanih zrakova, oštećenja od gljiva i zarasline umanjuju prema obimu vrednost drveta. Ekscentričan rast dovodi često do stvaranja crvenog i sabijenog drveta sa nepravilnim skupljanjem i jačinom (naklonost ka prskanju srčike, mali otpor prema zatezanju, velika tvrdoća). Uvijeni (usukani) rast drveta smanjuje vrednost stabla, čija su vlakna usukana za 360° na 10 m dužine ili manje. Srasli čvorovi se smatraju normalnim; ispadajući i truli čvorovi su nepoželjni (zamena moždanicama). Smolne kesice i pukotine smanjuju vrednost drveta prema veličini i učestanosti.




Sl. 1 — Zavisnost zapreminske težine drveta od njegove vlažnosti

## B. Fizička i tehnička svojstva drveta

**1. Zapreminska težina** suvog drveta kreće se od 0,08 do 1,4 g/cm³. Kora ima spec. težinu $\gamma = 1{,}50$ g/cm³. Udeo c koji otpada na pore može se izračunati iz zapreminske težine $r$. On iznosi:

$$c = 1 - r/1{,}50 = 1 - 0{,}667\, r$$

Za praksu je važna zavisnost između zapreminske težine i vlažnosti drveta[2]) (sl. 1). Zapreminske težine drveta, bez podatka o istovremenoj vlažnosti, su neodređeni podaci. Kolebanja i srednja vrednost zapreminske težine, v, tabl. 4, str. 1132.

**2. Vlažnost drveta.** Vlažnost zelenog, tek oborenog četinara (u Nemačkoj) kreće se između 40 i 170%, lišćara 35 i 130%; srčike najčešće samo oko 30%. Sadržaj vlage $u$ daje se u odnosu prema težini $G_d$ suvog drveta. Ako je težina zelenog drveta $G_u$ onda je:

$$u = (G_u - G_u)/G_d \cdot 100\ [\%].$$

[1]) Knuchel: Holzfehler, Bern 1934, Büchler & Co — Fabricius: Forstbenutzung, 13. Aufl., Berlin 1935, Parey.

[2]) Kollmann, ZVDI 78 (1934), str. 1399.

Određivanje vlažnosti drveta, v. Stoffhütte, 2 izd. str. 568.

**Tablica 2. Prevođenje zapreminskih metara u kubne**

| | | |
|---|---|---|
| 1 zapr. m | oblica ili cepanica sa korom daje | 0,8 m³*) |
| 1 „ „ | sitne granjevine i granjevine iznad 7 cm daje | 0,7 m³ |
| 1 „ „ | panjevine daje | 0,5 m³ |
| 1 „ „ | kora daje | 0,3 m³ **) |
| 1 „ „ | drva za hartiju (1 i 2 m duž.) daje | 0,8 m³ *)**) |
| 1 „ „ | drva za hartiju (3 i 4 m duž.) daje | 0,7 m³ *)**) |

*) bez kore, 10% više. — **) drvo okorano na belo, 15% više.

Pri izradi i upotrebi predmeta od drveta treba nastojati da sadržaj vlage odgovara vrednostima u tabl. 3.

**Tablica 3. Normalna količina vlage u izrađevinama od drveta**

| | |
|---|---|
| Šperploče (slepljene ploče) | 5—6% |
| Nameštaj, delovi nameštaja, parketi, sobna vrata u prostorijama sa ustaljenim grupnim grejanjem | 6—8% |
| Predmeti kao gore u prostorijam grejanim pećima | 10—12% |
| Okviri za prozore, kućna vrata, građevinsko drvo, točkovi, špice za točkove, delovi za avione | 12—14% |
| Železnički vagoni, predmeti koji se iskorišćavaju samo napolju | 13—16% |

**3. Bubrenje i skupljanje**[1]) vidi Stoffhütte 2 izd., str. 568. Kod srednje teških četinara odnosi se bubrenje u pravcu vlakana $\alpha_l$ prema bubrenju radijalno na godišnje prstenove $\alpha_r$ i bubrenju tangentno na godišnje prstenove $\alpha_t$, grubo uzeto, kao 1 : 10 : 20.

Zapreminsko bubrenje

$$\alpha_v = (1 + \alpha_t)\,(1 + \alpha_r)\,(1 + \alpha_l) - 1.$$

Najveća vrednost bubrenja drveta sa 28% vlage pri zasićenosti vlakana:

$$\alpha_v \approx 28\, r_0.$$

Brojne vrednosti bubrenja i skupljanja za drvo u upotrebi vidi tabl. 4 str. 1132.

**4. Toplotna svojstva**[2]).

Toplotno širenje smrekovog, jelovog, hrastovog drveta paralelno vlaknima jednako je $\approx 1/3$ do $1/2$ toplotnog širenja točenog čelika. Najmanji koeficijent širenja ima bukovo drvo (razmernici) $0{,}25 \cdot 10^{-5}$. Iznad 0° važe, praktično, zakoni za bubrenje i skupljanje.

Koeficijent provođenja toplote $\lambda$ drveta sa 10% vlage na 20° normalno na vlakna:

$$\lambda_\perp \; 0{,}15\, r^{1{,}5} + 0{,}04 \quad [\text{kcal/mh°}],$$

gde je $r$ jedinica zapremine pri odnosnoj sadržini vlage u g/cm³; $\lambda_\parallel = 2\lambda_\perp$. U higroskopskom području se pri povećanju vlage za

[1]) Mörath: Studien über die hygroskopischen Eigenschaften und die Härte der Hölzer, Hannover 1932, Schaper.

[2]) Cammerer: Holz als Roh- und Werkstoff 1 (1936), sv. 6 str. 209. — Kollmann: Gesundh. Ing. 57 (1934) str. 224.

**Tablica 4. Svojstva važnijih vrsta drveta** (»suva na vazduhu« $u \approx 15\%$)

| Vrsta drveta | ∥ paralel. sa vl. ⊥ uprav. na vl. | Zapreminska težina g/cm² | Srednje skupljanje $\alpha_r$ [1] $\alpha_t$ [2] % % | Srednji modul elastičnosti $E$ kg/cm² | Jačina pri pritisku $\sigma_{dv}$ kg/cm² | Jačina pri kidanju $\sigma_B$ kg/cm² | Jačina pri savijanju $\sigma_{bB}$ kg/cm² | Jačina pri smicanju $\tau_s$ kg/cm² | Prelomni rad udarom $a$ kgm/cm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Smreka (Picea excelsa) | ∥ | 0,33 – **0,47** – 0,68 | 3,6 7,8 | 110 000 | 300 – **430** – 670 | 400 – **900** – 2450 | 420 – **660** – 1160 | 54 – **67** – 120 | 0,10 – **0,50** – 1,10 |
| | ⊥ | | | 5 500 | 20 – **58** – 95 | 15 – **27** – 40 | | **260** | |
| Bor (Pinus silvestris) | ∥ | 0,33 – **0,52** – 0,89 | 4,0 7,7 | 120 000 | 300 – **470** – 800 | 350 – **1040** – 1960 | 350 – **870** – 2060 | 60 – **100** – 150 | 0,20 – **0,70** – 1,60 |
| | ⊥ | | | 4 600 | 40 – **77** – 140 | 10 – **30** – 44 | | **210** | |
| Ariš (Larix europala) | ∥ | 0,44 – **0,59** – 0,85 | 3,3 7,8 | 120 000 | 350 – **530** – 690 | **1070** | 540 – **840** – 1320 | 45 – **90** – 100 | 0,40 – **0,70** – 1,30 |
| | ⊥ | | | | **60** | **23** | | **250** | |
| Pitchpine (Trg. naziv) (Pinus palustris | ∥ | 0,49 – **0,67** – 0,90 | 5,1 7,5 | 132 000 | 350 – **490** – 830 | **1050** | **910** | **96** | **0,70** |
| | ⊥ | | | | **70** | **32** | | | |
| Jela (Abies pectinata) | ∥ | 0,35 – **0,45** – 0,75 | 3,8 7,6 | 110 000 | 260 – **400** – 500 | 480 – **840** – 1180 | 400 – **620** – 1000 | 40 – **50** – 65 | 0,40 – **0,60** – 1,10 |
| | ⊥ | | | 4 900 | **42** | **23** | | **275** | |
| Weymouthi-ski bor (Pinus strobus) | ∥ | **0,34** – **0,40** – 0,50 | 2,3 6,0 | 85 000 | 220 – **280** – 600 | **800** | 320 – **540** – **720** | **55** | 0,30 – **0,38** – 0,50 |
| | ⊥ | | | | **32** | **21** | | | |
| Javor (mlječ.) (Acer platanoides) | ∥ | 0,56 – **0,66** – 0,83 | 3,2 8,4 | 113 000 | 420 – **525** – 650 | 560 – **1000** – 1950 | 500 – **1170** – 1400 | **90** | **0,65** |
| | ⊥ | | | 11 000 | **100** | **35** | | **330** | |
| Breza (Betula verrucosa) | ∥ | 0,51 – **0,65** – 0,83 | 5,3 7,8 | 165 000 | 325 – **430** – 850 | 350 – **1370** – 2700 | 650 – **1250** – 1400 | **120** | 0,45 – **1,00** – 1,30 |
| | ⊥ | | | 8 000 | **90** | **70** | | | |
| Hrast (Quercus pedunculata i Q.sessiliflora) | ∥ | 0,43 – **0,69** – 0,96 | 4,0 7,8 | 130 000 | 420 – **540** – 870 | 500 – **900** – 1790 | 460 – **910** – 1540 | 60 – **110** – 130 | 0,10 – **0,75** – 1,60 |
| | ⊥ | | | 10 000 | **105** | 26 – **40** – 96 | | **320** | |
| Jasen (Fraxinus excelsior) | ∥ | 0,48 – **0,72** – 0,94 | 5,0 8,0 | 120 000 | 250 – **480** – 630 | 340 – **1040** – 2200 | 500 – **1020** – 1780 | **65** | 0,10 – **0,80** – 2,60 |
| | ⊥ | | | 11 000 | 52 – **105** – 165 | **70** | | | |
| Hikori (Hicoria alba) | ∥ | 0,70 – **0,81** – 0,99 | 7,8 11,0 | 140 000 | **520** | **1500** | **1190** | **110** | **1,54** |
| | ⊥ | | | | **130** | **97** | | | |
| Lipa (Tillia parvifolija i T. grandifolija) | ∥ | 0,35 – **0,53** – 0,60 | 5,5 9,1 | 74 000 | 220 – **440** – 660 | 230 – **850** – 1450 | 390 – **900** – 1250 | 40 – **45** – 60 | 0,20 – **0,50** – 0,80 |
| | ⊥ | | | 2 500 | | 85 – **125** – 170 | | **215** | |
| Orah (Juglans regia) | ∥ | 0,63 – **0,68** – 0,73 | 5,4 7,5 | 125 000 | 375 – **575** – 715 | **1000** | 800 – **1190** – 1430 | – | **0,95** |
| | ⊥ | | | | **120** | **35** | | | |
| Topola (crna) (Populus nigra) | ∥ | 0,41 – **0,45** – 0,56 | 5,2 8,3 | 88 000 | 220 – **370** – 480 | 430 – **770** – 1100 | 400 – **550** – 800 | 40 – **50** – 60 | 0,30 – **0,50** – 0,70 |
| | ⊥ | | | | | | | | |

| | | |

Prelomni rad udarom [kgm/cm²] je važan za delove drvenih letilica i vozila, oplatu čamaca, sportske sprave, delove tornjeva za bežičnu telegrafiju itd. (vidi tabl. 4). Uticaj vlažnosti na prelomni rad udarom može se zanemariti.

Dinamička jačina — tj. onaj napon koji drvo može da izdrži pri vrlo velikom broju naizmenično promenljivog opterećenja a da se pri tome ne slomi — iznosi kod probe savijanjem 20 do 30% statičke jačine pri savijanju.

**Tablica 6. Brojne vrednosti jačine drveta za građenje letilica (po O.Kraemer-u)**

$\sigma_{dB}$ = pritisak, $\sigma_B$ = zatezanje, $\sigma_{bB}$ = savijanje, $\sigma_W$ = naizmenično savijanje

| Vrsta drveta | Zapreminska težina $r_u$ g/cm³ | Vlažnost u % | Brojne vrednosti jačine paralelno sa vlaknima $\sigma_{dB}$ kg/cm² | $\sigma_B$ kg/cm² | $\sigma_{bB}$ kg/cm² | $\sigma_W$ kg/cm² |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bor { Srčika | 0,65 | 10,8 | 748 | 1700 | 1160 | 420 |
| Bor { beljika | 0,56 | 11,3 | 609 | 1190 | 955 | 360 |
| Smreka | 0,48 | 10,8 | 473 | 1140 | 1020 | 300 |
| Jasen | 0,65 | 9,5 | 690 | 1330 | 1220 | 360 |
| Orah | 0,60 | 8,1 | 681 | 1260 | 1400 | 420 |

Tvrdoća drveta, određena po Janka-u ili Brinell-u, zbog njihove različite strukture je različita i u vrednosti sporna. Otpornost raznih vrsta drveta prema habanju raste po ovoj skali: smrekovo drvo, borovo drvo, javorovo hrastovo, bukovo; vrednosti za smrekovo i bukovo drvo odnose se ≈ kao 1 : 3.

Ispitivanje drveta prema DIN 2180 do 2190 i 2192.

Dozvoljeni naponi za građevinsko drvo vidi str. 943.

## Razaranje, zaštita i sušenje drveta

**1. Hemisko nagrizanje (Korozija)**[1]. Vek četinarovog drveta, bukovog, hrastovog, brestovog na otvorenom polju i nezaštićenom prostoru je između 30 i 80 godina, u slobodnom prostoru pod krovom 50 do 150 godina, uvek suvog skoro neograničeno, pod vodom 100 do 500 godina. Pod uticajem hemikalija drvo, je postojano prema alkalijama do $p_H \leq 11$, a prema kiselinama do $p_H \geq 2$[2]).

**2. Biljne štetočine drveta**[3]) Greške boje drveta. Modrenje smanjuje vrednost četinarovog drveta (beljika) ali ne zapreminsku težinu i jačinu pri pritisku. Jačina pri udaru pada za ≈ 10%. Sprečava se blagovremenim udaljavanjem oborenog drveta iz šume, razmaknutim slaganjem u vitlove, primenom sredstava protiv gljiva i držanjem u vodi. Crvena srčika kod drveta je stvarno zaštitni sloj koji se stvara oko obolelog ili ozleđenog mesta. Težina i jačina se ne menjaju, ali se menja moć upijanja. Trulenje stabla (gljiva borovnjača. crvena truležnica, bela truležnica) pojavljuje se obično u šumi i na oborenom stablu. Trulenje na stovarištu (listići, lepezaste pečurke, žilice, pore i dr.) je često na polju (pragovi, telefonski stubovi, ograde, šipovi) u vlažnim zgradama i rudnicima. Trulenje u zgradama. Prave kućne gljive (Merulius domesticus) napadaju u zgradama četinarsko i lišćarevo drvo (osim srčiku hrastovog drveta). Pri sušenju drvo se jako skuplja i puca, tako da se raspada u trošne kocke. Suzbijanje: strujanje i obnavljanje vazduha, potpuno uklanjanje obolelih delova, zaštita premazom. Ostala trulenja u zgradama: sporonosna kućna gljiva i sporonosna podrumska gljiva (suva trulež).

[1]) Liese u. Mörath: Holzschutz in der Landwirtschaft, Mitt. Fachausschuss f. Holzfragen, sv. 5, Berlin 1933. VDI-Verlag.

[2]) $p_H$ = eksponent koncentracije jona vodonika, v. Stoffhütte, 2 izd. str. 30.

[3]) Mahlke-Troschel: Handbuch der Holzkonservierung, 2 Aufl. Berlin 1928, Springer.

3. **Životinjske štetočine drveta:** buba čehićar, (Anobie) strizibuba (velika strizibuba hrasta i domaća strizibuba), zolja, veliki mravi i morske životinjice (brodski crv, mokrice-oniscus, sitni morski rakovi).

4. **Postupci za zaštitu drveta.**

Izluživanje, nagorevanje i premazivanje ne koristi uopšte ili malo.

Potapanje (kijaniziranje). Drvo se potapa u 0,66% rastvor sublimata: trajanje upijanja za borovo drvo 192 časa, za smrekovo i jelovo drvo najmanje 240 časova. Količina upijenog rastvora u toku ovog vremena iznosi 0,6 do 1,0 kg soli po 1 $m^3$ drveta. Dubina prodiranja 4 do 10 mm. So je u drvetu vezana.

Postupak istiskivanja sokova (Boucherie-ov postupak). Kao rastvor za upijanje uzima se 1 do 5% rastvor bakarnog sulfata (u novije vreme i Wolman-ove soli), on istiskuje glavnu količinu sokova iz drveta a posle 8 do 10 dana izlazi na vrhu drveta.

Postupak vakuum-pritiska. U pogledu ekonomičnosti najvažniji je Rüping-ov postupak: drvo »suvo na vazduhu«, prvo se u kazanima za impregnisanje izlaže pritisku od 0,5 do 4 at, pri čemu sabijeni vazduh ulazi u pore drveta. Pod istim pritiskom pušta se u kazan zagrejano kreozotno ulje na 70 do 100° C. Ovo može da ulazi u drvo ako se u kazan ubacuje nova količina kreozotnog ulja dok u kazanu ne vlada pritisak od 7 do 8 at. Posle ≈ 30 minuta uklanja se pritisak i stvara se vakuum od 60 do 65 cm Hg. Ovaj postupak traje od 2 do 8 časova. Najmanja količina upijenog ulja kod pragova iznosi: borovo drvo 63 kg/$m^3$, arišovo drvo 45 kg/$m^3$, bukovo drvo 145 kg/$m^3$, hrastovo drvo 45 kg/$m^3$.

Difuziski i osmozni postupci. Zaštitna sredstva se nalaze u uređaju koji se u vidu omota stavlja na donju stranu i vrh drveta; so difundira u vodu koja se penje u drvetu (naknadno impregnisanje starih stubova). Celokupno impregnisanje upotrebljava osmoziski postupak: sveži, bez kore i belo ljušteni stubovi se premazuju solima za impregnisanje (10 kg na 6 l vode); gusto složeni i pokriveni nepromočivom krephartijom ostave se da stoje najmanje 3 meseca.

5. **Zaštitna sredstva za drvo.** (Ispitivanje prema DIN DVM 2176, Bl. 1). Sredstva za zaštitu od gljiva (trulenja): živin hlorid (sublimat), hlorid cinka, bakarni sulfat (Boucherie-ov postupak), jedinjenja fluora. Natrijev fluorid u smesi sa nitriranim fenolima: bazilit, mikrosol, minolit (pomešan sa solima za zaštitu od požara), osmolit, I. G. pasta za zaštitu od gljiva, Rütgers-ov preparat za zaštitu protiv gljiva, tanalit, triolit, silikat fluora i cinka (fluralsil).

Najrašireniju primenu za impregnisanje drveta imaju katranska ulja (ulje za impregnisanje, kreozol i karbolinem). U poslednje vreme postali su značajni i hlorirani ugljovodonici (ksilamon).

Zaštitna sredstva protiv životinja. Kao dobre su se pokazale soli arsena.

Sredstva za zaštitu protiv požara[1]). Vodeni rastvori soli (bez vodenog stakla): njihovo dejstvo se zasniva na razvijanju gasova (na pr., $CO_2$, $NH_3$, $SO_2$) i pene koji guše plamen. Dobru površinsku zaštitu daje mešavina vodenog stakla i organskih materija, koje u plamenu stvaraju penušave mehure.

Sredstva za zaštitu od bubrenja drveta[2]). Najbolju zaštitu pružaju spoljne prevlake (folije od aluminijuma, aluminijum u prahu sa asfaltom ili katranskim smolama, olovne ili uljane boje, lakovi za čamce).

6. **Sušenje i parenje drveta.** Prirodno sušenje do stepena »suvo na vazduhu« je sporo. Dobre strane: smanjuje se dejstvo gljiva,

---

[1]) Metz: Herabsetzung der Brennbarkeit des Holzes. Mitt. Fachausschuss f. Holzfragen, sv. 13, Berlin 1936. VDI-Verlag.-DIN 4102.

[2]) Graf: Versuche über die Eigenschaften der Hölzer nach der Trocknung. Mitt. Fachausschuss f. Holzfragen, sv. 1/2 i 10, Berlin 1932 i 1934, VDI-Verlag.

zapreminska težina opada, jačina raste, povećava se podobnost bojenja i impregnisanja.

Parenje bukovine, orahovog i mahagoni drveta daje zatvoreniju boju.

Veštačko sušenje drveta[1]) ne umanjuje vrednost više nego prirodno sušenje pri pravilnom vođenju procesa. Opasnosti dugog skladištenja opadaju. Troškovi za sušenje strugane grede iznose 8 do 15% od vrednosti sirovog drveta (vidi Stoffhütte str. 581).

## D. Hemisko iskorišćavanje drveta[2])

1. **Usitnjena drvna masa** (v. IV knj.).
2. **Celuloza** (sulfitni, natronski i sulfatni postupak) — v. IV knj.
3. **Dobivanje šećera iz drveta**[3]).
4. **Ugljenisanje drveta**[4]). Vrši se suvom destilacijom u zatvorenim posudama. Prinos u težinskim delovima približno: 37% drvenog uglja, 5% sirćetne kiseline, 1,5% metilnog alkohola (100%-nog) 8% (za borovo drvo do 16%) katrana i drvenog ulja. Ekonomski je važno da se pored toga dobiva aceton, metanol, rastvarači, formaldehid, ester sirćetne kiseline.

## E. Mehanička prerada i oplemenjivanje drveta

1. **Mašine za preradu drveta** (v. II knj., odeljak mašine alatke).
2. **Uobličavanje drveta.** Pareno drvo se savija po Thonet-ovom postupku (zategnuta zona se rastereti na taj način što se drvo obloži čeličnom trakom) do na $d/r \geqq 1$, za $r \geqq 50$ mm, gde je $r$ — poluprečnik krivine, $d$ — debljina drveta.

Ovaj je postupak naročito pogodan za: bukovo drvo, jasenovo drvo, hikori dvro, javorovo drvo, brezovo drvo, brestovo drvo, hrastovo, bagremovo drvo, trešnjevo drvo, lešnikovo drvo. Potreban pritisak pare kreće se od 1 do 2 at, trajanje 1 čas na svakih 25 mm debljine drveta. Primenjuje se za nameštaj, letilice, gradnju kola i mašina, razan pribor, štapove, kišobrane itd. I šperploče (drveni lim) se uobličavaju, pri čemu se višak materijala previja pa se mora upresovati (kutije za cigarete).

3. **Lepljenje**[5]). (Pregled najvažnijih lepila za drvo vidi Stoffhütte 2 izd. str. 583).
4. **Furniri. Šperploče. Lakirano drvo.** Furniri se dobivaju sečenjem testerom, noževima ili kružnim ljuštenjem (DIN 4079). Kod šperploča se slojevi postavljaju obično tako da vlakna pojedinih listova budu pod uglom od 90°. Furnir ploče (DIN 4078, DIN L 182, DIN L 183) su izrađene od 3, 5, 7 itd. furnira. Furniri, stolarske ploče imaju srednji sloj od slepljenih letvica (lepljenih od blokova ili pojedinačno).

Za specijalne svrhe (letilice, brodove, železnička kola i karoserije) upotrebljava se lamelirano drvo od furnira debljine 0,1 do 0,3 mm,

---

[1]) Kollman: Künstliche Holztrocknung und Holzlagerung AWF-Merkh. 250, Berlin 1932, Beuth-Verlag; Arch. Wärmewirtsch. 16 (1935), sv. 12, str. 329.
[2]) Hägglund: Holzchemie, Leipzig, 1928 Akad. Verlagsges.
[3]) Luers: Holz als Roh- und Werkstoff (1937) sv. 1/2, str. 35.
[4]) Klar: Holz als Roh- und Werkstoff 1 (1938) sv. 4, str. 139.
[5]) Blankenstein: Holzbearbeitung III Bd., Leimen von Holz, RKW 8/AWF 264, Berlin u. Leipzig 1937, Teubner.

natopljeno veštačkom smolom i presovano pod visokim pritiskom[1]).

**5. Presovano drvo. Metalizovano i uljenisano drvo.** Presovanjem četvrtastih bukovih komada, koji ne sadrže čvorove, normalno na vlakna sa pritiskom od 300 do 330 at dobiva se lignoston[2]), zapreminske težine 1,05 do 1,45 g/cm³, jačine pri pritisku || vlaknima oko 1500 kg/cm², ⊥ na vlakna 1000 do 1100 kg/cm², jačine pri kidanju 2500 kg/cm², jačine pri savijanju 2500 kg/cm², modula elastičnosti 280 000 kg/cm², žilavosti 1,5 kgm/cm², jačine pri smicanju (sečenju) u radijalnom pravcu 160 kg/cm², u tangentnom pravcu 265 kg/cm². Primena: delovi mašina (ležišne ljuske, čunkovi, držalje, zupčanici, okviri gatera, delovi prenosnika, armatura itd.). Slična svojstva ima lignofol, dobiven iz paralelno ljuštenih bukovih furnira slepljenih veštačkom smolom.

**Tablica 7.**
**Svojstva lameliranog drveta po O. Kraemer-u**

| Svojstva | Pravac vlakana ugleda | Buk va | | Breza | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Neoplemenjeno | Oplemenjeno 45-struka | Neoplemenjeno | Oplemenjeno 50-struka |
| Zapreminska tež. [g/cm³] | | 0,65 | 0,94 | 0,67 | 1,00 |
| Vlažnost [u %] | | 9,0 | 6,0 | 10,0 | 6,5 |
| Jač. pri kidanju [kg/cm²] | podužno | 1 400 | 1 290 | 1 380 | 1 280 |
| | poprečno | 100 | 215 | 75 | 383 |
| Jač. pri pritisku [kg/cm²] | podužno | 600 | 1 350 | 700 | 1 150 |
| | poprečno | — | 540 | 90 | 540 |
| Jač. pri savijanju [kg/cm²] | podužno | 1 300 | 2 200 | 1 400 | 2 200 |
| | poprečno | 120 | 360 | 100 | 550 |
| Jač. pri uvijanju [kg/cm²] | podužno | 200 | 320 | 200 | — |
| | poprečno | 110 | 200 | — | — |
| Modul elastič. [kg/cm²] | podužno | 150 000 | 185 000 | 160 000 | 215 000 |
| | poprečno | 9 000 | 34 000 | 5 800 | 48 000 |
| Modul klizanja [kg/cm²] | podužno | 9 200 | 15 000 | 8 000 | — |

Mineralizirano drvo[3]), dobiva se kad se suvo drvo natapa pod pritiskom sa niskotopljivim metalom: zapremina orahovog drveta koje je delimično natopljeno kreće se od 0,95 do 3,83 g/cm³; ono ima veliku jačinu pri pritisku i tvrdoću, a smanjeno bubrenje. Metalizirano drvo može se rendisati, strugati, bušiti i lepiti. Upotrebljava se za ležišta; u ovo drvo spada i uljem natopljeno drvo — uljenisano drvo.

**6. Savijeno drvo[4]).** Drvo može trajno ostati savijeno kuvanjem, parenjem u vakuumu i sabijanjem u pravcu vlakana po jednom zaštićenom postupku (modul elastičnosti 15 000 do 30 000 kg/cm²). Plastično drvo — mešavina strugotine sa vezivnim materijalom (najčešće celulozni estri) spaja se čvrsto sa drvetom i može se lako obrađivati, bajcovati i polirati (upotrebljava se za opravke građevinske stolarije i nameštaja, modela za livenje, karoserija, za ortopedske daščice, veštačke noge i ruke i sl.).

**7. Građevinske ploče koje sadrže drvo[5])** v. gl. VI str. 1090.

[1]) Brenner u. Kraemer: Holzvergütung durch Kunstharzverleimung, Mitt. Fachausschuss f. Holzfragen, sv. 12, Berlin, 1935, VDI-Verlag

[2]) Patentovani postupak firme Holzveredelungs-GmbH u Haren-u na Emsi.

[3]) Naeser: Umschau 34 (1930), str. 250; Proizvodi (i uljenisano drvo) Öl-Los GmbH.

[4]) Gesellschaft für Holzveredelung GmbH, Essen-Altenessen.

[5]) Kollmann, Mörath und Zeller: Holzhaltige Leichtbauplatten, Mitt. Fachausschuss f. Holzfragen, sv. 7, 3 Aufl. Berlin 1938, VDI-Verlag.

## F. Upotreba drveta

**1. Tehnički upotrebljivo drvo** deli se na[1]):

Dugačko drvo: stabla i debla (dugačke i sečene) oblice koje iznad debljega kraja imaju prečnik veći od 14 cm, i tanko drvo — oblice do 14 cm prečnika. Zapremina debla se izračunava bez kore i izražava u $m^3$. Drvo se razvrstava u klase, kvalitet klasa se povećava sa prečnikom (za listare, borovo, arišovo drvo: klasa 1 ispod 20 cm, klasa 6 od 60 cm i više). Kvalitetne klase:

Klasa A: odlikuje se dobrom kakvoćom; to su zdrava debla pravog uzrasta, ravnomerne debljine, bez čvorova ili sa ponekim čvorom, bez ili sa malo grešaka koje ne smanjuju upotrebnu vrednost drveta; za furnire se prema potrebi može razvrstati u podklase.

Klasa B: obične, zdrave oblice sa malim ili, po vrednost drveta, neznatnim greškama.

Klasa C: jako čvornoviti komadi, komadi slabe građe, nepravilnog uzrasta, iskrivljeni, čvornoviti komadi i bolesni komadi ukoliko se mogu smatrati upotrebljivim, naročito oni komadi koji imaju duboke trule čvorove, belu i crvenu trulež (ali ne sa malim trulim mrljama), ili sa drugim većim oštećenjima od gljiva, kao i oni komadi sa preterano zapaljenom korom. Klasa C se može prema potrebi razvrstati u podklase.

Tanko drvo je ono upotrebljivo drvo sa ili bez vrha, koje na 1 m od debljeg kraja ima prečnik do 14 cm. Razvrstava se u kvalitetne klase prema prečniku i dužini.

Za telegrafske stubove v. uslove Uprave telefona i Ministarstva pošta. Stapovi za crtanje prečnika ispod 7 mm.

Složeno drvo u obliku cepanica (cepano drvo), oblice (14 cm prečnika), krupna granjevina (7 do 14 cm prečnika) i sitna granjevina obračunavaju se u $m^3$.

Kore za štavljenje. 1 zapreminski metar = 0,3 $m^3$, težina 200 kg (»suve u šumi«).

**2. Drvo za gorivo:** cepanice, tanke oblice, granjevina, tanko pruće za gorivo.

**3. Jamska građa:** probrano dugačko drvo, komadi ili stojke; mora biti zdravo i sa vrlo malo čvorova; suvo drvo i plavo drvo mogu se upotrebiti ukoliko mogu da nose, i ukoliko se mogu cepati i zakivati.

Pod dugačkim drvetom se podrazumevaju oblice od 4 m dužine pa naviše i do 20 cm srednjeg prečnika bez kore. Jamska građa (stojke) prodaje se pojedinačno prema kubaturi ili složena u vitlove.

**4. Pragovi** (Vidi III knj., odeljak Železnice). Tehnički uslovi nemačkih državnih železnica (DR) za isporuku:

Pragovi moraju biti izrađeni od zdravog drveta koje nema šupljine od raznih crvotočina, šupljine od truleži, prsline od mraza, čvorove, kvrge, a drvo da nije suviše krivog rasta. Pragovi moraju biti bez mrtvih čvorova, grana, plesni i gljiva. Bukovi pragovi mogu imati crvenu srčiku (do 30% poprečnog preseka). Velike prsline (više od 30 cm duboke) nisu dozvoljene.

I. Železnički pragovi, klase A:
$l$ = 2,60 m, $b$ = 0,26 m, $h$ = 0,16 m;

II. Železnički pragovi, klase B:
$l$ = 2,50 m, $b$ = 0,24 m, $h$ = 0,14 m;

III. Železnički pragovi, klase C:
$l$ = 2,50 m, $b$ = 0,20 m do 0,22 m, $h$ = 0,14 do 0,15 m;

IV. Pragovi za skretnice:
$l$ = 3 do 7,20 m, $b$ = 0,26 m, $h$ = 0,16 m.

[1]) Reichs-Holzmessanweisung (Reichshoma) od 1 aprila 1937.

Na gornjem delu pragovi mogu imati zakošenja po visini i širini najviše 2 cm. Pragovi se zaštićuju od trulenja uglavnom po Rüping-ovom postupku katranskim uljem (str. 1135).

**5. Drvo za hartiju** (drvo za dobivanje celuloze). Oblice (najčešće smrekovo, jasenovo i jasikovo drvo) dužine od 1 m do 4 m, na oba kraja testerom strugane. Drvo treba da bude zdravo i ne jako čvornovato; slaže se u vitlove. Razvrstava se u klase A, B, C prema prečniku 14, 10 do 14, i 7 do 10 cm sa korom.

**Poprečni preseci prema DIN 407 za tesano drvo**

| 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6/10<br>6/12 | 8/8<br>8/10<br>8/14 | 10/10<br>10/12<br>10/16 | 12/12<br>12/14 | 14/14<br>14/10 | 16/16 | 18/18 |

**za građe**

| 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8/20 | 10/20<br>10/22 | 12/24<br>12/26 | 14/20 | 16/20<br>16/22<br>16/24 | 18/22<br>18/24 | 20/20<br>20/24 |

**6. Građevinsko drvo**[1]) se deli na: 1) oblovinu ($m^3$), 2) tesano drvo ($m^3$) prema obliku ivica: sa oštrim ivicama, polutesano (samo na $^2/_3$ dužine sa oštrim ivicama) i sa oblinama stabla (sa oštrim ivicama na manje od $^1/_3$ dužine).

Stupnjavanje po dužini u metrima na po 0,25 m.

3) Strugana građa: polutače, četvrtače; daske 10 do 15 cm ($m^3$).

Prema DIN 4071 kreću se debljine talpa od 45 do 100 mm; debljine daska (oivičene i neoivičene) iznose 10, 12, 15, 18, 20, 24 26, 30, 35 i 40 mm. Stupnjevanje po dužini u metrima na po 0,25 m; dužine belogorične građe na po 10 cm.

Za inostrane daske i talpe u engleskim merama važe uzansi: »Verein Deutscher Hohzeinfuhr-Häuser e. V.«, Bremen.

4. Letve (m) krovne letve prema DIN 4070:

24/28, 30/35, 40/60, 50/80 mm (dvostruke letve).

Dimenzije pera i žljeba, grubo rendisanje dasaka (u debljinama prema DIN 4071) reguliše DIN 4072.

Dimenzije, kakvoća, obrada parketnih daščica v. DIN 280. Drvene tavanice za male stanbene zgrade v. DIN 104. Propisi za drvene zgrade v. DIN 990 (ove zgrade treba ispitati s obzirom na zaštitu od vlage iz zemljišta, zadržavanje toplote, zaštitu od požara, izoliranje zvuka, stabilnost i trajnost, materijal i izradu). Propisi za izvođenje građevinskih radova od drveta u građevinarstvu v. DIN 1052, drveni mostovi, v. DIN 1074.

**7. Stolarsko drvo.** Građevinska stolarija: vrata (DIN 281, 1139 do 1141), przori (DIN 1240 do 1248), stepenice (DIN 287 do 294). Nameštaj: obrada raznovrsnog drveta kako punog tako i od šperploča.

**8. Drvo za mašine**[2]), **letilice, vozila, čamce itd.** Izbor drveta zavisi od primene: u pogledu jačine (hrast, jasen, ariš, crvena bukva), u pogledu tvrdoće (lignoston, bela bukva), u pogledu trenja (topola, lipa) u pogledu hemiske otpornosti (četinari), naročito probrano drvo najboljih svojstava, kontroliše se probom na dohvat. Drvo za izradu kola v. DIN 1922, za livačke modele v. DIN 1511, Bl. 2.

**9. Iskorišćavanje otpadaka od drveta.** Strugotine, iverje i kora najčešće se sagorevaju. Poželjno je oplemenjivanje; briketiranje se do sada nije pokazalo kao ekonomično. Ograničene količine mogu se prerađivati

[1]) Bauholz, Gütebedingung DIN 4074.

[2]) Kollmann: Holz im Maschinenbau, Mitt. Fachausschuss f. Holzfragen, sv. 16, Berlin, VDI-Verlag.

u drveni kamen ili se prodaju kao drvo za dimljenje. U izgledu je prerada u laki građevinski materijal i za hemisku preradu (dobivanje šećera, kiseline za štavljenje i oksalne kiseline).

# X. Veštačke materije

Obradio Dipl.-Ing. W. Zebrowski, Berlin

## A. Podela. Svojstva

**Definicija:** Pod »veštačkim plastičnim materijama« danas se ne podrazumevaju sve veštački spravljene organske i neorganske materije već samo one industrijske materije koje su spravljene veštačkim putem na bazi visokomolekularnih organskih jedinjenja i koje se mogu uobličavati.

Stepen veštačke izrade može pri tome biti veoma različit, u pojedinim slučajevima veštačka se materija proizvodi neposredno iz elemenata, na pr. ugljenika i vodonika (najviši stepen), u drugim slučajevima upotrebljavaju se za njihovo spravljanje već postojeći međuprodukti (srednji stepen), i na kraju i gotove organske visokomolekularne materije koje se nalaze u prirodi, na pr., prirodna smola i bitumeni u veštačkim smesama sa odgovarajućim dodacima (najniži stepen). Primer za prvi slučaj je trolitul i pleksiguma, za drugi slučaj derivati celuloze, a za treći slučaj presovanje kopalmase.

Veštačke materije se proizvode kao tzv. »plastične mase« uglavnom u gotove proizvode obrađene deformacijom te se zbog toga i nazivaju presovane, odn. brizgane mase.

**1. Podela prema čvrstini oblika.** Prema ponašanju na sobnoj temperaturi dele se na tvrde i meke veštačke materije. Među tvrdim veštačkim materijama ima i takvih kod kojih je otvrdnjavanje posle obrade deformacijom, a pod pritiskom i temperaturom, pomoću polimerizacije toliko napredovalo, da se zagrevanjem ne mogu više omekšati (termostabilne mase) i takve koje se u konačnom obliku mogu omekšati (termoplastične mase).

Materije koje su na sobnoj temperaturi meke imaju ovo svojstvo ili samo po sebi ili ga dobivaju tek dodavanjem materija za omekšavanje.

**2. Podela prema sklopu.** Prema vrsti materijal za punjenje (t. zv. punila) koje se nalaze u veštačkoj materiji — bilo u vidu

[1]) **Literatura.** — Sommerfeld: Plastische Massen, Berlin 1934, Springer. — Brandenburger: Presstechnik, Pressen und Pressverfahren, Presswerkzeuge und Verarbeitung von Kunstharzmassen, Berlin 1934 do 1936, Springer. — Faust: Celluloseverbindungen und ihre besonders wichtigen Verwendungsgebiete, Berlin 1935, Springer. — Mehdorn: Kunstharzpressstoffe und andere Kunststoffe Berlin 1939 VDI-Verlag. — Pabst: Kunststofftaschenbuch, 4 Aufl., Berlin 1939 — Verlag. Physik. — Scheiber: Kunststoffe, Leipzig 1934, Akad, Verlagsges. — Dreher: Zur Chemie der Kunststoffe, München 1939, Lehmann — Houwink: Chemie und Technologie der Kunststoffe, Leipzig 1939, Akad. Verlagsges. — Röhrs, Staudinger, Vieweg: Fortschritte der Chemie, Physik und Technik der makro-molekularen Stoffe, München 1939, Lehmann-Deutsches Jahrbuch f. d. Industrie der plastischen Massen, Berlin 1939/40 Pansegrau.

Časopisi. — Kunststoffe, München, Verlag Lehmann — Kunststoff-Technik und Kunststoff-Anwendung, Berlin, Verlag Physik.

## Tablica 1. Karakteristične brojne vrednosti i postupci za ispitivanje presovanih nelaminiranih materija

Js = jačina pri savijanju, Jsu = jačina pri savijanju udarom, Ž = žilavost pri udaru, Jp = jačina pri pritiskivanju, Jz = jačina pri zatezanju, T = tvrdoća, E = modul elastičnosti, Ot = Otpornost na povišenoj temperaturi, Ož = otpornost prema žarenju, Ktš = Koeficijent linearnog toplotnog širenja.

| Vrsta | Tip[2] | Js[1] kg/cm² | Jsu[1] kgcm/cm² | Ž[1] kgcm/cm² | Jp[1] kg/cm² | Jz[1] kg/cm² | T[1][3] kg/cm² | E[3][6] kg/cm² | Ot[1][5] ° | Dozvoljena najviša temperatura 7) ° | 8) ° | 9) ° | 10) ° | Ož Stepen kakvoće[4] | Ktš[11] ° | Spec. tež. kg/dm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fenolne smole sa organskim punilima | $1_1$ | 500 | 3,5 | 1,0 | 1200 | 150 | 1800 | 60—150 | 150 | 150 | 215 | 215 | 200 | 4 | 15—30 | 1,8 |
| | $1_2$ | 500 | 3,5 | 2,0 | 1200 | 250 | 1500 | 90—150 | | | | | | | | |
| | M | 700 | 15,0 | 15,0 | 1200 | 250 | 1500 | 90—160 | | | | | | | | |
| Fenolne smole punjene drvenim brašnom | S | 700 | 6,0 | 1,5 | 2000 | 250 | 1300 | 55—80 | 125 | 100 | 135 | 130 | 130 | 3 | 30—50 | 1,4 |
| Fenolne smole punjene tekstilnim vlaknima | $T_1$ | 600 | 6,0 | 6,0 | 1400 | 250 | 1300 | 50—90 | 125 | 100 | 100 | 125 | 165 | 2 | 15—30 | 1,4 |
| | $T_2$ | 600 | 12,0 | 12,0 | 1400 | 250 | 1300 | 70—100 | | | | | | | | |
| | $T_3$[12] | 800 | 25,0 | 18,0 | 1200 | 500 | 1300 | 40—90 | | | | | | | | |
| Fenolne smole punjene celulozom | $Z_1$ | 600 | 5,0 | 3,5 | 1400 | 250 | 1300 | 40—80 | 125 | 100 | 135 | 115 | 130 | 3 | 15—30 | 1,4 |
| | $Z_2$ | 800 | 8,0 | 5,5 | 1000 | 250 | 1300 | 60—100 | | | | | | | 10—30 | |
| | $Z_3$[12] | 1200 | 15,0 | 10,0 | 1600 | 800 | 1300 | 80—130 | | | | | | | 10—30 | |
| Karbamidne smole punjene organskim materijama | K | 600 | 5,0 | 1,2 | 1800 | 250 | 1500 | 50—100 | 100 | 65 | 90 | 90 | 80 | 3 | 40—50 | 1,5 |

[1]) Najniže vrednosti. — [2]) Oznaka odgovara stručnoj grupi 7, »Isolierstoffe der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie«. — [3]) Za obrađivanje tvrdoće, po VDE 0302, meri se dubina utiskivanja pod opterećenjem, tj. celokupna deformacija, za razliku od ispitivanja metala, gde je uobičajeno merenje tvrdoće po Brinnel-u, pri čemu se meri samo trajna deformacija. — [4]) Otpornost prema žarenju služi za određivanje gorljivosti. Celuloid, na pr., ima otpornost prema žarenju 0, hrastovina 2, cement 5. — [5]) Otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u pokazuje da se probni komad na određenoj temperaturi a izložen savijanju pri normalnom naponu od 50 kg/cm² deformiše u izvesnoj meri. Proizvodi koji su mehanički manje opterećeni, mogu se prema potrebi upotrebiti i na višim temperaturama. — [6]) Orijentacione vrednosti. — [7]) Pri trajnom naprezanju usled toplote ona temperatura do koje se materija može zagrevati a da se njena mehanička svojstva ne promene, kada se ohladi na sobnu temperaturu. — [8]) Pri kratkotrajnom naprezanju usled toplote uzimajući u obzir jačinu pri savijanju, pri čemu jačine mogu da opadaju najviše za 10% od početne vrednosti. — [9]) Pri kratkotrajnom naprezanju usled toplote uzimajući u obzir jačinu pri savijanju udarom, pri čemu jačine mogu da opadnu za 10% od početne vrednosti. — [10]) Pri kratkotrajnom naprezanju usled toplote uzimajući u obzir skupljanje koje ne sme da iznosi više od 0,6%. — [11]) između 0 i 50°. — [12]) Laminirane materije po VDE 0318.

praha ili krpa dodatih bez reda ili kao trake u slojevima — delimo veštačke materije na one bez slojeva (ovde spadaju i one bez sredstava za punjenje) i one sa slojevima (DIN 7701).

**3. Podela prema sastavu.** Kada se izuzmu materije, o kojima će biti govora u poglavlju XVI, tj. one koje sadrže kaučuk, koje su slične kaučuku i koje su kao kaučuk — onda veštačke materije navedene u tabl 4 treba razlikovati po hemiskom sastavu i po postojanosti oblika.

**4. Dijagrami:** Sinteza najvažnijih visoko-

(Nastavak na str. 1144)

**Tablica 2. Karakteristične brojne vrednosti [1]) i rezultati ispitivanja za tvrdu hartiju i tvrdu tkaninu**

Js = jačina pri savijanju, Jsu = jačina pri savijanju udarom, Jz = jačina pri zatezanju, Jp = jačina pri pritiskivanju, Cep = cepljivost, Wp = površinski otpor, Wu = unutrašnji otpor, Die-V = faktor dielektričnog gubitka, Tisp = toplotno ispitivanje.

| Vrsta | Spec. tež.[2]) kg/dm³ | Js[2]) neobrađena kg/cm² | Js[2]) obrađena kg/cm² | Jsu[2] kgcm/cm² | Jz[2]) kg/cm² | Jp kg/cm² | Cep[3] kg | Wp[3]) po prethodnoj obradi a MΩ | Wp[3]) po prethodnoj obradi b MΩ | Wu[3]) a MΩ | Wu[3]) b MΩ | Die-V[3]) tg δ (pri 800 p/s) | Tisp. Temperatura[3]) °C | Upijanje vode[3]) % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plače od tvrde hartije Klasa I | <1,42 | 1300 | 1000 | 25 | 1000 | 1000 | 200 | $10^6$ | $10^3$ | $10^4$ | $10^3$ | 0,1 | 130 | 11 |
| Plače od tvrde hartije „ II | <1,42 | 1500 | 1300 | 25 | 1200 | 1500 | 200 | $10^5$ | $10^2$ | $10^4$ | $10^2$ | — | 130 | 11 |
| Plače od tvrde hartije „ III | <1,42 | 1300 | 1000 | 15 | 1000 | — | — | $10^6$ | $10^3$ | $10^4$ | $10^3$ | 0,1 | 150 | 8 |
| Plače od tvrde hartije „ IV | <1,42 | 800 | 700 | 8 | 700 | — | — | $10^6$ | $5 \cdot 10^3$ | $5 \cdot 10^4$ | $5 \cdot 10^3$ | 0,1 | 150 | 1,5 |
| Ploče od tvrde tkanine Klasa G | <1,42 | 1000 | 800 | 25 | 500 | 2000 | 300 | $10^4$ | $10^2$ | $10^3$ | $10^2$ | — | 130 | 3 |
| Ploče od tvrde tkanine „ F | <1,42 | 1300 | 1000 | 30 | 800 | 2000 | 250 | $10^4$ | $10^2$ | $10^3$ | $10^2$ | — | 130 | 3 |
| Okrugle cevi namotane | >1,05[4]) | 800 | — | — | 500 | 400 | — | $10^{4 5}$) | $10^{2 5}$) | $10^{4 5}$) | $10^{2 5}$) | [6]) | 130 | — |
| Cevi presovane . . . | >1,15 | — | — | — | — | 700 | — | $10^{4 5}$) | $10^{3 5}$) | $10^{4 5}$) | $10^{2 5}$) | [6]) | 130 | — |
| Naknadno presov. delovi | — | — | — | — | — | — | — | $10^{4 5}$) | $10^{3 5}$) | — | — | [6]) | 130 | — |
| Pu i štapovi . . . . | >1,3 | 1000 | — | 15 | 500 | 800 | — | $10^{4 5}$) | $10^{3 5}$) | $10^{4 5}$) | $10^{2 5}$) | — | 130 | — |
| Pljosnate šipke . . . | >1,15 | 800 | — | 15 | 500 | 500 | — | $10^{4 5}$) | $10^{2 5}$) | $10^{4 5}$) | $10^{2 5}$) | — | 130 | — |
| Uobličeni komadi . . | >1,15 | — | — | — | — | [6]) | — | — | — | $10^{4 5}$) | $10^{2 5}$) | [6]) | 130 | — |

[1]) Napon pri ispitivanju v. Stoffhütte, 2 izd. str. 901. — [2]) Najniže vrednosti (za ploče najviše vrednosti). [3]) Najveće vrednosti; podaci za upijanje vode odnose se na ploče 3 mm debljine. — [4]) Ne važi za proizvode sa prirodnim smolama. — [5]) Ne važi za tvrde tkanine. — [6]) Po sporazumu.

**Tablica 4. Podela veštačkih materija prema sirovinama i konzistenciji**

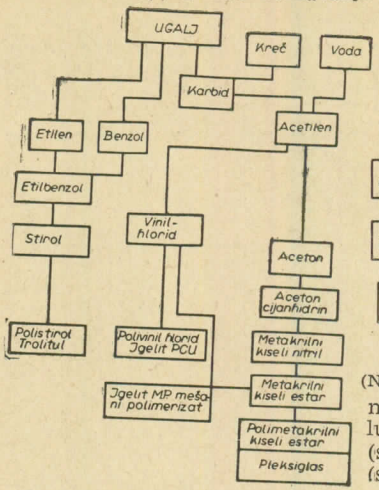
| Veštačke materije na bazi | | Konzistencija po obradi: na sobnoj temp. | Konzistencija po obradi: na povećanoj temper. |
|---|---|---|---|
| Prirodne smole, asfalt, katran | Ne mogu otvrdnuti (termoplastične) | tvrda | omekšavaju |
| Derivati celuloze | | tvrda i meka | |
| Visokopolimer. jedinjenja vinilhlor. | | | |
| Belančevina | (otvrd. termostab.) | tvrda | malo omekšavaju |
| Karbamidne-formaldehidne smole | mogu se otvrdn. | | |
| Amilin-formaldehidne smole | del. mogu otvrd. | | |
| Fenol-formaldehidne smole | termostabilne | | ne omekšavaju |
| Ftalna kiselina-glicerinske smole | | | |

**Tablica 3. Nekeramičke presovane materije koje ne sadrže gumu**

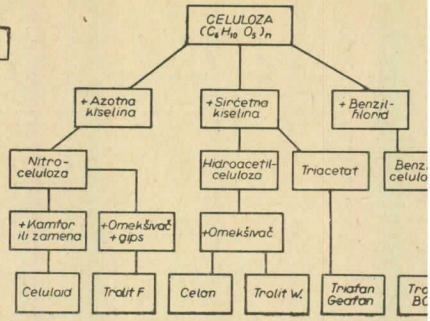
Js = jačina pri savijanju, Jsu = jačina pri savijanju udarom, Ž = žilavost pri udaru, Ot = otpornost na povišenoj temperaturi po M a r t e n s-u, Ož = otpornost prema žarenju, Wp = površinski otpor posle 24 časa ležanja u vodi, t = toplo presovanje, h = hladno presovanje.

| Tip | Sastav[3]) | [1])[2]) Js kg/cm² | [1])[2]) Jsu kgcm/cm² | [1])[2]) Ž kgcm/cm² | [1])[2]) Ot ° | [1])[2]) Ož Step. kakvoće | [1])[2])[4]) Wp Uporedni br. | Obrada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $1_1$ | Fenolne smole sa anorganskom materijom kao punilom | 500 | 3,5 | 1,0 | 150 | 4 | 3 | t |
| $1_2$ | | 500 | 3,5 | 2,0 | | | | |
| M | | 700 | 15,0 | 15,0 | | | | |
| O | Feno'ne smole sa drvenim brašnom kao punilom | 600 | 5,0 | 1,5 | 100 | 2 | 3 | t |
| S | | 700 | 6,0 | 1,5 | 125 | 3 | | |
| $T_1$ | Fenolne smole sa tekstilnim vlaknima kao punilom | 600 | 6,0 | 6,0 | 125 | 2 | 3 | t |
| $T_2$ | | 600 | 12,0 | 12,0 | | | | |
| $T_3$[6]) | | 800 | 25,0 | — | | | | |
| $Z_1$ | Fenolne smole sa celulozom kao punilam | 600 | 5,0 | 3,5 | 125 | 3 | 3 | t |
| $Z_2$ | | 800 | 8,0 | 5,5 | | | | |
| $Z_3$[6]) | | 1200 | 15,0 | 10,0 | | | | |
| K | Karbamidne smole sa organskom materijom kao punilom | 600 | 5,0 | 1,2 | 100 | 3 | 4 | t |
| 6 | Prir. smole, prir. ili vešt. bitumeni sa anorgan. mater. kao punilom[5]) | 350 | 3,5 | — | 65 | 2 | 3 | t |
| 7 | | 250 | 1,5 | — | | 1 | | |
| 8 | Prir. ili veštački bitumeni sa anorganskim materijama kao punilom[5]) | 150 | 1,0 | — | 45 | 3 | 4 | t |
| A | Acetiluceluloza sa ili bez punila | 300 | 1,50 | — | 40 | 1 | 3 | t |
| 2 | Veštačke smole sa azbestom ili drugim anorganskim punilom | 350 | 2,0 | — | 150 | 4 | 3 | h |
| 3 | Veštačka smola sa azbestom ili drugim anorganskim punilom[5]) | 200 | 1,7 | — | 150 | 4 | 3 | h |
| 4 | Prir. ili veštački bitumen sa azbestom ili drugim anorgan. punilom[5]) | 150 | 1,2 | — | 150 | 4 | 3 | h |
| Y | Olovni borat sa liskunom | 1000 | 5,0 | — | 400 | 5 | 4 | t |
| X | Cement ili vodeno staklo sa azbestom ili drugim anorg. punilom | 150 | 1,5 | — | 250 | 5 | — | h |

[1]) Najniže vrednosti. — [2]) Prema »Vorschriften für Prüfung elektrischer Isolierstoffe« VDE (Sonderdruck VDE 0302). — [3]) Pod fenolnim smolama podrazumevaju se sve termostabilne veštačke smole na bazi fenola, tj. fenol, krezol itd. Pod karbamidnim smolama podrazumevaju se sve veštačke termostabilne smole dobivene na bazi karbamida, tio-karbamida i drugih derivata. Prema sadanjem stanju tehnike dobivaju se gornje vrednosti sa sledećim materijama za punjenje i strukturama: za tip $1_1$, sa zrnastim anor. materijama za punjenje (na pr. mlevenim kamenom), za tip $1_2$ sa vlaknastim anorganskim materijama za punjenje (na pr. azbestnim vlaknima, za tip M sa anogranskim predivima (na pr. azbestnim gajtanima), za tip $T_1$ sa kratkim tekstilnim vlaknima, za tip $T_2$ sa iseckanim tekstilnim tkaninama, za tip $T_3$ sa tekstilnim trakama, za tip $Z_1$ sa kratkovlaknastom celulozom (pahuljice, na pr., papirne pahuljice), za tip $Z_2$ sa komadićima celuloze (na pr. komadićima hartije), za tip $Z_3$ sa celuloznim trakama (na pr. trakama od hartije). — [4]) U elektrotehničkoj primeni, postavljaju se, za naročite svrhe, specijalni zahtevi. Oni se odnose na dielektrične gubitke, na unutrašnji i površinski otpor. — [5]) Sastav može da otstupa od gore navedenih običnih sastava. — [6]) $T_3$ i $Z_3$ smeju da se upotrebe samo za one delove kod kojih veza vlakana pri presovanju velikim delom ostaje u prvobitnom poretku, naročito kod plitkih presovanih delova.




Sl. 2 Sinteza polivinil jedinjenja

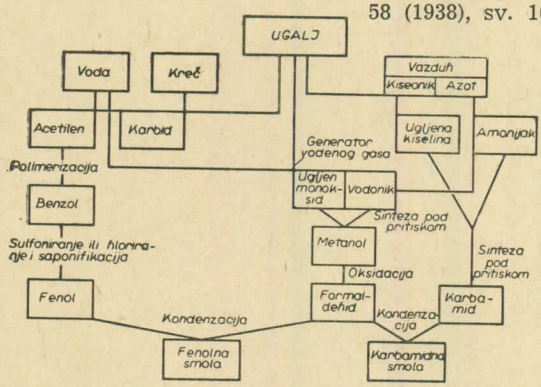



Sl. 1. Shema derivata celuloze

(Nastavak teksta sa str. 1142)

molekularnih materija: derivati celuloze (sl. 1), polivinilna jedinjenja (sl. 2), karbidne i fenolne smole (sl. 3).

**5. Svojstva.** Tablice 1 do 4. DIN 7701, Tabl. za tipiziranje, uputstvo za tvrdi papir i tvrdo tkivo, v. ETZ 58 (1938), sv. 16 str. 438.




Sl. 3.
Sinteza fenolnih i karbamidnih veštačkih smola

## B. Svojstva, trgovački oblici i primena veštačkih materija

### a) Veštačke materije iz termoplastičnih masa

I. Presovane materije od prirodne smole, katrana, kamenog uglja.

Trgovačke oznake: tip 4, 6, 7, 8. Od pre 40 godina poznate su toplim presovanjem dobivene presovane materije tipa 7 i 8 (tabl. 3 str. 1143); zbog njihove male mehaničke otpornosti i male postojanosti na toploti — nasuprot presovanim veštačkim materijama koje mogu otvrdnuti — izgubile su od značaja, ali se ipak upotrebljavaju za električne delove, na pr. stezaljke i table za brojila, zbog njihove naročito dobre otpornosti prema vlazi i dobrog izolirajućeg svojstva. Nešto bolje mehaničke vrednosti ima tip 6, izrađen na istoj osnovi ali sa primesom dugih azbestnih vlakana.

Hladno obrađeni i izvan kalupa na temperaturi od oko 250° C otvrdnuti materijal za presovanje tipa 4, usled ove toplotne obrade ima visoku otpornost na povišenoj temperaturi ali manju jačinu nego toplo presovani tip; upotrebljava se još samo zbog njegove niske cene u redim slučajevima u elektrotehnici. Svi tipovi su u glavnom crne boje.

## II. Veštačke materije iz reda celuloza

**1. Nitrocelulozne mase.** Trgovinski naziv: celuloid, trolit F. **Celuloid** je čvrsti rastvor nitroceluloze u kamforu ili materiji kojom se može zameniti kamfor. Kao najstarija veštačka materija ima veliku primenu u industriji igračaka, jer se lako prerađuje, deformacijom i rezanjem i ima dobra mehanička svojstva iako je nepostojan na toploti i lako zapaljiv. Uobičajeni trgovinski oblici: table u raznim veličinama, šipke i cevi u svim bojama, a takođe i providne. Karakteristične vrednosti date su u tabl. 5 i 6.

**Trolit F**, dodavanjem punila, na pr., gipsa, postiže se da celuloza postaje teško zapaljiva; isporučuje se u šipkama ili cevima dužine do 1 m za dalju preradu rezanjem. Obojenje: prevučen raznim bojama.

**Tablica 5. Karakteristične vrednosti Trolita F[1])**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Specifična težina [g/cm³] . . . | 1,8 | Otpornost prema žarenju . . | 2 |
| Jačina pri savijanju [kg/cm²] . | 500 | Površinski otpor prema VDE, uporedni broj . . . . . | 4—5 |
| Jačina pri savijanju udarom [kg cm/cm²] . . . . . | 6,0 | Upijanje vlage posle 24 časa, mereno na šipki | |
| Otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u [°] . | 40 | 15 × 10 × 120 mm³ . . . . | 0,05 |

[1]) Prema Pabst-u: Kunststoff-Taschenbuch, loc. cit.

**Primena:** za galanterisku robu, navlake za pisaljke, kocke za igru, korice za noževe i sl.

**Tablica 6[1])**
**Fizičke i mehaničke karakteristike astralona, celuloida i celona**

| | Astrolon | Celuloid | Celon |
|---|---|---|---|
| Specifična težina . . . . . [g/cm³] | ≈ 1,35 | 1,38 | 1,3 |
| Jačina pri zatezanju na 20° [2]) [kg/cm²] | 600 | ≈ 600—700 | ≈ 500 |
| Izduženje na 20° do . . . . . [%] | ≈ 40 | 30—50 | 25—40 |
| Broj savijanja, deblj. folije 0,5 mm . | „ 100 | 10 | 5 |
| Jačina pri savijanju[3]) . . [kg/cm²] | „ 1000 | 600 | 550 |
| Jačina pri savijanju udarom[3]) . . . . . [kgcm/cm²] | „ 400 | 100—200 | 100—200 |
| Jačina pri pritisku[4]) . . . [kg/cm²] | 780 (895) | 635 | 405 |
| Modul elastičnosti[5]) . . . [kg/cm²] | ≈ 30 000 | 17 700 | 9300 |
| Tvrdoća po Brinell-u posle 10 s . . . . . [kg/cm²] | 1050 | 650—750 | 500—600 |
| posle 60 s . . . . . [kg/cm²] | 1000 | 600—700 | 450—500 |
| Otpornost na povišenoj temperaturi po Vicat-u . . . [°] | 75—(71) | 70 (71) | 65 |
| Otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u . . . [°] | 58 | 58 | 45 |
| Koef. linearnog toplotnog širenja . . . | $10^{-6} \times 78$ | $10^{-6} \times 101$ | $10^{-6} \times 11$ 1 |
| Toplotna provodljivost . . [kcal/m h°] | 0,18 | 0,10 | 0,19—0,21 |
| [cal/cm s°] | $10^{-5} \times 39$ | $10^{-5} \times 30$—50 | $10^{-5} \times 50$—60 |
| Otpornost prema žarenju (prema VDE) | 2 | 0 | 1 |
| Upijanje vode na 100 cm² gornje površine posle 24 časa . . . . . [mg] | 13 | 35 | 90 |

[1]) Prema podacima »Dynamit Nobel AG« Troisdorf. — [2]) Mereno na ravnim probnim štapovima debljine 5 mm. — [3]) Probni štap 10 × 15 × × 120 mm³. — [4]) Kocke sa ivicama 10 mm. — [5]) Određeno probom savijanja.

**2. Veštačke materije od acetilne celuloze.** Trgovinski naziv: celon, ekarit, trolit W, triacetat (triofan, geofan). Acetil celuloza je, nasuprot nitrocelulozi, teško sagorljiva, zbog toga je u mnogim oblastima potisnula nitrocelulozne mase i ako je manje otporna prema vlazi. Celon i ekarit su omekšači hidroacetilne celuloze; oni po načinu proizvodnje i prerade odgovaraju celuloidu; u prometu se nalaze u tablama, šipkama i cevima raznih veličina. Proizvodi su skoro providni kao staklo, prozračni i prevučeni.

Primena: za prozorska okna, za zaštitne naočare, ploče za kartografiju i za crtački pribor.

Podaci koji karakterišu v. tabl. 6 i 7.

**Trolit W (tip A)** je hidroacetylceluloza koja sadrži sredstva za omekšanje; u prometu se nalazi u vidu praha za dalju preradu po postupku brizganja. Podaci koji ga karakterišu v. pod tip A u tabl. 7. Trolit W ima, kao celon, veliku jačinu pri savijanju udarom; štetna svojstva jesu mala postojanost na toploti i sklonost nabiranju na višim temperaturama usled isparavanja sredstva za omekšavanje.

Primena: kao sirovina i izolacioni materijal u elektrotehnici, na pr., za sita na telefonima, za pokrivače prstenova, za kalemove na telefonskim aparatima, drške za naočare itd.

**Triacetat** je potpuno acetilirana celuloza sa povećanom otpornošću prema dejstvu vlage. Proizvodi se u tankim listovima — folije debljine od 0.008 do 0.12 mm. Jačina pri zatezanju iznosi oko 10 kg/mm²; izduženje 8 do 10%.

Acetolceluloze su isto tako nepostojane prema kiselinama i alkalijama (saponifikuju se) kao i nitroceluloze, no postojane su prema benzinu i mineralnim uljima.

**3. Veštačke materije od benzil-celuloze.** Trgovinski naziv: trolit BC. Benzil-celuloza može se, nasuprot napred navedenim derivatima celuloze, prerađivati također bez sredstava za umekšavanje u vidu mase po postupku brizganja i presovanja; ima, dakle, relativno dobru postojanost oblika i ne nabira se. Postojana je prema kiselinama i prema alkalijama. Ostale karakteristične vrednosti date su u tabl. 7.

**Tablica 7[1]). Karakteristične vrednosti za trolit W i BC**

| Tip, trgovinski naziv | Acetil-cel. A Trolit W | Benzil cel. Trolit BC | Tip, trgovinski naziv | Acetil-cel. A Trolit W | Benzil cel. Trolit BC |
|---|---|---|---|---|---|
| Spec. težina [g/cm³] | 1,35—1,40 | 1,22 | Otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u [°] | 40*) | 55 |
| Jačina pri savijanju [kg/cm²] | 300*) | 700 | Postojanost na toploti prema Vicat-u [°] | 55 | 83 |
| Jačina pri savijanju udarom [kgcm/cm²] | 15*) | 75 | Otpornost prema žarenju | 1*) | 1 |
| Žilavost na zarez [kgcm/cm²] | 20 | — | | | |

*) Najmanje vrednosti za tip A.

[1]) Prema Pabst-u: Kunststoff-Taschenbuch, loc. cit.

Upotrebljava se umesto trolita W, ali još uvek u ograničenoj količini zbog skupe proizvodnje.

**4. Veštačke materije od hidro-celuloze. Vulkan-fiber:** nemački trgovinski naziv: dynos, kožni kamen. Vulkan-fiber se dobiva potapanjem celuloze u rastvor cinka hlorida ili u sumpornu kiselinu; proizvodi se u pločama, šipkama ili cevima različitih veličina ili u koturima do debljine oko 0,6 mm. Razni oblici mogu se dobiti poglavito obradom rezanjem. Normalna obojenja su: siva, crna, crvena i čisto bela. Vulkan-fiber, po sebi tvrd i žilav, proizvodi se za osobene svrhe u obliku mekih ploča, sa sličnim svojstvima kao kože; u ograničenoj količini upija vlagu, a da pri tome vidno ne smanjuje jačinu. Dodavanjem veštačkih materija vulkan-fiber postaje otporniji prema uticaju vode. Vulkan-fiber je postojan prema ulju, benzinu, benzolu i drugim organskim sredstvima za rastvaranje.

**Tablica 8. Karakteristične vrednosti za vulkan-fiber[1])**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Specifična težina [g/cm³] | 1,1—1,45 | Jačina pri pritisku . . . [kg/cm²] | oko 3 000 |
| Jačina pri zateganju . . . [kg/cm²] | 500—1200 | Modul elastičnosti [kg/cm²] | 50 000 |
| Jačina pri savijanju . . [kg/cm²] | 800—1300 | Otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u [°] | 70—90 |
| Jačina pri savijanju udarom . . [kgcm/cm²] | 120—190 | | |

Upotrebljava se za razne svrhe u industriji: na pr., pločice za ¹-očnice, koture i prstenaste zaptivače za vodu i sabijene gasove, za karike klipova, za ležišta, za točkiće, manžetne, zupčanike, prstenove za kočnice, čaure za grebena, prstenove za predenje, kosture za kalemove, za izolacione predmete u elektrotehničkoj industriji itd.

## III. Veštačke materije od visoko polimerizovanih jedinjenja vinila

**1. Polistirol,** trgovinski naziv: trolitul, stirofleks. Trolitul je čist ugljovodonik bez dodatka sredstva za omekšavanje; prerađuje se brizganjem na t. zv. mašini za livenje brizganjem. Ova veštačka materija je providna skoro kao staklo i ima vrlo dobra dielektrična svojstva. Štetno svojstvo je mala otpornost na povišenoj temperaturi, koje se može povećati za oko 20° dodavanjem kvarcnog praha (trolitul Si). Izvlačenjem i valjanjem dobivaju se, od nepunjenog trolitula, tanki listovi i vlakna visoke elastičnosti (stirofleks). U hemiskom pogledu polistirol je potpuno postojan prema alkalijama i kiselinama, alkoholu i vodi, ali je nepostojan prema etru, benzinu, benzolu, hlornim ugljovodonicima, estrima, ketonima i terpentinu. Ostale karakt. vrednosti v. u tabl. 9.

Primena: kao izolaciona materija u tehnici slabe struje, za ukrasne predmete.

---

[1]) Po Pabst-u: Kunststoff-Taschenbuch, loc cit.

Tablica 9. Karakteristične vrednosti za trolitul[1])

| | Trolitul čist | Trolitul Si | | Trolitul čist | Trolitul Si |
|---|---|---|---|---|---|
| Spec. tež [g/cm³] | 1,05 | 1,2—1,65 | Koef. linearnog toplotnog širenja | $102 \cdot 10^{-6}$ | |
| Jačina pri savijanju [kg/cm²] | 1100 | 950—700 | | | |
| Jačina pri savijanju udarom [kgcm/cm²] | 20 | 10—5 | Unutar. otpor [MΩ] | >3 · 10⁶ | >3 · 10⁶ |
| Jačina pri pritisku [kg/cm²] | 950 | | Površinski otpor [MΩ] | >3 · 10⁶ | >3 · 10⁶ |
| Jačina pri zatezanju [kg/cm²] | 400 | | Dielektrična konst. | 2,3 | 3,25—3,4 |
| Otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u [°] | 65 | 74—85 | Faktor gubitaka $tg\,\delta$ (pri 1 milion Hz.) | $0,2 \cdot 10^{-3}$ | $0,8\text{-}1,4 \cdot 10^{-3}$ |
| Tvrdoća VDE [kg/cm²] | 1100 | | Otpornost prema probijanju [KV/mm] | 50 | |
| Toplotna provodljivost [cal/cm s°] | $38 \cdot 10^{-5}$ | | | | |

**2. Akrilske veštačke materije.** Trgovinski naziv: pleksiglas, pleksigum. Pleksiglas, proizvodi se u pločama i nalazi primenu kao providno sigurnosno staklo. Pleksigum izrađuje se u mekom i polutvrdom stanju sa različitim svojstvima. Pleksigum M, se upotrebljava za proizvodnju čvrstih predmeta presovanjem ili brizganjem, dobiveni predmeti su providni kao staklo i postojanog oblika. Nasuprot trolitulu pleksiguma nije tako apsolutno otporna prema vodi, kiselinama ili alkalijama, pa ipak se od njene čvrste mase — kao i od pleksiguma M — mogu izraditi kutije za akumulatore. Karakteristične vrednosti v. tabl. 10.

**3. Vestačke materije od polivinil-hlorida.** Trgovinski naziv: igelit PCU, igelit MP, mipolam, vinifol, astralon. Čist polivinil-hlorid, kao masa je pogodna za presovanje; dolazi u promet kao žuto obojena masa, pod nazivom igelit PCU (mipolam, odnosno mipolam tipa PCU). On se odlikuje velikom mehaničkom jačinom i postojanošću prema kiselinama, alkalijama, ulju i vodi.

Upotrebljava se u obliku cevi radi uštede olovnih (v. str. 1063) i keramičkih cevi za hemisku industriju i tvrde gume za izradu sudova za akumulatore. Dodavanjem sredstva za umekšavanje dobivaju se žitke mase, za preradu brizganjem. Ove se mase upotrebljavaju umesto meke gume za izradu električnih provodnika koji su otporni prema ulju i ozonu. Hlorirani polivinil-hlorid, zbog njegove rastvorljivosti, može se prerađivati u vlakna (trgovinski naziv: vinofleks) i u folije (trgovinski naziv: vinofol).

Igelit MP (odnosno, mipolam tipa MP) je izmešani polimerizat vinilhlorida sa estrom akrilne kiseline, pogodan za preradu presovanjem, providan skoro kao staklo i sa visokim mehaničkim svojstvima, ali ipak sa nešto slabijom postojanošću prema hemikalijama i prema toploti nego igelit PCU.

[1]) Po Pabst-u: Kunststoff-Taschenbuch, loc cit.

Igelit MP se upotrebljava takođe sa dodatkom sredstva za omekšavanje, za omotače provodnih žica zbog postojanosti prema dejstvu ulja i ozona. U obliku kao staklo providnih ploča je MP u trgovini pod nazivom astralon; često zamenjuje celon.

Karakteristične vrednosti za astralon, igelit MP, igelit PCU v. tabl. 6 i 10.

**4. Materije od polivinilkarbacola.** Trgovinski naziv: luvikan M 150, luvikan M 125, i luvikan 100. Luvikan, dobiven brizganjem na temperaturi, okruglo 250°, ima veliku otpornost na povišenoj temperaturi. Oznake — 150, 125 i 100° zavise od odnosnih vrednosti za otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u. Pri besprekornoj preradi dobiva luvikan 150 vlaknastu strukturu koja je slična azbestu. Zbog njegove lake sagorljivosti, kao štetnog svojstva, nije podesan kao izolacioni materijal u tehnici jake struje i ako ima veliku otpornost na povišenoj temperaturi i veliku električnu neprobojnost. Danas je njegova upotreba vrlo ograničena. Karakteristične vrednosti v. tabl. 10.[1])

**Tablica 10**

Js = jačina pri savijanju, Jsu = jačina pri savijanju udarom, Wp = površinska otpornost pri kvašenju vodom posle 24 časa, Ož = otpornost prema žarenju, Ot = otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u i Vicat-u

| Naziv | Sastav | Js kg/cm² | Jsu kgcm/cm² | Wp MΩ | Ož stepen valjan. | Ot ° Ma | Ot ° Vi | Spec. težina kg/dm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trolitul | Polistrol Ester | 600 | 15 | >10⁶ | 1 | 65 | 90 | 1,05 |
| Pleksigum M | Ester polimetakrilne kiseline | 1100 | ≈ 30 | >10⁶ | 1 | 65 | 90 | 1,18 |
| Igelit PCU | Polivinil-hlorid nehlorirani | 1000 | > 80 | >10⁶ | 2 | 65 | 90 | 1,35 |
| Igelit MP | Smešani polimerizat vinil-hlorida i metil-estar akrilne kiseline | 1000 | >100 | >10⁶ | 2 | 65 | 80 | 1,35 |
| Luvikan 150 | Polivinil-karbacol | 1000 | 12 | >10⁶ | 2 | 150 | >160 | 1,19 |

## b) Veštačke materije iz termostabilnih masa

**1. Veštačke materije od belančevine.** Trgovinski naziv: veštačka rožina, galalit, hornit i sirolit. Kazein iz obezmašćenog mleka očvršćava se formaldehidom i daje veštačku rožinu, koja ima — mada u maloj meri — svojstva očvršnute veštačke smole. Dobivena rožina omekšava veoma malo na toploti i postojana je prema organskim sredstvima za rastvarnje. Štetna svojstva su: lako upijanje vode i lako bubrenje. Veštačka rožina dolazi u pro-

[1]) U tablici date visoke mehaničke vrednosti dobivaju se samo pri povoljnim uslovima rada; danas treba računati još sa većim otstupanjima. Žilavost na zarez je kod svih navedenih materija < 5 kgcm/cm².

met u otvorenim i sjajnim bojama, u obliku ploča, štapova i cevi, a prerađuje se rezanjem.

Primena: za galanterisku robu, dugmeta, šolje itd.; njena je upotreba smanjena uvođenjem polopaza.

**Tablica 11. Karakteristične[1]) vrednosti za veštačke materije od belančevine**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Specifična težina [g/cm³] | 1,3—1,4 | Jačina pri pritisku [kg/cm²] | 700—1200 |
| Jačina pri savijanju [kg/cm²] | 1000—1800 | Otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u (VDE) [°] | 60—65 |
| Jačina pri savijanju udarom [kgcm/cm²] | 20—40 | Otpor. pr. žarenju (VDE) | 2 |

**2. Veštačke materije od karbamid - formaldehid - masa za presovanje.** Trgovinski naziv: polopaz, tip K, rezopal ploče. Karbamid - formaldehid - veštačke smolne mase su pogodne, slično veštačkoj rožini, za izradu predmeta bele i svetlih boja koje su postojane, jer smola i celuloza u njoj, koja je nosač smole, starenjem ne menja boju. Pri besprekornom presovanju mase, koja se u trgovini nalazi u vidu praha, dobivaju se delovi koji imaju dobru otpornost prema vlazi i mehaničku jačinu, mada i danas postoje teškoće pri preradi, naročito u komade sa debelim zidovima. U trgovini se nalaze i proizvodi u obliku štapova i cevi, raznih dimenzija, koji se izrađuju po popstupku istiskivanjem pod pritiskom. Dalja prerada ovih proizvoda vrši se rezanjem. Kako se karbamid - formaldehid - smole raspadaju već na temperaturi ispod 100°, to se delovi izrađeni od tipa K i od rezopal-ploča mogu upotrebljavati samo do pogonskih temperatura ~ 60° (v. i dijagrame na sl. 5 i 7).

Karakteristične brojne vrednosti za polopaz-smese prerađene presovanjem v. pod tip K, tabl. 1 str. 1141.

Primena tipa K: kao izolacioni materijal i kao svetlo obojena materija za oblaganje u elektrotehnici, za kućne predmete, posuđe, šolje, kutije. U trgovini se karbamid-formaldehid-masa nalazi u vidu ploča a pod nazivom: resopal-ploče, kao laminirani proizvod sa slojevima od hartije.

Mnogostruko se primenjuje kao materijal za oblaganje zidova i plafona, za prozračna svetila i gravirane tablice. Za tablice koje su postojane prema atmosferilijama upotrebljavaju se t. zv. dvoslojne i troslojne ploče različito obojene, a otkrivaju se graviranjem do nejednakih dubina.

Normalne ploče: dimenzije 900 × 700 i 1550 × 1000 mm². Kod prozračnih ploča najmanja debljina je 0,3 mm, a kod neprovidnih debljina je 0,5 mm. Višeslojne ploče izrađuju se samo u debljini preko 1 mm[2]).

Polopaz i rezopal su nepostojani prema kiselinama i alkalijama, a postojani prema organskim sredstvima za rastvaranje, mineralnim uljima, mastima i ulju.

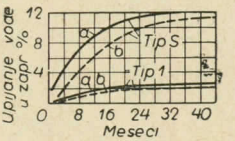
**3. Teštačke materije od analin - formaldehid - veštačke smole.** Trgovinski naziv: cibanit, iganil smola. Smese veštačkih termostabilnih smola, na bazi anilin - formaldehid - veštačka smola, nisu mogle prodreti jer su mehanički manje čvrste od masa fenolnih - smola, pa se i s obzirom na tehniku presovanja mogu teško prerađivati. Nepunjene termoplastične smole, sa relativno

[1]) Pabst: Kunststoff-Taschenbuch, loc cit.
[2]) Vidi »Handbuch« firme Römmler A G., Spremberg.

dobrim mehaničkim svojstvima, su cibanit i iganil, u trgovini se nalaze kao smole koje se mogu prerađivati presovanjem a u obliku ploča, šipki i cevi. Boje su providno mrke.

Primenjuju se danas samo u ograničenim količinama u elektrotehnici kao izolacioni materijal.

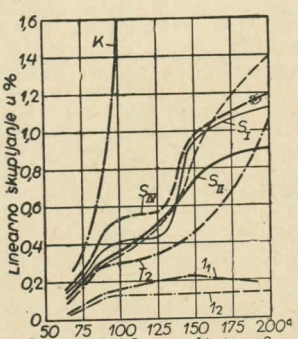
**4. Veštačke materije od fenol-formaldehid-masa.** a) Neslojevite fenol-veštačke smole za presovanje. Trgovinski naziv: tip $1_1$, $1_2$, 2, 3, 0, S, $Z_1$, $Z_2$, $Z_3$, $T_1$, $T_2$, $T_3$, M i smola za presovanje. Veštačke smole, na bazi fenola, tipizirane su prema čistoj smoli za presovanje i mnogo se razlikuju po svojim svojstvima, v. tabl. 1, str. 1141. Od bitnog su uticaja vrsta, sastav i količina punila ili vlaknastih materija; i smola, krezol ili fenolna smola, novolak, ili rezol, nisu samo važne zbog brzine stvrdnjavanja pri obradi presovane mase deformacijom, već i zbog električnih i hemiskih svojstava gotovog proizvoda.




Sl. 4

Upijanje vode veštačkih materija za presovanje sa organskim i neorganskim osnovnim materijama, mereno na probnim štapovima 120 × 15 × 15 mm³

Kod materija za punilo, odnosno vlaknastih materija, treba razlikovati organske i neorganske materije, materije u prahu, u vidu vlakana ili prediva.

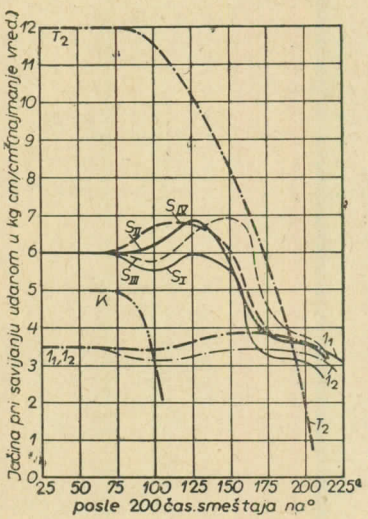



Sl. 5

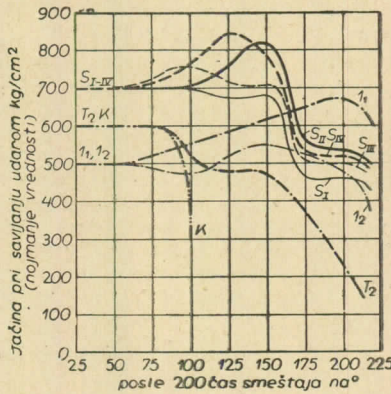
Skupljanje posle toplog smeštaja

Kad se upotrebe organski nosači smole dobivaju se mase koje se naročito dobro uobličavaju pri presovanju, ali se, s druge strane mora imati u vidu povećana moć apsorpcije vode, umanjena otpornost na povišenoj temperaturi i umanjena otpornost prema žarenju. Međutim, pri upotrebi neorganskih nosača smole, manja je moć uobličavanja, ali je zato moć za apsorpciju vode, postojanost na toplotu i otpornost prema žarenju veća. Presovane mase, punjene neorganskim materijama upijaju vodu do zasićenja okruglo 1,5 zapr. %, a organske okruglo 12 zapr. % (sl. 4); linearno širenje u prvom slučaju je 0,1%, u drugom okruglo 1%. Mehanička jačina masa, koje su punjene organskim materijama, se smanjuje, kada upiju vode u iznosu od 10 zapr. %; na pr., kod tipa S, na okruglo 50% od prvobitne vrednosti. Kako je brzina upijanja vlage vrlo mala — čak i onda kada su veštačke smole sa organskim punilima — i ne može se uporediti sa velikom moći upijanja vlage kod drveta, to se predmeti napravljeni od ovih materija praktično mogu smatrati da ne upijaju vlagu, kad su izloženi njenom kratkotrajnom dejstvu i pokazali su se dobrim u mnogim takvim slučajevima. Kako upijanje vlage zavisi od količine dodatih organskih vlaknastih materija,

odnosno količine smole, to treba — kad su u pitanju predmeti koji će biti izloženi dejstvu vlage — od smesa koje se nalaze u trgovini, više upotrebljivati smesu tipa S sa 50% sadržaja smole nego onu sa 40%. Pri trajnom dejstvu vlage, u vlažnom vazduhu, pod zemljom ili u vodi, kada se uslovljava velika postojanost i sigurnost prema stvaranju naprslina, korisno je upotrebiti tipove $1_1$, $1_2$, i M sa neorganskim punilima.




Sl. 7
Jačina pri savijanju udarom posle toplog smeštaja




Sl. 6
Jačina pri savijanju posle toplog smeštaja

Otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u, otpornost prema žarenju i toplotna provodljivost kod tipova sa neorganskim punilima su veće nego kod tipova sa organskim punilima. Temperature do kojih se pojedine veštačke smolne materije mogu trajno izložiti, a da se pri tome bitno ne promene njihova svojstva, određena na sobnoj temperaturi, iznose za tip $1_1$, $1_2$, M, 2 i 3 i presovanu smolu 150°, za tip 0, S, $Z_1$ $Z_2$ i $Z_3$, 105° a za $T_1$, $T_2$, i $T_3$ 95° (sl 5 i 6), v. i Nitsche i Salewski, Z V D I, Beiheft: Kunst- und Presstoffe (1937) 29.

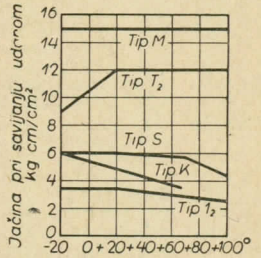
Promene jačine pri savijanju udarom izmerene pri višim i nižim temperaturama v. sl. 8.

Toplotna provodljivost materija sa neorganskim punilima je oko tri puta veća od one sa organskim punilima; međutim, u odnosu na toplotnu provodljivost metala ona je za $1^1/_2 \cdot 10^n$ manja. Stoga su smolne veštačke materije pogodne za izradu upravljača i drški za krmila, a manje pogodne za ležišta brzohodnih mašina sa velikim pritiskom. Kod malih naprezanja i dovoljnim hlađenjem pokazale su se veštačke smolne materije, kao ležišni materijal koji se manje haba od metala kao dobre; na pr., za ležišta mašina za valjanje, poljoprivrednih mašina, vodenih turbina, crpki za vodu, za mašine u industriji cementa i u livnicama[1]).

[1]) Vidi i »Handbuch« firme Rõmmler AG., Spremberg. — DIN VORNORM 7703 Lager aus Kunstharz-Presstoff.

U hemiskom pogledu su presovane veštačke materije nepostojanje prema lužinama, osim amonijaka, ali zato su nešto postojanije prema slabim kiselinama; u oba slučaja postojaniji su tipovi $1_1$, $1_2$, 2, 3 i M, koji su punjeni neorganskim materijama nego oni sa organskim. Međutim, u organskim rastvaračima i u ulju sve su presovane veštačke smolne materije potpuno postojane.

Takozvane mase za brzo presovanje, koje sadrže novolaksmolu sa heksametilentetraminom, kao sredstvom za ubrzavanje, ispuštaju amonijak kada su u prerađenom stanju; ovaj nagriza bakar, bakarne legure i lake metale. Tamo gde postoji mogućnost nagrizanja treba, dakle, upotrebljavati smole veštačkih materija, koje su takođe u trgovini, a siromašne su amonijakom, odnosno smole veštačkih materija bez amonijaka, kod kojih se kao sredstvo za ubrzavanje upotrebljava rezolna smola.




Sl. 8

Jačina pri savijanju udarom na raznim temperaturama (pri dvočasovnom smeštaju)

Za kućne predmete i za posuđe, u kojima treba čuvati namirnice, upotrebljavaju se presovane materije koje nemaju ili ne sadrže slobodan fenol ili krezol, što praktično znači da bi trebalo da budu bez mirisa. Ove uslove zadovoljavaju normalne smese za brzo presovanje, dok krezolne smese sadrže još male količine slobodnog orto- i para-krezola. Međutim, sa elektrotehničkog gledišta su smole krezol-rezol bolje od fenol-rezol smola, tako da se smese krezolne-smole poglavito upotrebljavaju za izradu električnih delova visokog kvaliteta.

Sastav osnovne materije — nosača smole — utiče na mehanička svojstva fenolnih smola, i to naročito na žilavost na zarez. Najmanju žilavost imaju materije sa punilima u prahu (tip $1_1$), a najveću presovane materije sa punilima u vidu prediva (tip $T_2$ i M). Delovi visoke otpornosti prema udaru dobivaju se samo od smesa žilavih na zarez. Iz čiste smole za presovanje, i pored velike jačine pri savijanju udarom od 20 kgcm/cm², dobivaju se delovi koji su manje otporni prema udaru jer njihova žilavost na zarez iznosi 1 kgcm/cm² [1]).

U tablici za tipizaciju (novemb. 1937), u kojoj je dato nekoliko novih tipova $1_1$, $Z_1$, $Z_2$, $Z_3$, $T_1$, $T_2$, $T_3$, nalaze se i brojni podaci za žilavost na zarez.

**Primena: tip S**, za oko 90% od svih presovanjem izrađenih predmeta od veštačkih smola za izolacioni materijal ili kao sirovina u elektrotehnici jake i slabe struje, za izradu aparata, u tekstilnoj industriji, za delove kancelariskog pribora, za automobilske uređaje i sl.; po postupku istiskivanjem pod pritiskom, — za duge šipke za zavese, za cevi za postavljanje belih provodnika u instalaterskoj tehnici.

**Tip S***, naročita materija za električne visoko kvalitetne izolacije; proizvodi se i sa malim sadržajem amonijaka.

**Tip O**, sadrži malo amonijaka, upotrebljava se za izradu visokokvalitetnih predmeta u elektrotehnici, koji imaju delove osetljive prema koroziji.

---

[1]) Nitsche-Zebrowski: Entwicklung neuer Prüfverfahren zur Beurteilung der Sprödigkeit formfester Kunststoffe, Kunstharz u. a., Plastische Massen (1938), sv. 2 i 3.

**Tip $Z_1$ i $Z_2$**, upotrebljavaju se kao tip S, ali za delove koji su izloženi jakom mehaničkom naprezanju.

**Tip $Z_3$**, upotrebljava se za izradu delova koji su izloženi jakom mehaničkom naprezanju ali zbog laminarne strukture prvenstveno samo za delove jednostavnog oblika.

**Tip $T_1$ i $T_2$**, upotrebljava se za delove koji treba da budu vanredno otporni prema udaru, na pr., za menjačke table na automobilima, za zaštitne šlemove radnika, kao zamena za kutije od livenog gvožđa, za automobilske pokazivače smera, za kalemove predionica, za kundake, ležišne košuljice.

**Tip $T_3$**, upotrebljava se za delove najveće mehaničke otpornosti kao zamena metalima. Zbog laminarne strukture on se može uobličavati samo u ograničenoj meri kao i $Z_3$. Međutim, ako se slojevi prethodno celishodno nameste, mogu se presovati i delovi složenijeg oblika na pr., lonci za prediva, velike poluge za krmila, delovi mašina, ležišta za teške mašine za valjanje.

**Tip $1_1$**, upotrebljava se za delove koji služe kao izolacija toploti i vlagi, zbog manje žilavosti na zarez pogodan je samo za delove sa debelim zidovima.

**Tip $1_2$**, upotrebljava se kao $1_1$, ali zbog veće žilavosti na zarez i za delove sa tanjim zidovima (sijalična grla, pločice za prekidače, naglavci za kablove).

**Tip M**, upotrebljava se kao $1_1$ i $1_2$ ali za delove koji su jako mehanički napregnuti, na pr., izolacioni delovi za lađe i rudnike.

**Tip 2 i 3**, zbog male mehaničke jačine, upotrebljavaju se samo za delove sa debelim zidovima, naročito za izolacione delove u elektrotehnici, gde se ne traži naročita postojanost dimenzija i površina. Primena im je mnogo opala zbog sve veće upotrebe tipa $1_1$ i $1_2$.

**Presovana smola** (providna i prozračna); **zbog velike otpornosti** prema vlazi, upotrebljava se za posude, na pr., za posluživnike, čaše za piće i za vaze, šolje, zatim u elektrotehnici umesto ćilibara.

**Tablica 12. Fizičke karakteristike presovanih smola**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Specifična težina [g/cm³] | 1,25 | Otpornost prema žarenju | 4 |
| Jačina pri savijanju [kg/cm²] | 500 | Koeficijent linearnog širenja | $90\times10^{-6}$ |
| Jačina pri savijanju udarom [kgcm/cm²] | 6,0 | Površinska otpornost posle 24 č. ležanja u vodi (uporedni broj) | 5 |
| Otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u [°] | 125 | | |

**5. Plemenite veštačke smole.** Trgovinski naziv: dekorit, leukorit, pantolit, alberit, trolon. Livenjem dobivene, t. zv. plemenite veštačke smole nalaze se u trgovini u obliku blokova, ploča, šipki i cevi u raznim bojama, poglavito u bojama ćilibara i slonove kosti, za obradu rezanjem. Kako boja fenolnih smola, usled dejstva svetla i toplote, vremenom postaje tamnija, to su fenolne smole, svetlih boja, vremenom nepostojane, osim toga se pri starenju mogu pojaviti naprsline, usled skupljanja.

**Primena:** kao zamena slonovoj kosti i ćilibaru za izradu galanteriske robe.

**Tablica 13. Fizičke karakteristike plemenitih veštačkih smola**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Specifična težina [g/cm³] | oko 1,35 | Koeficijent linearnog toplotnog širenja | $96\times10^{-6}$ |
| Jačina pri savijanju [kg/cm²] | 500—1200 | Otpornost na povišenoj temperaturi po Martens-u [°] | 55 |
| Jačina pri savijanju udarom [kg/cm²] | 12×30 | Otpornost prema žarenju | 3 |
| Jačina pri zatezanju [kg/cm²] | 600 | Površinska otpornost posle 24 časa ležanja u vodi (uporedni broj) | 2 |
| Jačina pri pritisku [kg/cm²] | 1300 | | |

**6. Laminirane veštačke fenolne smole:** tvrdi papir i čvrsta tkanina. Trgovinski naziv za tvrdi papir: carta, hares, pertinaks, prescel, trolitaks, vanerit, repelit, hohvot, saraks, neolit, nihaks. Trgovinski naziv za čvrstu tkaninu: canvas, cambrie, durkotos, hareks, jareks, novotekst, trolitaks, turbonit, linaks, turbaks, nihateks. Tvrdi papir i čvrsta tkanina prodaju se u trgovini u obliku ploča, cevi, šipki; zbog njihovih visokih mehaničkih svojstava i dielektrične otpornosti oni su pogodni za izolacione svrhe, i kao materijal za izradu mehanički i električki jako napregnutih delova, na pr., u elektrotehnici za delove ekspanzionih razvodnika.

Dalja primena: za oblaganje zidova, za zupčanike, ležišne košuljice (DIN VORNORM 7703), delove prenosnika. Karakteristične brojne vrednosti za ploče, šipke i cevi, koje se nalaze u trgovini v. tabl. 2, str. 1142 (za vreme slaganja ovog poglavlja otštampana je dopuna DIN 7701; u njoj su izmenjene oznake itd. za čvrste tkanine (v. str. 1142).

Veštačko tvrdo drvo. Trgovinski naziv: lignofol. Izrađuje se iz osušenih listova furnira od domaćeg drveta, koji se natapaju termostabilnom fenol smolom. Naslagani listovi presuju se uz dejstvo toplote u ploče, koje u trgovinu dolaze pod nazivom lignofol. Trgovinske dimenzije: 580 × 1100 mm², debljine: 4 do 200 mm. Mehaničke jačine tvrdog drveta, kao što pokazuje tabl. 14, su znatno veće nego one tvrdog papira i čvrste tkanine. Kako veštačko tvrdo drvo upija vlagu srazmerno mnogo, to se ne može upotrebljavati kao izolacioni materijal.

Primena: kao građa za delove kod kojih je potrebna najveća mehanička jačina, na pr., za branike na razboju, udarne letve, grede za muljače i bezšumne zupčanike.

**Tablica 14. Fizičke karakteristike veštačkog tvrdog drveta**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Specifična težina [g/cm³] | 1,36 | Jačina pri pritisku [kg/cm²] | 1200 |
| Jačina pri savijanju [kg/cm²] | 3000 | Cepljivost [kg] | 70—80 |
| Jačina pri savijanju udarom [kgcm/cm²] | 90 | Upijanje vode mereno na šipki 10 × 15 × 120 mm³ posle 4 dana [%] | 4—8 |
| Jačina pri zatezanju [kg/cm²] | 2000 | | |

**7. Veštačke materije od ftalna kiselina - glicerin - veštačke smole.** Trgovinski naziv: gliptal, i alkidal smola. Ftalna kiselina – glicerin - veštačka smola sporo se stvrdnjava, tek na temperaturi iznad 200°. Zbog toga nije pogodna za proizvodnju smesa za presovanje, ali sa zato upotrebljava u velikim količinama u proizvodnji lakova. Zbog dobrog vezivanja sa liskunom, gliptal se upotrebljava umesto šelaka za proizvodnju mikanita.

[1]) Prema podacima firme Dynamit Nobel A. G., Troisdorf.

# XI. Voda[1)2)]

Obradili prof. Dr. H. Klut i Dr. E. Naumann, Berlin-Dahlem.

## a) Hemiska i fizička svojstva vode

Čista voda je bez boje, u sloju ≈ 5 m debljine je plava kao nebo; sastavljena je od 88,91 tež. delova kiseonika i 11,19 tež. delova vodonika. Pod normalnim atmosferskim pritiskom — živin stub 760 mm — tačka ključanja vode je na + 100°, a tačka mržnjenja je 0°. Specifična težina leda je na 0° = 0,9167 kg/dm³, vode na 0° = 0,99987 kg/dm³, na + 4° = = 1 kg/dm³, na 15° = 0,99913 kg/dm³. Tablice spec. težina i spec. zapremina vode date su na str. 617. Pritisak zasićene vodene pare na 0° = 4,58 mm, a na 18° = 15,48 mm. 1 l zasićene pare teži 0,598 g na 100° i 760 mm Hg. Kritična temperatura vode je na + 374°, a kritičan pritisak na 217,7 Atm. Brzina zvuka u vodi na 8° = 1435 m/s. Specifične toplote vode v. tabl. str. 617. O građi molekula vode v. Z. f. ang. Chemie 49 (1936) str. 279.

---

[1)] **Literatura:** — H. Bach: Die Abwasserreinigung, München u. Berlin 1927, Oldenbourg. — H. u B. Berger: Biologie der Trink- und Brauchwasseranlagen, Jena 1928, Fischer. — Bieske; Rohrbrunnen, 2 izd. München u. Berlin 1938, Oldenbourg. — Blacher: Das Wasser in der Damf- und Wärmetechnik, Leipzig 1925, Spamer. — Böhm: Gewerbliche Abwässer, Berlin 1928, Elsner. — Brix, Heyd, Gerisch; Die Wasserversorgung, München u. Berlin 1936, Oldenbourg. — E. Gross: Handbuch der Wasserversorgung, 2 izd., München u. Berlin 1930, Oldenbourg. — Grundzüge der Trinkwasserhygiene, hrsg. v. d. Preuss. Landesanstalt f. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene in Berlin-Dahlem. 2 izd., Berlin 1938, Laubsch u. Everth. — Holluta: Die Chemie und chemische Technologie des Wassers, Stuttgart 1937, Enke. — Imhoff: Taschenbuch der Stadtentwässerung, 7. izd. München u. Berlin 1936, Oldenbourg. — Keilhack: Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde, 3 izd., Berlin 1935, Borntraeger. — Kionka: Untersuchung und Wertbestimmung von Mineralwässern und Mineralquellen izd. Abderhalden: Hand. d. biolog. Arbeitsmethoden, Berlin, 1928, Urban u. Schwarzenberg. — H. Klut: Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle, 7 izd., Berlin 1938, Springer. — Koehne: Grundwasserkunde, Stuttgart 1928, Schweizerbart. — Landolt-Börnstein-Roth-Scheel: Physikalisch-chemische Tabellen, 5 izd., Berlin 1923, Springer. — H. Lehmann: Ortshygiene, knj. 6 »Handbücherei f. d. öffentl. Gesundheitsdienst«, Berlin 1936, Heymann. — G. J. Lehr: Das Trink- und Gebrauchswasser, Leipzig 1936, Engelmann. — Mark: Das schwere Wasser, Leipzig u. Wien 1934, Deuticke. — Ohlmüller: Spitta, Olszewski: Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers, 5 izd., Berlin 1931, Springer, — Prinz: Handbuch der Hydrologie, 2 izd., Berlin 1923 Springer. — Prinz u. Kampe: Handbuch der Hydrologie II, Berlin 1934, Springer. — Spitta-Reichle: Wasserversorgung, 2 izd., Leipzig 1924. Hirzel. — Stooff: »Wasser« u Dammers-Peters: Chem. Technologie der Neuzeit, 2 izd., knj. I, Stuttgart 1924, Enke — Tillmans: Die chemiche Untersuchung von Wasser und Abwasser, 2 izd., Halle 1932, Knapp.

[2)] Vidi poglavlje Osnovi vodoprivrede u III knj.

Stišljivost vode je vanredno mala i opada sa povećanjem temperature. 1 $dm^3$ pod pritiskom od 1 $kg/cm^2$ sabije se za $\approx 50 \cdot 10^{-6}$. Površinski napon kod vode je mnogo veći nego kod mnogih drugih tečnosti; on je na vazduhu na temperaturi od $20^0$ = 72,53 dyn/cm. O viskoznosti vode v. str. 524. Voda vanredno dobro rastvara gasovita, tečna i čvrsta tela.

Voda rastvara, na pr., pri pritisku od 760 mm Hg stuba
na $0^\circ$ 10,19 $cm^3$ kiseonika i 18,99 $cm^3$ azota,
na $20^\circ$ 6,36 $cm^3$ kiseonika i 12,32 $cm^3$ azota.

Rastvoreni gasovi, tečnosti i čvrste materije menjaju vodi fizička svojstva, koja ona ima kada je u čvrstom stanju naročito specifičnu težinu, tačku mržnjenja, tačku ključanja, pritisak pare, površinski napon, viskoznost).

**Led.** Kada se vodi oduzima toplota stvara se u njoj na $0^\circ$ led. Međutim, voda se može ohladiti i do — $12^\circ$ a da se ne stvara led, ako se pri tome preduzimaju specijalne mere predostrožnosti. Pri smrzavanju voda povećava svoju zapreminu za $\approx 1/11$ deo svoje prvobitne zapremine. Toplota stvrdnjavanja vode, i latentna toplota topljenja leda iznosi 79,4 kcal/kg. Tvrdoća leda po Mohs-ovoj skali = 1,5. Led ne provodi elektricitet, toplotu vrlo rđavo, a propušta toplotne zrake. Specifična toplota leda je na — $20^0$ = 0,431 kcal/kg. Jačina pri mrvljenju paralelno sa slobodnom površinom leda iznosi na —$11^0$ $\approx 75$ $kg/cm^2$, upravno na taj pravac 130 $kg/cm^2$. Indeks prelamanja svetlosti za D-liniju 589 $m\mu$ u odnosu na vazduh iznosi

za redovni zrak . . . . . 1,3091,
za neredovni zrak . . . . . 1,3104.

**Sneg.** Sneg koji je pao kad nije bilo vetra teži 60 do 100 $g/dm^3$, a onaj koji je pao kad je bilo vetra ima dvostruku težinu. Stari sneg, koji je ostao i posle toplih letnjih dana, zove se lanjski sneg, on teži do 500 $g/dm^3$.

Vodeni talog (kiša, ocedina, meteorska voda). Prosečna visina vodenog taloga na Zemlji iznosi oko 910 mm, u Nemačkoj 690 mm. Hemiski sastav kišnice je po Liesegang-u vrlo različit i zavisi od mesta gde pada kiša (varoši, industrisko područje, selo) i od vrste kiše (pljusak, dugotrajne kiše).

**Morska voda**, boje je obično zelenkaste do plave. Sadržaj soli u %: Severno More kod Borkum-a 3,2; Istočno More kod Glücksburg-a 1,9, kod Zoppot-a 0,6; Sredozemno More 3,8, Mrtvo More 21,7. Ukupna tvrdoća (u nemačkim stepenima): Severno More 311, Istočno More kod Glücksburg-a 188, kod Zoppot-a 66. Stalna tvrdoća (u nemačkim stepenima): Severno More kod Glücksburg-a 183, a kod Zoppot-a 65[1]).

Glavni sastojak soli je Na Cl, zatim $Mg Cl_2$ i $Mg SO_4$, $Ca SO_4$ itd.

**Teška voda**, deuterijumoksid ($D_2O$), sadrži umesto običnih vodonikovih atoma $H^1$ »teške« vodonikove atome $H^2$ (= deuterijum), ima atomsku težinu 2. U prirodnoj vodi odnos između obične i teške vode je $\approx 500 : 1$. Teška voda važi kao neotrovna. Njena tačka mržnjenja je na + 3,8°, a tačka ključanja na 101,42°. Najveću gustinu ima na 11,6. Spec. težina joj je 1,11 $kg/dm^3$.

**Mineralne vode**, razikuju se od obične podzemne i izvorske vode ili svojom višom temperaturom (najmanja $20^\circ$) ili ukupnom sadržinom

[1]) Dalje podatke v. Krümmel: Handbuch der Ozeanographie, 2 izd. Stuttgart 1907, Engelhorn. — Pahde: Meereskunde 2 izd. Leipzig 1919, Reclam. — Junk, Oppenheimer, Pincussen: Tabulae biologicae, Bd. IV, Berlin 1927, Junk.

soli koja nije manja od 1 g/kg, ili nekim fiziološki značajnim rastvorenim sastojcima u vrlo malim količinama[1]).

Prirodna voda je jako razblažen rastvor različitih soli; ona sadrži i promenljive količine organskih materija i gasova.

**Tvrdoća vode.** Tvrdoća vode zavisi od količine sadržanih jedinjenja kalcijuma i magnezijuma. Njihovi bikarbonati čine privremenu ili vremenu ili karbonatnu tvrdoću, a ostale soli (hloridi, sulfati, nitrati, fosfati, silikati) čine stalnu ili postojanu nekarbonatnu tvrdoću.

Tvrdoća vode izražava se u stepenima, pri čemu količinu sadržanog magnezijuma, treba prevesti na sadržaj kreča množeći je sa 1,4.

**Tablica za prevođenje raznih tvrdoća**

| 1 nemački stepen tvrdoće [°dH][1]) 10 mg CaO u 1 l vode | 1 engleski stepen tvrdoće 10 mg $CaCO_3$ u 0,7 l vode | 1 francuski stepen tvrdoće: 10 mg $CaCO_3$ u 1 l vode |
|---|---|---|
| 1 | 1,25 | 1,79 |
| 0,8 | 1 | 1,43 |
| 0,56 | 0,7 | 1 |

[1]) °dH = D. G. (druga često upotrebljavana skraćenica).

U SAD se izražava tvrdoća u mg $CaCO_3$ u 1 litru; prema tome, 1 nemačkom stepenu tvrdoće odgovara 17,8 mg/l (p. p. m = parts per million) američkih stepena, a 1 mg/l (p. p. m.) američkog stepena odgovara 0,056 nemačkih stepena tvrdoće.

Orijentacione stepene za tvrdoću vode (u nem. step.) daje sledeća tablica:

| Ukupna tvrdoća | Oznaka | Ukupna tvrdoća | Oznaka | Ukupna tvrdoća | Oznaka |
|---|---|---|---|---|---|
| 0—4 | vrlo meka | 8—12 | polu tvrda | 18—30 | tvrda |
| 4—8 | meka | 12—18 | dosta tvrda | preko 30 | vrlo tvrda |

Od ukupne vode kojom nas snabdevaju javni vodovodi otpada po Neumann-u [GWF 80 (1937). str. 70]:

42% na vodu sa 0 — 10 nem. step. tvrdoće
41% na vodu sa 10 — 20 nem. step. tvrdoće
14% na vodu sa 20 — 30 nem. step. tvrdoće
3% na vodu preko 30 nem. step. tvrdoće.

Na svaki nemački stepen tvrdoće vode utroši se pri pranju 160 g sapuna po 1 $m^3$ vode.

Definicije i jedinice mera date su u DIN 8103 (v. Stoffhütte, 2 izd. str. 740). Postupak za određivanje tvrdoće v. DIN 8104 i »Einheitsverfahren der physikalischen und chemischen Wasseruntersuchung« izd. Fachgruppe für Wasserchemie des VDCh, Berlin 1936, Verlag Chemie.

**O dobivanju vode** v. Hütte, III knj.

### b) Voda za piće i ostalu upotrebu

### 1. Uslovi za pijaću i industrijsku vodu

Zakone, uredbe itd. sabrao je R. Abel, v. Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemässer Trink- und Nutzwasserversorgung, Berlin 1911, Schoetz. Voda za piće mora da zadovoljava sledeće uslove: 1) da trajno ne sadrži zarazne klice i materije štetne po zdravlje, na pr., olovo iz vodovodnih cevi, arsen, fluor. (broj klica nije siguran podatak za ocenu štetnosti po zdravlje); 2) da je što bistrija, bez boje, mirisa i ukusa, da ne bude ni suviše topla ni suviše hladna; 3) da je upotrebljiva za kuvanje i pranje i da ne nagriza vodovodne cevi.

**O potrebnoj količini vode i njenoj potrošnji** v. III knj.

[1]) Deutsches Bäderbuch 1907 — Osim toga: Dietrich u. Kaminer. Handbuch der Balneologie, Leipzig 1916, Thieme.

Gvožđe i mangan, u većim količinama od 0,2 mg, Fe i 0,1 mg Mn po litru, boje rublja i ostavljaju mrlje od rđe. Barske vode boje rublje žućkasto i daju mu neprijatan miris memle.

Pijaća voda u Nemačkoj sadrži obično (mg/l):

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ostatak posle isparenja . . | ispod 500 | Kalijumove soli ($K_2O$) | ispod 10 |
| Nitrata ($N_2O_5$) | ispod 30 | Organske materije (izraženo utroškom kalijumpermanganata) . | ispod 12 |
| Nitrita ($N_2O_3$) | nema (najviše tragovi) | Ukupna tvrdoća (nem. step.) . . . . . | 18° |
| Amonijaka ($NH_3$) | tragovi do 0,3 | Reagovanje na lakmus i rezolnu kiselinu . | slabo do vidno alkalno |
| Hlorida (Cl) . | ispod 30 | | |
| Sulfata ($SO_3$) . . | ispod 60 | | |
| Fosfata ($P_2O_5$) | najviše tragovi | | |

**2. Prečišćavanje vode.** Otstranjivanje gasova (kiseonika, azota, slobodne ugljene kiseline, sumporvodonika, metana): 1) svih gasova: zagrevanjem vode ili smanjenim pritiskom (u vakuum-uređajima); 2) kiseonika: hemiskim putem dodavanjem natrijumsulfata ili — natrijumbisulfata, i to naročito na toploti; cedenje kroz vunu od manganovog čelika (pri tom procesu voda uzima gvožđe u vidu rastvora; 3) sumporvodonika: dobrim provetravanjem vode (rasprskavanjem vode u sitne kapljice); 4) slobodne ugljene kiseline (koja nagriza metal i malter) kao pod 3) i dodavanjem krečnog mleka, krečne vode, natrijumove lužine, sode ili filtrovanjem kroz mermer, magno, magnezit (= otkiseljavanje).

Izdvajanje organskih materija iz žuto do mrko obojene barske vode (humusna voda), vrši se dodavanjem aluminijumsulfata (»alauna«), aluminijumhlorida, ferrosulfata, ferrihlorida, gvožđa sulfathlorida, natrijum aluminata. Ako voda sadrži malu količinu karbonata, treba dodati kreča ili sode da bi se humusne materije oborile. Za razaranje humusnih materija dolaze u obzr i kalijumpermanganat i ozon. Rđav ukus i miris vode se uklanjanju propuštanjem kroz filtre sa aktivnim ugljem ili ugljenim prahom, koji se pomeša sa vodom ili se u vidu mulja stavi u filtre[1]).

Mehaničke primese i materije koje zamuljuju vodu, na pr., ilovača, alge, mikroorganizmi, pesak itd. uklanjaju se prema vrsti i veličini delića taloženjem u taložnicama brzim i laganim filtrovanjem ili dodavanjem specijalnih hemikalija za obaranje (v. prethodnu alineju).

Izdvajanje gvožđa. Gvožđe se obično nalazi u vodi kao ferobikarbonat, tada ga je lako izdvojiti provetravanjem prosipajući i razbijajući vodu u mlazeve i kapljice koje apsorbuju kiseonik, ili filtrovanjem kroz šljunak. Ako se pak gvožđe nalazi u organskom spoju (kao »humat«) ili je obavijeno organskim koloidima, ili ako se nalazi kao sulfat ili kao hlorid, tada se gvožđe obara dodavanjem hemikalija (kreč, soda, soli aluminijuma ili gvožđa).

Izdvanje mangana. Mankankarbonat se odvaja provetravanjem i filtrovanjem vode kroz šljunak koji sadrži $MnO_2$ ili kroz manganpermutit. Mangan sulfat obara se krečnom vodom.

Izdvajanje karbonata iz vode koja ima veliku karbonatnu tvrdoću treba vršiti onda kada je potrebna voda sa malom karbonatnom tvrdoćom, na pr., za napajanje kotlova, ili pripremanje tople vode, ili

[1]) Vidi Stoffhütte, 2 izd., str. 837 i Bailleul, Herbert u. Reisemann: Aktive Kohle, 2 izd. Stuttgart 1937. Enke.

voda za pivare, perionice, voda za hlađenje itd. Termički postupak dekarbonizovanja se sastoji u zagrevanju i filtrovanju vode; osim toga karbonati se mogu izdvojiti dodavanjem krečne vode, taloženjem i zatim filtrovanjem.

Omekšavanje, tj. smanjivanje ukupne tvrdoće (zbir privremene i stalne tvrdoće). Kod tvrdih voda koje se upotrebljavaju za napajanje kotlova (vidi Hütte II knj.), u perionicama, tekstilnim fabrikama itd. treba izvršiti omekšavanje. Najčešće upotrebljen postupak je postupak kreč-soda. Pomoću neo-permutit-filtera tvrdoća vode sa može svesti na nulu.

Izdvajanje soli vrši se potpuno destilacijom. Drugi efikasan način izdvajanja soli bez zagrevanja je postupak elektro-osmoze (Siemens).

Otstranjivanje ulja i masti je potrebno naročito kod vode kojom se natapaju kotlovi, to se postiže filtrovanjem kroz pamučnu vunu ili dodavanjem aluminijum sulfata ili elektrolitičkim putem s tim da se voda posle filtrira kroz šljunak i pesak.

Otstranjivanje kiselina (na pr., slobodne sumporne kiseline, azotne, sone i ugljene kiseline) postiže se hemiskim spajanjem dodavanjem alkalija (kreč, soda, natriumhidroksid) ili filtrovanjem kroz alkaličnu masu (mermer, magno, magnezit). Slobodna ugljena kiselina[1]) može se ukloniti i fizičkim postupkom prosipavanjem i razbijanjem vode u mlazeve i kapljice.

Ubijanje klica. Klice zaraznih bolesti uništavaju se kuvanjem, kad je u pitanju mala količina vode, ili propuštanjem kroz specijalne filtere (Berkefeld ili Seitz filter). Kada se u pitanju velike količne vode, onda se samo filtrovanjem ne može dobiti sigurno dezinfikovana voda, pogotovu kada je ono brzo; nešto veću sigurnost pruža lagano filtrovanje kroz pesak. Sa tog gledišta je bolje brzo filtrovanje ako se voda prethodno pripremi sredstvima za taloženje (pomoću soli aluminijuma ili gvožđa). Najrašireniji i najsigurniji postupak za uništavanje klica u vodi jeste hloriranje, pri čemu se primenjuje hlor u obliku gasa (hlor u bombama). Ponekad se primjenjuje i hipohlorit (hlorni kreč, elektrolitni hlor, kaporit, perhloron) i hloramin. Potrebna količina hlora za uništavanje klica zavisi od temperature vode, karbonata koje voda sadrži i moći spajanja vode sa hlorom, i iznosi, uopšte, 0,1 do 1 mg aktivnog hlora po 1 l vode.

Za dehloriranje primenjuju se filtri sa aktivnim ugljem, sumporna kiselina, tijosulfat itd.

Voda koja sadrži fenola dobiva pri hloriranju veoma neprijatan ukus na jodoform. Radi toga premazi na rezervoarima i cevima ne smeju da sadrže fenola.

Ozon i zračenje ultravioletnim zracima za uništavanje klica nisu naišli primenu u Nemačkoj.

**3. Metali i malter koje nagriza voda.** Metale (gvozden liv, čelik, cink, olovo, bakar, mesing, mašinske bronze), koji se obično upotrebljavaju u tehnici snabdevanja vodom, nagrizaju vode koje ne reaguju alkalno ($p_H < 7$)[2]), zatim vode koje imaju karbonatnu tvrdoću a sadrže vazduh i agresivnu ugljenu kiselinu. Prisustvo velikih količina hlorida, nitrata i sulfata potpomažu ovo nagrizanje metala.

Kod tople vode utiče njen opšti hemiski sastav manje na stvaranje uslova za koroziju metala nego li prisutan kiseonik, ukoliko usled velike karbonatne tvrdoće, ne naginje ka stvaranju kotlovca. Kiseonik treba vezati dodavanjem sulfata, odnosno smanjiti njegovo dejstvo na gvožđe izradom zaštitnog soja na metalu (dodavanjem fosfata, filtrovanjem kroz magno, prevlačenjem elektromagnetnim postupkom. Korodiranje metala se može smanjiti i dovoljnom alkalnošću tople vode ($p_H > 9$).

[1]) Naumann, GWF 79 (1936), str. 161.

[2]) $p_H$ = koncentracija vodoničnih jona, vidi Stoffhütte, 2 izd., str. 30.

Najpovoljnije je za gvozdene vodovodne cevi kada voda ima tvrdoću veću od 6 nemačkih stepeni i kada ne sadrži t. zv. agresivnu ugljenu kiselinu ali sadrži vazdušnog kiseonika. Takva voda stvara na metalu postupno gustu i čvrsto priljubljenu prevlaku od kalcijum-karbonata i proizvoda korozije metala (zaštitni sloj od kreča i rđe). Voda sa karbonatnom tvrdoćom većom od 12 nemačkih stepeni nepodesna je za instalacije sa toplom vodom jer postoji opasnost za stvaranje kotlovca. Beton i malter koroduje voda koja reaguje kiselo kad sadrži male količine kreča i velike količine ugljene kiseline. Štetno je ako voda sadrži i velike količine sulfata, i magnezijumovih soli, kao i amonijumove soli, sumporvodonik (sulfide) i ulja i masti koje se saponifikuju.

**4. Uslovi za industrisku vodu.** Za razne svrhe u zanatstvu i industriji moći će se skoro uvek upotrebiti dobra pijaća voda (v. gore). Međutim, za perionice i tekstilne fabrike voda treba da sadrži što manje karbonata i da je što mekša. Pomenute grane zanatstva i industrije kao i industrije: piva, za bojenje, beljenje, štavljenje, hartije, skroba, šećera i mlekare[1]), traže, zbog osetljivosti tehnoloških procesa, da voda sadrži što manje gvožđa, mangana i humusne materije.

**5. Voda za napajanje kotlova.** Ukoliko kotao radi pod većim pritiskom i daje veću količinu pare utoliko voda mora da bude čistija. Voda mora da reaguje uvek alkalno; dodavanje alkalija je potrebno kod kotlova sa visokim kapacitetom. Količina rastvorenih i nerastvorenih materija treba da bude što manja; naročito su nepoželjni silicijumova kiselina, gips, magnezijum hlorid, nitrati, ulja i masti. Gasovi (ugljena kiselina i kiseonik) moraju biti potpuno otstranjeni. Kotlove sa velikim vodenim prostorom sa plamenim cevima, koji se mogu lako čistiti, treba napajati vodom čija tvrdoća ne prelazi 5 nem. stepeni, a kotlove sa vodovodnim cevima, koji se teško mogu čistiti, vodom čija tvrdoća po mogućnosti nije veća od 2 nem. stepena. Detaljnije o vodi za napajanje kotlova i njenom prečišćavanju v. II knj.

O upotrebljenim vodama v. III knj. odeljak »Snabdevanje vodom i otstranjivanje upotrebljenih voda«.

### c) Ispitivanje vode

Za brzo ispitivanje pijaće i industriske vode postoji čitav niz jednostavnih fizičkih i hemiskih postupaka[2]). Za opštu ocenu date vode često su dovoljna sledeća ispitivanja: spoljna svojstva (bistrina, boja, miris), temperatura, analiza na sumporovodonik i sulfid, reakcija, ugljena kiselina, azotna jedinjenja, tvrdoća, gvožđe i mangan.

Detaljnija ispitivanja vrši: »Preuss. Landensanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin-Dahlem, Corrensplatz 1. Taj zavod izrado je uputstva za uzimanje proba i upitnik.

[1]) Nauman: Jahrbuch (Vom Wasser«, Bd. VI, str. 127 Berlin 1932, Verlag Chemie.

[2]) Klut: Die Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle, 7. izd. Berlin 1938, Springer; dalje »Einheitsverfahren der physikalischen und chemischen Wasseruntersuchung« izdala »Fachgruppe für Wasserchemie des VDCh., Berlin, Verlag Chemie; v. i napomenu [1]) na str. 1156.

# XII. Goriva

## A. Čvrsta goriva [1])

Obradio: profesor Dr.-Ing. Marcard, Hannover.

**Opšti pojmovi.** Prirodna čvrsta goriva su: kameni ugalj, mrki ugalj, treset, škriljac, i uljni krečnjak. Veštačka čvrsta goriva: koks, briket, ugljeni prah. Ona se proizvode preradom prirodnih goriva, i to: toplotnim postupkom (koks), presovanjem (briket) ili mlevenjem (ugljeni prah).

U tablici 8 su navedene pored materija iz kojih se sastoje čvrsta goriva u obliku jedinjenja ili smese i produkti sagorevanja. Delo sa ugljenikom, vodonikom i sumporom, zove se »sagorljive supstance« ili »sagorljivi sastojci« (v. str. 695). Sagorljivi sastojci + kiseonik i azot (tj. voda i sastojci koji ne daju pepela) čine »čist ugalj«. On je jednak u istom sloju ugljena. Zato se važne karakteristike svode na čist ugalj, tako da se kod različitih sadržina vode i pepela mogu prevesti na »sirovi ugalj«.

**Toplotna moć** (v. str. 709 i dalje). Za sve tehničke postupke značajna je samo donja toplotna moć ($H_u$).

**Tablica 1. Prosečne vrednosti donje toplotne moći čistog uglja u kcal/kg raznih čvrstih goriva**

| Gorivo | $H_{u\,čist}$ | Nalazište | Gorivo | $H_{u\,čist}$ | Nalazište |
|---|---|---|---|---|---|
| Antarcit . . . | 8425 | Rursko područje | Gasni i plameni ugalj . . . | 8050—8350 | Donja Šleska |
| Polumasni ugalj | 8450 | | Briket mrkog uglja i sirovi mrki ugalj . | 7050 | Srednja Nemačka |
| Masni ugalj . . | 8375 | | Češki mrki ugalj | 7200—7600 | Sudeti i Češka |
| Gasni i plameno gasni ugalj . . | 8100 | | Briket mrkog uglja i sirovi mrki ugalj . | 6400 | Niederlausitz |
| Rudarski koks . | 7950 | | Briket mrkog uglja i sirovi mrki ugalj . | 6100 | Niederrhein |
| Sarski masni ugalj . . . . | 8200 | Sar | | | |
| Sarski plameni ugalj . . . . | 7700 | | | | |
| Ugalj za lint. i plameni ugalj | 7790 | Gornja Šleska | | | |

**Isparljivi sastojci (gasovi).** To je težinski deo gasnih proizvoda (CH- i CHO-jedinjenja) koji se dobiva pri suvoj destilaciji goriva. Ukoliko je gorivo geološki starije utoliko ono sadrži manje gasova (v. tab. 2 i str. 1210). Podaci o isparljivim sastojcima daju stručnjaku za goriva važan oslonac za ocenu procesa paljenja i sagorevanja. Izvanredno je različito stvaranje plamena u pogledu dužine, živosti i svetlosne jačine.

**Tablica 2. Isparljivi sastojci goriva u tež. % svedeni na čist ugalj**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Treset . . . . | 70—60 | Gas. plam. ugalj | 40—35 | Polumasni . . | 19—12 |
| Mrki ugalj . . | 60—50 | Gasni ugalj . . | 35—30 | Antracit . . . | 12— 5 |
| Ugalj za sinter. | 50—40 | Masni ugalj . . | 30—19 | | |

**Svojstva koksa.** S obzirom na vrstu i ponašanje koksa razlikuju se vrste koje su navedene u tabl. 3, ali klasiranje nije oštro.

**Literatura.** — Marcard: Rostfeuerungen, Berlin 1934 VDI - Verlag. — Aufhäuser: Brennstoff und Verbrennung, Berlin 1928, Springer. — Fuchs: Feuerungstechnik mit Steinkohlen Oberschlesiens, Berlin 1938, Springer. — Ruhrkohlenhandbuch, 3 Aufl. Berlin 1937, Springer. — Braunkohlenanhaltzahlen, 4 izd. Köln 1934, Rheinisches Braunkohlen-Syndikat. — Meis: Die Kohlenvorräte der Welt, Glückauf 72 (1936), str. 489.

Za proizvodnju rudarskog ili gasnog koksa podesne su samo određene vrste kamenog uglja.

**Tablica 3. Prinos koksa u odnosu na čist ugalj. Svojstva koksa**

| Vrsta uglja | Prinos koksa tež. % | Svojstva koksa |
|---|---|---|
| Mrki ugalj . . . . . | 40—60 | sitnozrnasti drobi se |
| Suvi ili nebituminozni kameni ugalj | 50—60 | stopljen |
| Masni ili bituminozni kameni ugalj . | 60—81 | spečen i naduven spečen i stopljen |
| Mršavi, polubituminozni i atracitni ugalj | 81—95 | staklast do prašinast |

**Količina sadržane vode.** Voda se u gorivu nalazi kao »gruba« i kao »specifična« ili kao »higroskopna« vlaga.

Prva od ovih je površinska vlaga, ili voda koja je mehaničkim putem (kvašenjem) dospela u gorivo. Njihova količina je vrlo različita i smanjuje se sušenjem na vazduhu. Kad gorivo ne menja više svoju težinu kažemo da je »suvo na vazduhu«, u njemu preostala »higroskopna« vlaga pretstavlja funkcionalno svojstvo goriva (tabl. 4). Ova vlaga se može sasvim ukloniti samo dužim zagrevanjem na $\approx 105^0$.

**Tablica 4. Higroskopna vlaga čvrstih goriva u težinskim %**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Drvo, odležano . . . . . | 15—20 | Mladi kam. ugalj (sinter.) | 6—12 |
| Treset, odležan . . . . . | 20—25 | Srednji kameni ugalj . . | 1—2,5 |
| Lignitni mrki ugalj . . . . | 35—45 | Stari (mršavi) kameni ugalj (antracit) . . . . . | 0,5—1 |
| Briket mrkog uglja . . . . | 13—15 | | |

**Pepeo i šljaka.** Pod pepelom se podrazumevaju svi mineralni sastojci koji se nalaze u svakom uglju u najsitnijem ili u grubljem obliku (kamenje škriljac, glina itd.). Oni se uklanjaju u velikoj meri suvom ili mokrom pripremom uglja. Uticaj šljake na sagorevanje određuje se njenom topljivošću ili njenim prelaženjem u testasto stanje (tabl. 5).

**Tablica 5. Stvaranje zgure. Vrste zgure**

| Ponašanje na rešetki | Vrste zgure |
|---|---|
| Nema stvaranja zgure | laka, nekozinstentna, šupljikava, ne ometa prolaz vazduhu i lako se drobi |
| Malo stvaranje zgure | manje lomljiva, nešto gušća |
| Srednje stvaranje zgure | još nešto gušća |
| Vrlo veliko stvaranje zgure koje smeta | u glavnom čvrsta zgura |

**Klasiranje uglja.** Oznake uglja nisu svuda jedinstvene i nešto se razlikuju u pojedinim rudarskim područjima. Tablica 6 daje samo orijentacione podatke.

**Težina. Način skladištenja.** Spec. težine, težine u nabacanom stanju, utovarne količine, uglovi nagiba dati su u tablici 7.

Ugljevi koji su neosetljivi prema uticaju atmosferilija, sa malom sklonošću ka samozapaljivosti i raspadanju, mogu bez opasnosti, da stoje duže vremena na otvorenom prostoru u gomilama do 8 m visine; sirovi

mrki ugalj do 5 m; briket mrkog uglja do 8 m, ali pokriven. Ugljeni prah treba smestiti sa naročitom opreznošću i ne duže od četiri nedelje[1]).

**Tablica 6. Klase uglja**

| Oznaka | Veličina komada ili zrna (mm) ili težina |
|---|---|
| Rovni ugalj | neklasiran, jedini podatak je krupnoća (preko 30 mm) |
| Ugalj u komadima | preko 80 mm |
| Kockasti ugalj | 140/90—70/45 mm |
| Ugalj, veličine oraha I—IV | 80/50—50/30—30/20—20/10 mm |
| Ugalj, veličine graška | 30/10—20/10—12/0,5 mm |
| Ugalj, veličine griza | 15/0 mm |
| Fini ugalj | 10/0 mm |
| Ugalj u vidu praha | 1/0 mm |
| Briket kamenog uglja (veliki, kockast, salon, jajast briket) | 10 7 5 3 1 0,5 0,1 0,018 kg |
| Briket mrkog uglja (salonski format, polukocke, jajast) | 500—300 170 100 75 40 g. |

**Tablica 7. Težine uglja. Utovarne količine. Uglovi nagiba**

| Vrsta goriva | Spec. težina kg/dm³ | Težina u nabacanom stanju t/m³ | Utovarna količina m³/10t | Ugao nagiba u ° |
|---|---|---|---|---|
| Sirovi mrki ugalj | 1,2—1,4 | 0,65—0,78 | 12,8—15,4 | 30—33 |
| Briket mrkog uglja | | naslagan: 1,03<br>nabacan: 0,73 | 9,7<br>13,7 | |
| Mladi kameni ugalj | 1,25—1,35 | 0,72—0,80 | 12,5—13,9 | 32—45 |
| Masni i posni ugljevi | 1,30—1,40 | 0,8—0,86 | 11,6—12,5 | *) |
| Ugljeni prah od kamenog i mrkog uglja | | 0,4—0,5 | 20—25 | **) |
| Rudarski koks | 1,6—1,9 | 0,5—0,55 | 18,2—20,0 | 45 |
| Gasni koks | 1,6—1,9 | 0,35—0,45 | 22,2—28,6 | 45 |

*) Prema vrsti; ukoliko su manja zrna, utoliko je manji ugao.
**) Teži da stvara mostove i da se rasipa.

**Hemiske i tehničke karakteristike ugljeva[2])** v. tabl. 8 na str. 1165.

**Ispitivanje** čvrstih goriva je utvrđeno standardima (tabl. 9). Vidi i »VDI-Dampfkesselregeln DIN 1942«, alineja 167 do 275.

**Tablica 9. Standardi za goriva[3])**

| DIN DVM | Godina | Odnosi se na |
|---|---|---|
| 3701 | 1933 | Opšte, pregled. |
| 3711 | 1931 | Uzimanje ugleda i pripr. ugleda od kom. čvrst. goriva |
| 3712 | 1931 | Uzimanje ugleda od ugljenog praha |
| 3716 | 1931 | Gornja i donja toplotna moć |
| 3721 | 1934 | Hemiski postupci ispitivanja |
| 3725 | 1933 | Određivanje ostataka od koksovanja i isparljivih sastojaka |

[1]) v. Merkblätter des Staubausschusses der Reichskohlenrates über Umgang und Gefahren bei Verwendung von Staub, Berlin, April 1927.
[2]) Iscrpni podaci v. Marcard: Rostfeuerungen, Berlin, April 1927. Verlag. Dodatak 3, list 1 do 4.
[3]) Napomena: U originalu su iza ove tablice dati podaci o nemačkim sindikatima za ugalj. Oni su izostavljeni iz razloga što za jugoslovenske čitaoce nisu od bitnog značaja.

Tablica 8. Hemiske i tehničke karakteristike ugljeva

| Gorivo | $H_u$ kcal/kg | Pepeo % | Ukupna vlaga % | Elementarna analiza C % | H % | O % | N % | S % | Teor. potr. količ. vazd. $Nm^3/kg$ | Kol. dim gasova (vlažni) $Nm^3$ | max $CO_2$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kameni ugalj | | | | | | | | | | | |
| Rursko podr. i ahenski okr. | 7200—7900 | 4—7 | 3—5 | 73—83 | 3,4—5,3 | 1,8—1,0 | 1,1 | 0,9 | 7,7—3,3 | 8,2—8,6 | 18,3—18,9 |
| Sarsko područje | 6700—7600 | 3—8 | 3—5 | 70—78 | 4,7—5,2 | 5,4—12,5 | 1,2 | 0,6 | 7,9 | 8,3 | 18,7 |
| Gornja Šleska | 6800—7300 | 5—7,5 | 4—5 | 72—78 | 4—5 | 9,5—12,0 | | 0,8 | 7,5 | 7,9 | 18,9 |
| Donja Šleska | 7300—7600 | 5—7 | 3—4 | 75—79 | 4—5 | 6—7 | 1,0 | 1,0 | 7,9 | 8,3 | 18,7 |
| Saksonska | 6800 | 5 | 10 | 71 | 4,6 | 7,6 | 1,3 | 0,6 | 7,3 | 7,8 | 18,6 |
| Donja Saksonska | 6600—7000 | 11—15 | 1—3 | 65—70 | 4,5—5 | 3—4 | 4—5 | 1,2 | 7,7 | 7,7 | 17,9 |
| Sirovi mrki ugalj | | | | | | | | | | | |
| Rajnska oblast | 1800—2500 | 3 | 60—50 | 25—32 | 2 | 9—12 | 0,3 | 0,2 | 2,4—3,0 | 2,4—3,8 | 19,3 |
| Saksonska, Tiringija | 2500 | 5,7 | 52 | 29,3 | 2,5 | 9,2 | 0,3 | 1,0 | 2,9 | 3,85 | 18,8 |
| Magdeburg, Helmstedt | 2600 | 6,3 | 46 | 34,2 | 2,5 | 9,7 | 0,3 | 1,0 | 3,4 | 4,2 | 19,1 |
| Niederlausitz | 2200 | 3 | 55 | 20,6 | 2,4 | 12,4 | 0,4 | 0,2 | 2,6 | 3,5 | 19,5 |
| Sudet. podr., Češka | 3400—6000 | 5—7 | 25—40 | 72—77 | 5,7—6,2 | 15,7—20,9 | — | 1,0 | 3,9—6,5 | 4,6—7,0 | 17,8—18,7 |
| Briketmrkougulja | | | | | | | | | | | |
| Rajnska oblast »Union« | 4800 | 5,0 | 15 | 54,5 | 4,2 | 20,1 | 0,8 | 0,4 | 5,3 | 5,9 | 19,5 |
| Srednja Nemačka »Sonne« | 5000 | 8,9 | 15 | 52,9 | 4,5 | 15,9 | 0,6 | 2,1 | 5,4 | 6,0 | 18,6 |
| Istočna Elba »Troll« | 4800 | 6,0 | 14 | 54,0 | 4,0 | 21,0 | 0,7 | 0,35 | 5,2 | 5,7 | 19,7 |

# B. Tečna goriva[1])

Obradio prof. Dr. phil. habil. R. Heinze, Berlin.

**Podela.** Razlikuju se prirodna i veštačka tečna goriva, u prve se ubraja zemno ulje — nafta, u druge različiti terovi, hidriranjem, sintezom i ekstrakcijom dobivena ulja, zatim špiritus, odnosno sintetički dobiveni alkoholi, na pr., metanol.

Fizičke karakteristike v. str. 611, 615, 711, 720 i dalje, 967 i dalje i 998 i dalje.

**1. Prirodna tečna goriva. Zemno ulje (nafta).** Radi dobivanja teškog i lakog pogonskog goriva, goriva za osvetljenje, goriva za zagrevanje i ulja za podmazivanje itd., prerađuje se sirovo ulje pomoću frakcione destilacije i naknadnom rafinacijom destilata. (v. IV. knj., »Prerada nafte«).

**Hidriranje pod visokim pritiskom.** Ovim se postupkom iz teškog ulja i otpadaka može dobiti, uz dobar prinos i bez stvaranja koksa, ne samo benzin i dizelmotorsko gorivo, već i visoko kvalitetna ulja, za osvetljenje i podmazivanje.

**Destilacija.** Običnom destilacijom sirovog ulja dobivaju se, po pravilu ove frakcije: 1. Sirovi benzin (tačka ključanja 50 do 200°), 2. Petroleum za osvetljenje (tačka ključanja 150 do 300°), 3. Dizelmotorsko gorivo (gasno ulje) (tačka ključanja 200 do 350°), 4. Mazivna ulja (tačka ključanja preko 350°) i 5. Ostatak (goudron ili asfalt).

[1]) **Literatura.** — Stoffhütte, 2. izd. str. 715 i dalje — Franz Spausta: Treibstoffe und Verbrennungsmotoren, Wien 1939, Springer. — K. H. v. Thümen: Jahrbuch d. Deutsch. Mineralölwirtschaft, Frankfurt/Main 1939. Fritz Knapp.

**Rafinacija.** Redestilacijom i rafinacijom sirovog benzina dobiva se pored petroleumskog etra, ekstrakcionog benzina, benzina za pranje, test-benzina, poglavito benzin za motore, čija je specifična težina ispod 0,870 kg/dm³. Frakcije benzina se dele prema njihovoj isparljivosti na lake, srednje i teške benzine.

**Benzin za motore.** Gornja tačka ključanja benzina za motore, ranije na 180°, povišena je, s obzirom na sve veću potrošnju benzina, na 200°. Benzin za motore, specifične težine 0,73 kg/dm³ na 15°, ima prosečnu gornju toplotnu moć 11 150 kcal/kg, a donju 10 350 kcal/kg. Za ocenu benzina, kao pogonskog goriva, izgubila je specifična težina svoju raniju važnost. Međutim, iz analize ključanja i iz nje izvedene »karakteristike ključanja« po Wa. Ostwald-u[1]) mogu da se izvedu važni zaključci. Kriva ključanja treba da bude što ravnomernija i bez skokova. Od naročite važnosti je otpornost goriva prema detonaciji, čiji se stepen izražava, opšte uvedenim, oktanskim brojem (oktanima, oktanskom vrednošću).

Oktanski broj se određuje pomoću specijalnog probnog motora, t. zv. CFR-motora, u SAD priznatog od Cooperative Fuel Research Commitee. Za istu svrhu izradile su I. G. Farbenindustrie A. G. u zajednici sa Daimler-Benz A. G. Mannheim nemački probni Vario-motor.

Benzini koji se pretežno sastoje iz parafinskih ugljovodonika, kao, na pr., američki »straight run«-benzin ili benzini dobiveni po Fischer-Tropsch-ovom postupku imaju, po pravilu, malu otpornost prema detonaciji (55 oktana i manje), ali se mogu bitno poboljšati dodavanjem benzina, koji je dobiven iz »mokrog« prirodnog gasa ili benzina, dobivenog raspadanjem složenih ugljovodonika, ili polimer-benzina i »antidetonarima« (tetraetil olovo). Isto dejstvo postiže se dodavanjem benzola ili bezvodnog alkohola. Dodavanje promenljive količine alkohola (5 do 15%) je danas ozakonjeno u velikom broju država.

U Nemačkoj su uredbom 22 A »Überwachungsstelle für Mineralöl« od 28. 6. 1939 i sa pristankom »Reichswirtschaftsministerium-a« dozvoljena sledeća tečna goriva (oktanski broj treba odrediti po postupku CFR-Research): 1. Benzin-benzol smesa: obično treba da ima 78 oktana, ali ne više. Spravljanje: da se dobije pomenuti oktanski broj može se benzinu dodati benzola, ali ne više od 35 tež. % od gotove smese pogonskog goriva. 2. Super benzin: obično treba da ima 78 oktana, ali ne više. Spravljanje: benzinu se može dodati 0,4 cm³ tetraetil olova (»tel«) po litru. Osim toga pogonsko gorivo može da sadrži do 10 tež. % benzola. Spravljanje super benzina dozvoljeno je samo po naročitom odobrenju. 3. Benzin za automobile N: obično treba da ima 74 oktana; gornja granica iznosi 75. Spravljanje: prema uredbi »Reichsmonopolverwaltung für Branntwein«; benzinu treba dodati pogonski špiritus u količini od 12 tež. % gotove smese. Benzol se ne sme dodavati. 4. Benzin za automobile S: obično treba da ima 74 oktana, ali ne više. Spravljanje: benzinu se može dodati do 0,3 cm³ »tela« po litru. Benzol se ne sme dodavati.*)

**Petroleum.** Naredna viša frakcija posle benzina je petroleum. On se upotrebljava još u malom obimu kao ulje za osvetljenje ali je važan kao pogonsko gorivo za traktorske motore.

[1]) Glückauf 61 (1925), str. 550.

*) U originalu su iza ove tačke navedena područja Nemačke u kojima se mogu upotrebljavati pojedine vrste pomenutih tehničkih goriva. Ona su u prevodu izostavljena iz razloga što za jugoslovenske čitaoce nisu od bitnog značaja.

Prema nemačkim propisima, temperatura paljenja petroleuma za osvetljenje, određena po Abel-u, ne sme da bude ispod 21° ni iznad 55°.

**Gasno ulje.** To je frakcija koja ključa iznad 250°. Ono se ranije — pod nazivom »gasni ter« — u velikoj meri, upotrebljavalo za dobivanje gasnog ulja, danas se poglavito upotrebljava kao dizel-motorsko gorivo. Za pogonsko gorivo za vozila sa dizel-motorima važe danas u Nemačkoj uslovi za isporuku, koji su uvedeni od vojnih vlasti, v. tabl. 1.

**Tablica 1. Tehnički uslovi za isporuku pogonskih goriva za vozila sa dizel-motorima**

Pogonsko gorivo treba da zadovoljava ove uslove:
1. Da je bez čvrstih stranih materija;
2. Vode ne sme da sadrži više od 0,5 tež. %;
3. Pepela ne sme da sadrži više od 0,05 tež. %;
4. Temperatura paljenja (prema Abel-Pensky-u) ne sme biti niža od 65°;
5. Donja toplotna moć ne sme biti niža od 9700 kcal/kg;
6. Viskoznost na 20° ne sme biti veća od 2,0 E° i manja od 1 E°.
7. Postojanost na hladnoći: na — 10° gorivo treba da bude još tečno;
8. Cedljivost: 200 cm³ goriva na — 5° treba da protekne kroz filter za najviše 60 s;
9. Korodivnost: Posle cink-probe: smanjenje težine ne sme da iznosi više od 1,9 mg.
10. Proba koksovanja: gorivo ne sme da sadrži više od 2 tež. % čvrstog ostatka (koks + tvrdi asfalt);
11. Upaljivost: cetenski broj ne sme biti niži od 45.

Oktanskom broju kod lakih pogonskih goriva odgovara kod dizel-motorskih goriva cetenski broj kao važna karakteristika za njihovu upotrebljivost kao motorno gorivo.

Ranije se cetenski broj određivao samo pomoću probnog motora, međutim, sada je utvrđeno da različite fizičke karakteristike, kao na pr., spec. težina i indeks prelamanja, dizel-motorskih goriva, jednake karakteristike ključanja, zavise približno linearno od cetenskog broja, tako da se on, sa dovoljnom tačnošću, može odrediti jednostavnim ispitivanjem u laboratorijumu[1]). Postoje areometri pomoću kojih se neposrednim čitanjem nalazi cetenski broj[2]). Slični uređaji sa naročitim skalama omogućuju — za praksu sa dovoljnom tačnošću — neposredno određivanje toplotne moći, količine sadržanog ugljenika ili vodonika, kao i odnosa ugljenika prema vodoniku, kako za svako dizel-motorsko ili traktor-motorsko gorivo tako i za svako ulje bilo da se upotrebljava za loženje ili za osvetljenje, a dobiveno je iz zemnog ulja (nafte) ili iz katrana mrkog uglja.

**Ulja za loženje.** Delovi sirovog ulja koji ključaju iznad 350° — ukoliko se ne mogu koristiti za proizvodnju mazivnog ulja — upotrebljavaju se kao ulja za loženje. Na tržištu se nalaze pod nazivom mazut, pacura ili »fuel oil«. Osim toga se upotrebljavaju asfaltna sirova ulja iz kojih su destilacijom izvađeni benzin i lake uljne frakcije određenog porekla, na pr., kaliforniska ili meksikanska, i ona koja se na toploti pod pritiskom raspadaju na odgovarajuće teško ulje i neke ostatke posle rafinacije, kao što su kisele smole ili asfaltni ostaci, koji se ne mogu upotrebiti za druge

[1]) Heinze u. Marder: Brennst-Chem. 16 (1935) str. 286. — Öl u. Kohle 11 (1935), str. 724. — ZVDI 81 (1937) str. 37.
[2]) Marder: Öl u. Kohle (1937), str. 645.

svrhe i koji se u zavisnosti od njihove konzistencije moraju eventualno prethodno rastopiti. U novije vreme dobiva se dobro ulje za loženje, na pr. u Welheim-u, hidriranjen pod visokim pritiskom katrana i smole kamenog uglja. Zahtevi koji se postavljaju za ulja za loženje kako u pogledu specifične težine, tako i u pogledu konzistencije, sadržaja sumpora, toplotne moći, tačke zgušnjavanja i zapaljivosti, sadržaja pepela, podobnosti koksovanja (Conradson-Test) i mešanja, vrlo su različiti u raznim zemljama, a u Nemačkoj još nisu ujednačeni.

Karakteristike poznatih ulja za loženje v. tabl. 2.[1])

**Tablica 2. Karakteristike ulja za loženje iz zemnog ulja—nafte**

| Poreklo | Spec. težina na 20° kg/dm³ | Donja topl. moć kcal/kg | Viskoznost o Engler | Hemijski sastav u tež. % C | H | O | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Borneo . . . . . | 0,93 | 9950 | 1,8/50 | 88,0 | 11,2 | 0,5 | 0,3 |
| Brazilija . . . . . | 0,96 | 9700 | 7/80 | 85,5 | 11,1 | 1,4 | 2,0 |
| Iran (Persija) . . . | 0,90 | 9900 | 10/20 | 84,5 | 12,8 | 1,7 | 1,0 |
| Meksiko . . . . . | 0,96 | 9650 | 11/80 | 83,3 | 10,9 | 2,2 | 3,6 |
| Rumunija (pacura) . | 0,95 | 9850 | 6/80 | 87,0 | 11,4 | 1,1 | 0,5 |
| Rusija (mazut) . . | 0,91 | 9950 | 5/80 | 86,5 | 12,2 | 1,0 | 0,3 |
| Venecuela . . . . | 0,99 | 9580 | 15/20 | 85,6 | 10,1 | 1,9 | 2,4 |

**2. Veštačka tečna goriva. Katran kamenog ulja** (v. tabl. 2 str. 1210 i IV. knj., »Gasna tehnika«).

**Tablica 3**
**Frakcije katrana kamenog uglja**

| Frakcija | Granične temp. ključanja o | Prinos prosečno u tež. % |
|---|---|---|
| 1. Lako ulje (benzol . . . | do 180 | 2—3 |
| 2. Srednje ulje . | 180—230 | 10—15 |
| 3. Teško ulje . | 230—270 | 10 |
| 4. Antrancensko ulje . . . . | 270—350 | 15—20 |
| 5. Smola . . . | preko 350 | 50—55 |

Sirovi katran kamenog uglja je crn, više ili manje židak, spec. težine 1,1 do 1,2 kg/dm³ sa 2 do 5% vode (sa amonijakom), sadrži 5 do 12% slobodnog ugljenika i 0,04 do 0,40% pepela, donja toplotna moć 8 300 do 8 800 kcal/kg, temperatura paljenja 90 do 135°. Između katrana iz koksara i katrana iz plinara praktično nema razlike.

Destilacijom[2]) katrana kamenog uglja dobivaju se frakcije po tabl. 3.

**Benzol.** U mnogo većim količinama nego iz gasova kamenog uglja dobiva se benzol iz lakog ulja ispiranjem kroz ulja ili izdvajanjem pomoću aktivnog uglja.

Zbog velike otpornosti prema detonaciji benzol je kvalitetno pogonsko gorivo, koje se upotrebljava kao motorsko gorivo uglavnom samo pomešano sa benzinom (»Aral« v. i str. 1166).

Karakteristike motorskog benzola date su u tabl. 4.

[1]) Thermochem. Versuchsanstalt Prof. Dr. Aufhäuser, Hamburg, Brennstoffuntersuchungen 1932 do 1936, str. 20

[2]) Spilker: Chem. Fabrik, 6 (1933) str. 357. — Fitz: Teer u. Bitumen 35 (1937) str. 107.

Frakcija teškog ulja i jedan deo frakcije antracenovog ulja, po ekstrakciji u njima rastvorenih čvrstih ugljovodonika — naftalina odnosno antracena — upotrebljavaju se kao pogonsko gorivo za stabilne sporohodne dizel-motore. Na dizel-motorima sa predkomorom i naročitim akumulatorima toplote izvršeni su sa ovim pogonskim uljima uspešna ispitivanja[1]). Međutim, značajnija je njihova upotreba kao goriva za loženje parnih kotlova, na pr., u ratnoj mornarici i u industriji metala u pećima za žarenje, kaljenje i dr. Karakteristike dizel-motorskog goriva i ulja za loženje v. tabl. 4.

**Tablica 4. Pogonsko gorivo i ulja za loženje iz tera kamenog uglja**

| | B. V.-benzol | Dizel-motorsko gorivo | Ulje za loženje |
|---|---|---|---|
| Spec. težina na 20° kg/dm³ | oko 0,870 | 1,02—1,08 | 1,02—1,08 |
| Analiza ključanja . . . . % | Početak: 80—87° | | |
| | do 100° 65—75 | do 300° | — |
| | do 135° najm. 90 | najm. 60 | — |
| | do 145° najm. 95 | — | — |
| Karakteristika ključanja . | oko 100 | | |
| Tačka kristalizacije . . . | oko — 15° | na 0° 24 h bez taloga | na 0° 3 h bez taloga |
| Stvaranje smole (HBT) mg | na 100 cm³ max. 10 | — | — |
| Sadržaj vode . . . . . % | bez vode | maks. 0,5 | maks. 0,5 |
| Sadržaj sumpora . . . . % | — | do 1 | — |
| Donja toplotna moć kcal/kg | — | oko 9000 | oko 9000 |
| Temperatura paljenja . . ° | — | najm. 65 | najm. 65 |

**Ter dobiven švelovanjem** (primarni ter) iz kamenog uglja je zatvoreno mrke boje i dosta židak; sastoji se pretežno iz nezasićenih i aromatičnih ugljovodonika, pored kojih se nalaze nafteni, substituisani naftalini, i u manjoj količini i parafini i osim toga, po pravilu znatne količine fenola. Lako ulje iz primarnog tera kao motorsko gorivo je vrlo otporno prema detonaciji i postojano na niskim temperaturama; više frakcije mogu se upotrebiti kao ulje za loženje, a posle prethodnog ekstrahovanja fenola i kao dizel-motorska goriva. Slična svojstva kao primarni ter imaju »srednji ter« i »unutrašnji ter«.

**Ter mrkog uglja dobiven švelovanjem** ima usled jako povećane proizvodnje poslednjih godina, kao sirovina uvećan značaj za dobivanje pogonskog goriva i ulja za loženje.

Najveća količina tera prevodi se postupkom visokog hidriranja u benzin (I), ostatak se prerađuje destilacijom (II). Pri tome se, na pr., prema postupku prerade dobivaju sledeća goriva:

| Proizvod | Tež.-% po postupku I | II | Proizvod | Tež.-% po postupku I | II |
|---|---|---|---|---|---|
| Karburatorsko gorivo | 5 | 5 | Parafin (tvrdi i meki) | 10 | 10 |
| Dizel-motorsko gorivo | 58 | 30 | Smola . . . . . | 9 | — |
| Teško parafinsko ulje | — | 26 | Koks . . . . . | — | 8 |
| Kreozotno ulje*) . . . | 12 | 12 | Gasovi i gubitak . . | 6 | 9 |

*) koje ze prema potrebi može prerađivati u smolu i ulje za loženje u odnosu 1:3.

[1]) Zinner, ZVDI 79 (1935), str. 1319.

**Ter od bitumenoznih škriljaca** (»sirovo ulje«). Konzistentan je kao ter iz mrkog uglja i daje destilacijom istovremeno pored čvrstih parafina i dizel-motorsko gorivo i ulja za loženje.

**Ter iz treseta**, proizvodi se u Oldenburg-u, daje pri destilaciji 15 do 25% solar-ovog i krezotnog ulja, 50 do 60% motorskog goriva, 20 do 25% čvrstog parafina kao i 5 i 10% smole[1]).

**Ter iz drveta** daje pri destilaciji laka i teška katranska ulja pored smole. Usled toga što ova katranska ulja sadrže veliku količinu kiseonika, imaju malu gornju toplotnu moć, 6400 do 7400 kcal/kg i malo se koriste za loženje.

**Hidriranje. Sinteza. Polimerizacija.** Za ove postupke dolaze u obzir sirovine: kameni i mrki ugalj, destilati zemnog ulja i ostaci destilacije zemnog ulja, ter dobiven švelovanjem; prirodni gasovi, gasovi dobiveni raspadanjem i hidriranjem.

Hidriranjem se mogu, prema uslovima pogona, proizvesti sva ulja od benzina do mazivnih ulja, pri čemu se sirovina izlaže natpritiscima od 200 do 300 kg/cm² i više, na temperaturi od oko 325° (hidriranje na nižim temperaturama) ili od 430° do 500° (hidriranje na višim temperaturama).

Sinteza ulja po Fischer-u i Tropsch-u, koja se vrši pod malim pritiscima (do 12 at) i drugi postupci[2]), polaze od vodenog gasa (»sintetički gas«). Ovaj gas sadrži na 1 zapreminski deo ugljen dioksida dva zapreminska dela vodonika i mora se pažljivo očistiti od sumpornih jedinjenja. Pri prevođenju ovog gasa preko katalizatora, koji sadrži kobalta i koji je zagrejan do na ≈ 200°, dobiva se iz 1 Nm³ sintetičkog gasa 120 do 130 g primarnih proizvoda[3]) približno sledećeg sastava:

Tablica 5.
**Sinteza jedinjenja ugljovodonika po Fischer—Tropsch-u**
(podaci u %)

| | Sinteza pod normalnim pritiskom | | Sinteza pod srednjim pritiskom (10 at) | |
|---|---|---|---|---|
| | prinos | sadrži olefina | prinos | sadrži olefina |
| Metan | 18 | — | 14 | — |
| $C_3$ i $C_4$ ugljovodonici | 11 | nije označeno | 6 | nije označeno |
| ugljovod. do 200° ključa | 43 | 55 | 33 | 18 |
| ugljovod. do 320° ključa | 20 | 11 | 26 | 9 |
| Parafin | 8 | — | 21 | — |

Tečni primarni proizvodi prerađuju se na sličan način kao i sirovo zemno ulje; ulja koja ključaju iznad 140° cepaju se radi poboljšanja otpornosti prema detonaciji, i daju pri tome približno 80% tipskog benzina (65 oktana).

Polimerizacijom gasovitih olefina[4]) — tj. gasova dobivenih cepanjem ili destilacijom — ili onih koji se mogu dobiti pirolizom iz prirodnog gasa, kao i izomerizacijom[5]) i aromatizacijom[6]) nekvalitetnih benzina dobivaju se dragocena karburatorska goriva naročito velike otpornosti prema detonaciji (do 100 oktana). Iz 1 m³ gasa, dobivenog cepanjem, dobiva se pro-

[1]) Wielandt: Z. ang. Chem. 48 (1935), str. 632. — [2]) Chem. Fabrik 12 (1939) str. 233. — [3]) Martin: Öl u Kohle 13 (1937), str. 691. — [4]) R. Heinze: Chem. Fabrik 9 (1936), str. 109. — [5]) Oil Gas Journ. 37 (1938), str. 40. — [6]) USA - patenti 2 154 566/67, 2 154 583-86.

sečno 0,6 do 0,8 l benzina, a od gasova koji sadrže velike količine olefina dobiva se do 1,5 l benzina.

**Špiritus** (proizvodnja v. IV knj., odeljak Destilacija). Svojstva v. str. 711 i 1232.

Kao gorivo za kuhinjske uređaje za kuvanje, grejanje ili za osvetljenje špiritus se upotrebljava u denaturisanom stanju (96 zapr. - %), međutim, kao motorsko gorivo (u smesi sa benzinom) on ne sme da sadrži ni malo vode, to je t. zv. »apsolutni« alkohol.

Metanol, koji se isto tako dodaje benzinu, dobiva se od vodenog gasa sintezom pod velikim pritiskom, a u maloj količini, kao sporedni produkt pri suvoj destilaciji drveta. Alkoholi imaju srazmerno malu toplotnu moć jer sadrže mnogo kiseonika, međutim, oni imaju veliku otpornost prema detonaciji i postojani su na hladnoći zbog čega se upotrebljavaju kao primese za poboljšanje kvaliteta benzina.

## C. Gasovita goriva[1])

Obradio Dipl.-Ing. R. v. Linde, München

Najveći broj gasovitih tehničkih goriva su smese gasova, pretežno od ugljenmonoksida CO, vodonika $H_2$ i metana $CH_4$; osim $CH_4$ značajni su kao sastavni delovi smesa ponekad i nerazređeni, ostali gasoviti članovi iz reda ugljovodonika. Pored malih količina kiseonika $O_2$, amonijaka $NH_3$, inertnih gasova, kao što je ugljena kiselina $CO_2$, a naročito ako se pretvaranje u gasove vrši pomoću vazduha, velikih količina azota $N_2$, nalazi se u gasovitoj tehničkoj smesi vodena para, i — obično nepoželjna — sumporna jedinjenja: sumporovodonik $H_2S$ i sl. Ovi poslednji daju obično miris gasovima.

Prema toplotnoj moći (v. tabl. 4 i 5 str. 712) treba razlikovati gasove sa niskom toplotnom moći, t. zv.
siromašni ili slabi gasovi, kao što su CO, $H_2$, generatorski gas, koji gore plavim plamenom, od
bogatih ili jakih gasova, kao što je $CH_4$ i drugi ugljovodonici, kod kojih svetlost plamena potiče od užarenih delića ugljenika koji su postali raspadanjem ugljovodonika. Da ne bi goreli svetlećim plamenom mešaju se pre sagorevanja sa vazduhom: Bunsen-ov plamenik).

Otpornost gasovite smese zavisi od količine prisutnog CO: gasovi postaju neotrovni kad se CO hemiksi jedini sa $H_2O$ ili $H_2$ ili se količinski svede na 1% (do 3%). Treba imati u vidu da i pri nepotpunom sagorevanju na pr., iz ugljovodonika, postaje CO. Gasovi mogu biti otrovni i kada nemaju CO. Vazduh kada sadrži samo 0,1% CO je smrtonosan pri dužem udisanju.

**1. Veštačka gasovita goriva**[2]). Dobivaju se iz gasovitih smesa pri raspadanju čvrstih goriva, ili zagrevanjem bez prisustva vazduha — suvom destilacijom čvrstih goriva, destilacijom, pri dobivanju koksa — ili se stvaraju u gasogeneratorima kao proizvod sagorevanja čvrstih goriva sa vazduhom (ređe kiseonikom) ili vodenom parom.

---

[1]) **Literatura.** — Bruckner: Handbuch der Gasindustrie, Oldenbourg, München u. Berlin 1937. — Stoffhütte, 2 izd. str. 726 i dalje.

[2]) v. i str. 618, 628, 630, 725 i dalje kao i IV knj. poglavlje Gasna tehnika.

**Suva destilacija čvrstih goriva.** Pri zagrevanju uglja bez pristupa vazduha isparavaju ili se raspadaju njegovi bitumenczni sastavni delovi, a kao ostatak javlja se koks.

Sa povećanjem temperature na 500 do 600° — t. zv. švelovanjem, odnosno na 900 do 1000° — t. zv. koksovanjem, raste dobivena količina gasa (od 130 na 350 N m³/t kamenog uglja), međutim, njegova toplotna moć opada, isto tako opada i dobivena količina lakog ulja i tera. Zbog toga se u plinarama radi sa visokom temperaturom da bi se dobila veća količina gasa; isto se radi u koksarama, jer jačina koksa raste sa temperaturom tehnološkog procesa. Međutim, velike količine mrkog uglja prerađuje se na niskim temperaturama — švelovanjem, da bi se pre svega dobio katran i tečna goriva.

Svetleći gas. Pod tim imenom razvode plinare i koksare gasove koje dobivaju obično iz kamenog uglja i kojima se često dodaje vodeni gas.

**Tipizirani gas (»Normgas«)**[1]) Radi ujednačenja gasova koji se po toplotnoj moći i specifičnoj težini znatno razlikuju, uveden je jedan tipizirani gas. To je smesa vodenog gasa i gasa dobivenog iz kamenog uglja, čiju gornju toplotnu moć[1]) od 4000 do 4300 kcal/Nm³ treba postići dodavanjem čistog gasovitog goriva (bez dodavanja $CO_2$, $N_2$, dimnog gasa, generatorskog gasa).

Tipizirani gas treba da zadovolji osim toga i sledeće uslove:

| | |
|---|---|
| Relativna težina (vazduh = 1) < 0,5 | Sadržaj naftalina < 5g/$p$ u 100 Nm³ |
| Sadržaj inertnih gasova ($CO_2$,$N_2$) < 12% | ($p$ = početni pritisak u kg/cm² abs.) |
| Sadržaj kiseonika . . . . . < 0,5% | Sadržaj sumpora . . . . < 20 g/100 Nm³ |
| Sadržaj amonijaka . . . < 0,5 g 100 Nm³ | ($H_2S$ < 2g/100 Nm³). |

Takav svetleći gas se razvodi potrošačima obično pod natpritiskom od 60 do 100 mm $H_2O$.

Pored ovog tipiziranog gasa razvode u Nemačkoj, uglavnom koksare, još velike količine gasa čija gornja toplotna moć iznosi 4500 do 4700 kcal/Nm³.

Male plinare, naročito u inostranstvu, razvode u velikim količinama još bogatiji gas kamenog uglja. Bitno otstupanje u SAD je uslovljeno dodavanje velikih količina prirodnog gasa.

**Gazifikacija.** Pri gazifikaciji se prevodi i ugljenik (koks) u gasovito gorivo. Na taj način može se u potpunosti gazifikovati ugalj, a takođe i koks dobiven suvom destilacijom. U gaso-generatoru prelazi ugljenik na visokim temperaturama pomoću kiseonika iz vazduha u CO ili pomoću vodene pare u CO i $H_2$ (v. str. 725 i dalje).

Generatorski gas. Generatorski gas proizveden pomoću vazduha našao je široku primenu. Usled male toplotne moći $H_u = 1050$ do 1800 kcal/Nm³; višak azota) on se upotrebljava obično neposredno u blizini mesta proizvodnje. Generatorski gas se može dobiti skoro iz svih vrsta goriva, i onih koji sadrže mnogo pepela kao i iz otpadaka goriva.

Gas iz visokih peći dobiva se kao sporedan produkt radnog procesa u visokoj peći, kao jedna vrsta generatorskog gasa.

---

[1]) GWF 77 (1934) str. 153 — Novija uputstva v. GWF 82 (1939), str. 745, prema njima je gornja toplotna moć 4200 do 4600 kcal/Nm³. — [2]) GWF 78 (1935), str. 425. — ZVDI 79 (1939), str. 579.

Kod generatorskog gasa (»Sauggas«), koji se upotrebljava za stabilne, a u sve većoj meri u pokretnim generatorskim postrojenjima za pogon motora sa unutrašnjim sagorevanjem, važno je da se očisti od pepela i katrana kad se koristi kao motorsko gorivo.

Mešani gas. Gazifikacijom pomoću vodene pare (str. 725) vezuje se toplota, a proces se mora izvoditi naizmeničnim pogonom (uduvavanjem toplog vazduha). Istovremenim uduvavanjem vazduha i vodene pare ekonomičnije se iskorišćuje toplota, a naizmeničan pogon nije potreban. Proizvedeni mešani gas sadrži 70 do 80% energije koju je imao upotrebljeni ugalj.

Čistom vodenom gasu ($CO : H_2 = 40 : 50$) nedostaje azota, koga inače ima u generatorskom gasu proizvedenom pomoću vazduha, zato ima veću toplotnu moć i sagoreva na većoj temperaturi. Zbog toga je pogodan za mnoge tehničke svrhe, na pr., za zavarivanje pomoću vodenog gasa i kao dodatak gasu kamenog uglja (v. gore). Povećan mu je značaj još i time što se kao »sintetički gas« koristi kao polazni produkt za proizvodnju sintetičkog benzina po Fischer-Tropsch-ovu postupku. Kako je vodeni gas najjevtiniji izvor vodonika to se on primenjuje i za mnoge druge svrhe u hemiskoj industriji, na. pr., za stvrdnjavanje masti, za proizvodnju sintetičkog amonijaka.

Kondenzovani gasovi, bogati ili jaki gasovi[1]). Kao sporedni proizvodi dobiveni pri destilaciji zemnog ulja, pri procesu raspadanja u industrijskoj proizvodnji pogonskih goriva, kao i pri sintezi pogonskih goriva oni postaju sve značajniji. Najvažniji gasovi u veštačkoj proizvodnji ugljovodonika su propan $C_3H_8$ i butan $C_4H_{10}$, kao i njihove homologe. Oni se dobivaju najviše kao smesa i mogu se upotrebiti i nerazdvojeni (gasol). Kako se ovi gasovi pri malim pritiscima mogu pretvarati u tečno stanje, omogućavaju da se u malom prostoru akumuliraju velike količine toplotne energije.

Toplotna moć ovih gasova iznosi ≈ 11 000 kcal/kg gasa.
Pritisak punjenja propana na 20° iznosi 8,6 kg/cm², a butana 2,3 kg/cm².
Ovi kondenzovani gasovi upotrebljavaju se za snabdevanje područja bez drugih gasovitih goriva, i prvenstveno kao pogonsko gorivo za motorna vozila.

Gasno ulje, dobiva se termičkim procesom razlaganja ulja ili katrana bez prisustva vazduha; primenjuje se za specijalne svrhe (za gorivo za signalne uređaje na železnicama i pristaništima), ali je izgubilo značaj povećanom proizvodnjom propana i butana.

**Hladni vazdušni** gas je smesa ugljovodonika i vazduha, koji je iznad gornje temperature paljenja (str. 721) nabijen gasovitim gorivom, i zbog čega nije baš tako za gorivo. I ovaj gas je izgubio značaj upotrebom propana i butana.

Acetilen, $C_2H_2$, v. str. 618, 628, 712 i 1231.

## 2. Prirodna gasovita goriva

**Zemni gas** je prirodni gas, uglavnom metan, ili sa malim primesama drugih ugljovodonika i promenljivom količinom $CO_2$, a javlja se u naftonosnim područjima. U SAD on se u velikim količinama, delimično pod prirodnim pritiskom, a i pomešan sa gasom kamenog uglja, provodi do udaljenih mesta. U Evropi ima malo nalazišta zemnih gasova.

[1]) GWF 78 (1936), str. 425. — ZVDI 79 (1935), str. 579.

Kanalski gas (»truli gas«), čiji je gorivi sastojak isto tako metan, dobiva se pri biološkom prečišćavanju upotrebljenih voda. Pre nego što se upotrebi kao pogonsko gorivo ili kao primesa svetlećem gasu treba ukloniti $CO_2$ koji se u njemu nalazi[1]).

# XIII. Maziva

Obradio Dr. F. Evers, Hamburg i Dr.-Ing. Dr. jur. B. Hilliger, Berlin

## A. Vrste maziva

**1. Opšti pojmovi.** Pod mazivom se podrazumevaju u najvećem broju slučajeva smese ugljovodonika. Maziva se, prema namenjenoj svrsi, odabiraju u nemešanom stanju ili sa dodacima. Pri tome, osim analize, veliku ulogu igra i praktično iskustvo.

O uslovima za nabavku daju orijentacione podatke sledeće publikacije:

1. Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmierstoffen, 8. izd., izdao »Verein deutscher Eisenhüttenleute und Deutscher Normenausschuss«, Düsseldorf 1939, Stahleisen.

2. Normblätter des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik (DIN DVM).

### 2. Vrste mazivnih materija

**1. Zemna mazivna ulja:**

Destilati. Oni se dobivaju iz sirovog zemnog ulja frakcionom destilacijom pošto se iz njega izdvoje lako isparljivi sastojci, kao što je benzin, ulje za osvetljenje.

Rafinati. Prečišćavanje destilata vrši se pomoću kiseline ili upotrebom zemlje. Ako se prečišćavanje vrši samo zemljom dobivaju se filtrati. Po završenoj destilaciji mogu zaostati »ulja-ostaci destilacije« (»Rückstandsöle«).

**2. Mazivna ulja iz mrkog uglja i uljnih škriljaca.** Ona se dobivaju iz katrana šelovanjem, razložena daljom frakcionom destilacijom ona se oslobađaju kiselih ulja (kreozota), a izdvajanjem parafina bivaju postojana na hladnoći.

**3. Mazivna ulja kamenog uglja** se izdvajaju iz katrana proizvedenog u plinarama i koksarama.

**4. Mazivna ulja vegetabilnog i animalnog porekla.** Isparavanjem, presovanjem i ekstrakcijom dobivaju se sirova ulja, koja se prečišćavaju mehaničkim ili hemiskim postupkom (neutralni rafinati). Dobiveni proizvodi se upotrebljavaju najčešće pomešani sa mineralnim uljima.

**5. Maziva dobivena u postrojenjima za sintezu.** Ona su slična mazivima dobivenim iz zemnog ulja. Mogućnost njihove upotrebe još se ispituje.

**6. Prerađena ulja.** a) Mazivna ulja. Postoje: α) Mineralna ulja bez ikakvih dodataka, β) Zamašćena ulja; to su mineralna ulja sa malim dodatkom masnog ulja, γ) ulja dobivena električnim postupkom; to su oplemenjena ulja (Voltol - ulje).

b) Mazivne masti su koloidalne disperzije sapuna u mineralnim uljima. Za proizvodnju se upotrebljava i vosak.

c) Emulgirana maziva: α) Emulgirana ulja za cilindre (uljane emulzije) su mineralna ulja dobro pomešana s vodom ili s vodenim rastvorima određenih alkalija, koja s obzirom na potrošnju

[1]) ZVDI 80 (1936), str. 1290.

i primenu odgovaraju ulju za cilindre; ona se mogu rastvarati u ulju. Njihova viskoznost i temp. paljenja se ne mogu odrediti. β) Ostala emulgirana ulja sadrže najčešće tanja ulja, nego što napred pomenuta i načinjena su da se mogu rastvarati u vodi. Pre upotrebe mešaju se sa određenom količinom vode. Srazmera za mešanje stiče se praktičnim iskustvom. Emulzije se prvenstveno upotrebljavaju pri obradi metala (ulje za bušenje, hlađenje i izvlačenje). γ) Emulgirane masti proizvode se na sličan način.

d) Grafitirana mazivna ulja su maziva u kojima se grafit nalazi u vidu emulzije ili u vidu praha.

## B. Ispitivanje maziva

Postupci za ispitivanje utvrđeni su sporazumom i pri pažljivom uzimanju ugleda daju jednake rezultate. Dobiveni rezultati pružaju pre svega uobičajene trgovinske karakteristike pojedinih vrsta. Iskustvom se došlo do saznanja u kojoj se meri analizom dobiveni podaci mogu koristiti za ocenu upotrebljivosti maziva.[1])

### 1. Fizička ispitivanja

a) **Specifična težina**, u vezi sa drugim svojstvima, omogućuje da se zaključi kakvog je porekla mazivo (ona iznosi za mineralna ulja 0,89 do 0,96, a za maziva iz kamenog uglja oko 1,1 kg/l). Spec. težina ne izražava kvalitet maziva i nije od naročitog tehničkog značaja. Određivanje v. DIN DVM 3653.

b) **Temperatura paljenja** je ona temp. na kojoj se iz zagrevane mazivne materije izdvajaju isparljivi delovi u tolikoj meri da se dobivena smesa ispaljivih delova i vazduha može upaliti otvorenim plamenom. Ona karakteriše upaljivost mazivne materije, kad se upotrebljava u uređajima na visokoj temperaturi (parni cilindri, motori sa unutrašnjim sagorevanjem, kompresori). Određivanje v. DIN DVM 3655.

c) **Temperatura zgrušnjavanja** je ona temperatura, na kojoj se ulje toliko zgusne da u cevi prečnika 40 mm ne teče pod dejstvom sile teže. O njoj treba voditi računa kod mašina koje rade na niskoj temperaturi. Određivanje v. DIN DVM 3662.

d) **Temperatura kapanja** mazivih masti je ona temperatura, na kojoj mast iz određenog aparata (Ubbelohde) počinje da kaplje; ona karakteriše ponašanje mazivnih ulja pri zagrevanju. Određivanje v. DIN DVM 3654.

e) **Viskoznost**, žitkost ili unutrašnje trenje (v. i str. 524). Izražava se silom koja je potrebna, da se sloj površine 1 $cm^2$ pomeri brzinom 1 cm/s u odnosu na drugi nepomerljivi sloj iste površine a na otstojanju od 1 cm: to je apsolutna ili dinamička viskoznost [$\eta$]. Jedinica za merenje dinamičke viskoznosti je Poise [P], manja jedinica P/100 zove se centripoise [cP]. U tehničkom sistemu mera, je jedinica kg s $m^{-2} = 98{,}1$ P. Brojna vrednost za dinamičku viskoznost u tehničkom sistemu mera dobiva se množenjem brojne vrednosti u poazima sa 1/98,1 (v. DIN 1342).

Kinematička viskoznost [$\nu$] definisana je odnosom $\eta$/gustina. Jedinica za merenje kinematičke viskoznosti je stoks [St], odnosno centistoks [cSt]. Kinematička viskoznost se određuje u Vogel-Ossag-ovu viskozimetru.

Rezultat ispitivanja u Engler-ovu viskozimetru [Engler-ov stepen = °E] je isto tako podatak za kinematičku viskoznost. Međutim, podatak u Engler-ovim stepenima je samo relativna mera viskoznosti, jer se dobiva kao odnos vremena isticanja ulja i vremena isticanja čiste vode na 20°.

[1]) O načinu ispitivanja vidi osim pomenutog uputstva i standarda takođe i Holde: Kohlenwasserstofföle und Fette, 7. izd., Berlin 1932, Springer.

Viskoznost zavisi od temperature; zato treba uvek navesti i temperaturu za koju važi odnosni podatak o viskoznosti. Uobičajeno je da se viskoznost daje na 20°, 50° ili 100°.

Osim ovih brojnih podataka za viskoznost uvedeni su i sledeći pojmovi:

1. Promena viskoznosti [m]. Ovaj podatak karakteriše promenu viskoznosti u zavisnosti od temperature.
2. Polna visina viskznosti. [PV] Iz brojne vrednosti ovog podatka može se nešto zaključiti o poreklu mazivnog ulja.
3. Indeks viskoznosti [IV]. Prema ovom podatku, uobičajeno u SAD, dele se mazivna ulja prema promeni njihove viskoznosti u zavisnosti od temperature[1]).

**2. Hemiska ispitivanja.** Pomoću njih se određuje prisustvo izvesnih stranih materija kao što su: voda, pepeo, čvrste nečistoće, a osim toga i prisustvo izvesnih organskih materija, što se izražava saponifikacionim brojem (s. br.), neutralizacionim brojem (n. br.), koji se odnosi na sadržaj tvrdog asfalta i katrana (k. br.). Iz dobivenih rezultata može se zaključiti o ponašanju mazivnih ulja prema uticaju toplote, vazduha i katalizatora.

Standardizovana ispitivanja:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pepeo . . . . . | DIN DVM 3657 | Određivanje asfalta | DIN DVM 3660 |
| Neutralizacioni broj | DIN DVM 3658 | Određivanje katrana | DIN 0370/36. |
| Saponifikacioni broj | DIN DVM 3659 | | |

**3. Mehanička ispitivanja.** Često se pokušavalo da se ispitivanjem na specijalnim mašinama za mehaničko ispitivanje maziva odredi brojni podatak o njegovoj upotrebljivosti kao sredstva za podmazivanje. Na osnovi tih ispitivanja mazivosti nisu do sada doneseni nikakvi zaključci, tako da smo još uvek upućeni na praktične oglede na mašinama[2]).

**4. Ispitivanja u pogonu** su od velikog značaja za ocenu uljnih maziva. Postupci ispitivanja se moraju od slučaja do slučaja ugovoriti.

## C. Maziva za podmazivanje mašinskih delova

U sledećim tablicama su date uobičajene trgovinske karakteristike maziva, koja, prema iskustvu, odgovaraju praktičnim potrebama.

**Tablica 1. Uljna maziva**

| Primena | DIN | Temper. paljenja ° | Viskoznost °E | Viskoznost mm²/s | Napomena |
|---|---|---|---|---|---|
| Ulje za finu mehaniku | 6542 | ≧ 125 | ≧ 1,8 | 20 | Za kanc. mašine, uređaje za merenje, maš. za šivenje itd. |
| Ležišno ulje | 6548 | | | | |
| a) Za brzohodne rukavce | | ≧ 140 | 1,8—4 | 50 | Za kuglič. i valjkaste ležaje, transmisije. |
| b) Za normalno opterećene rukavce | | ≧ 160 | 4—7,5 | 50 | Za prstenasto podmazivanje, za podmazivanje mazalicom sa siskom, za cirkulaciono podmazivanje. |
| c) Za teško opterećenę rukav | | ≧ 170 | >7,5 | 50 | Za sporohodne mašine |

[1]) Detaljnije o gornjim trima podacima vidi: Ubbelohde: Zur Viskosimetrie, 3. izd. Berlin 1939. Mineralölforschung. — [2]) Noviji rezultati nalaze se u 4. sv. Kongresa 1937 g. Inst. of Mech. Eng. London.

## Tablica 1. Uljna maziva (nastavak)

| Primena | DIN | Temperat. paljenja °C | Viskoznost °E | Viskoznost na 50 °C | Napomena |
|---|---|---|---|---|---|
| **Osovinsko ulje:** | 6544 | | | | |
| a) Za državne železnice | Letnje ulje | ≧ 160 | 3—10 | 50 | Za vagone običnog i uzanog koloseka |
| | zimsko ulje | ≧ 140 | 4,5—8 | 50 | |
| b) Za ostale svrhe | Letnje ulje | ≧ 140 | ≧ 4 | 50 | Za tramvajska kola i jamske vagonete |
| | Zimsko ulje | ≧ 140 | ≧ 4 | 50 | |
| **Ulje za kompresore:** | 6545 | Za viskoznost 4—6 E ≧ 175 | Za ventile 4—12 | 50 | |
| a) Za klipne kompresore | | Za viskoznost 6—10E ≧ 200 | Za zasune 6—10 | 50 | Neupotrebljivo za oksidirajuće gasove, naročito za kiseonik. |
| b) Za turbo-kompresore | | ≧ 200 | ≧ 6 | 50 | |
| c) Za obrtne kompresore | | ≧ 175 | 6—12 | 50 | |
| **Ulje za prenosnike:** | 6546 | | | | |
| a) Zupčnici i pužasti prenosnici motornih vozila | | ≧ 175 | 12 | 50 | |
| b) Za ostale zupčanike i pužaste prenosnike | | ≧ 175 | ≧ 4 | 50 | Ne sme da se upotrebi za prenosnike parnik turbina. |
| **Motorno ulje** | 6547 | | | | |
| Zimsko ulje | | ≧ 185 | 4—8 | 50 | Za stabilne motore i motore na vozilima |
| Letnje ulje | | ≧ 200 | > 8 | 50 | |
| **Ulje za gasne motore:** | 6550 | | | | |
| a) Za male gas. motore | | ≧ 160 | ≧ 3 | 50 | |
| b) Za vel. gas. motore | | | ≧ 4 | 50 | |
| Četvorotaktne motore | | ≧ 175 | ≧ 6 | 50 | |
| Dvotaktne motore | | ≧ 175 | ≧ 6 | 50 | |
| **Cilindersko ulje za parne mašine.** | 6552 | | | | |
| a) Za zasićenu paru | | ≧ 240 | 2,5—7 | 100 | |
| b) Za pregrejanu paru | | ≧ 270 | 3—9 | 100 | |
| **Ulje za mašine za hlađenje** | 6553 | ≧ 145 | 4—25 | 20 | Temperatura zgušnjavanja prema sredstvu za hlađenje. |
| **Ulje za parne turbine** | 6554 | za 2,5-3,4 E ≧ 165 >3,4-7E ≧ 180 | 2,5—7 | 50 | Poželjno je da se odredi njegova sklonost ka starenju. |
| **Ulje za vodene turbine** | 6555 | ≧ 160 | 2,5—12 | 50 | Za hidrauličku zaštitu manje viskozna ulja, za glave s krilcima ređa ulja (slična cilinder-ulju). |
| **Ulje za izolaciju** | 6556 | ≧ 145 | ≦ 8 | 20 | Za normalno ulje na $-5^0$ C ≦ 50 E, za hladno ulje na $-30^0$ C ≦ 500 E. |
| **Ulje za sečenje i hlađenje:** (ne meša se sa vodom) | 6557 | ≧ 140 | ≧ 1,8 | 50 | Za automate i revolver-strugove, dalje kao ulje za izvlačenje i probijanje. |

## Tablica 1. Uljna maziva (nastavak)

| Primena | DIN | Temperat. paljenja ° | Viskoznost °E | Viskoznost na °C | Napomena |
|---|---|---|---|---|---|
| Ulje kao sredstvo za hlađenje pri obradi metala (meša se sa vodom, ulje za bušenje) | 6558 | — | — | — | Emulzija od 10 zaprem. delova ulja za hlađenje i 90 zaprem. delova vode ne sme posle 24 časa stajanja na sobnoj temperaturi da izdvoji čist sloj ulja. |
| Ulje za kaljenje i oplemenjivanje | 6559 | | | | |
| a) Rafinat i destilat | | ≧ 140 | ≧ 1,5 | 50 | |
| b) Ulje za cilindre | | ≧ 240 | ≧ 2,5 | 100 | |
| Ulje za zaštitu protiv rđe | 6560 | | | | |
| a) Rafinat i destilat | | ≧ 125 | ≧ 1,8 | 20 | |
| b) Ulje za cilindre | | ≧ 220 | ≧ 2,5 | 100 | |
| Ulje za vazdušne filtre | 6561 | ≧ 160 | 1,8—7,5 | 50 | |

## Tablica 2. Mazivne masti

KS = Krämer-Sarnow

| Primena | DIN | Temperatura kapanja ° | Sadržaj vode % | Napomena |
|---|---|---|---|---|
| Mast za ležišta grubih pruga u valjaonicama | 6562 | | | Sasvim laki i mali kuglični ležaji mogu se mazati vazelinom, sa temp. kapanja ≧ 35°. |
| a) za mali broj obrtaja | | ≧ 120 | ≦ 1 | |
| b) za vel. broj obrtaja | | ≧ 60 | ≦ 2 | |
| Mast za vruća ležišta | 6563 | ≧ 120 | ≦ 1 | Dodavanje boje ne poboljšava kvalitet. |
| Mast za prenosnike | 6564 | ≧ 75 | ≦ 4 | Dodavanje boje ne poboljšava kvalitet |
| Mast za Staufer-ove mazalice | 6565 | ≧ 75 | ≦ 4 | Emulgirane masti sadrže više vode. |
| Mast za kola | 6566 | ≧ 60 | ≦ 6 | Za osovine zapreženih kola i jam. vagonete |
| Mast za ubrizgavanje za jamske vagonete | 6567 | ≧ 45 | ≦ 6 | |
| Mast za užad od žica | 6568 | ≧ 50 | ≦ 6 | |
| Mast za užad od kudelje | 6569 | ≧ 60 | ≦ 6 | |
| Mast za zupčanike | 6570 | ≧ 45 | ≦ 6 | |
| Mast za hlad. valjanje | 6571 | ≧ 50 | ≦ 6 | |
| Mast u kalupima za valjanje | 6572 | ≧ 80 | ≦ 6 | |
| Mast za toplo valjanje | 6573 | Treba da bude najmanje za 18 ° iznad temp. omekšavanja po K.S. | ≦ 0,1 | Temper. omekšavanja treba da bude iznad 60°. |

## D. Mere i uređaji za štednju mazivnog ulja

Mazivo se u pogonu ne može do kraja iskoristiti, jer se jedan deo gubi rasprskavanjem, a spira ga i para i voda, itd. Celishodnim postupcima (na pr., u uljnim separatorima) može se ulje ponovo izdvojiti.

**1. Skladištenje i izdavanje ulja.** Drvena burad u kojima je ulje duže vremena skladišteno propuštaju ulje, sa tog razloga su podesnija gvozdena burad sa dobrim slavinama (pumpe, sabijeni vazduh) za istakanje.

Svaki sud za skladištenje maziva i kante za ulje treba da bude snabdeven oznakom vrste ulja. Kante za ulje moraju biti potpuno zatvorene radi zaštite od prašine. Na otvoru za istakanje treba ugraditi slavinu da bi se ulje moglo izdavati samo kapanjem (crpljenje pumpom). Skladište treba da izdaje ulje samo na osnovi prethodnog opšteg proračuna potrebne količine ulja. Tablica podmazivanja treba da se nalazi ne samo pored odnosne mašine već i u skladištu za maziva.

**2. Uređaji za podmazivanje,** v. II. knj. Odeljak, Mašinski delovi.

**3. Skupljanje i odvajanje upotrebljenog mazivnog ulja.** Čanke u koje kaplje upotrebljeno ulje i posude od lima za prihvatanje tog ulja treba spojiti sa skupljačem. Parne mašine imaju posude za prikupljanje ulja koje izlazi sa parom. Upotrebljena ulja treba izdvojiti prema vrsti ulja i skupljati radi prečišćavanja i regenerisanja.

Ulje koje je u radionicama za obradu metala služilo (pri sečenju ili ulje rastvoreno u vodi) može se centrifugovanjem osloboditi metalnih strugotina radi ponovne upotrebe.

Zagrevanje separatora povećava, a isitnjavanje strugotina smanjuje količinu dobivenog ulja. Vađenje ulja iz krpa za brisanje je uvek korisno. Kod krpa za čišćenje, kad su natopljene uljem, postoji opasnost od požara (samoupaljivanje).

**4. Prečišćavanje i regenerisanje ulja.** Male količine mazivnog ulja koje sadrže malo vode treba prečistiti filtrovanjem. Pri tome treba obratiti pažnju da brzina proticanja bude mala, da ulja koja nisu dovoljno žitka treba zagrevati i da se filter može lako čistiti. Prečišćavanjem u filtrima i centrifugovanjem odvajaju se samo nečistoće, delovi čađi, i trenjem srubljeni metalni delići. Ako treba ukloniti i proizvode hemiske promene mazivne materije ili ostatke pogonske materije onda to treba vršiti r e g e n e r i s a n j e m, tj. postupkom sa hemiskim sredstvima.[1])

Regenerisana ulja odgovaraju po svojim svojstvima svežem ulju, ako je odnosni postupak pravilno izvršen. Isto to važi i za transformatorska ulja, koja treba naročito brižljivo regenerisati.

---

[1]) Mere za regenerisanje ulja detaljnije su opisane u »Ölbewirtschaftung« izdala »Wirtschaftgruppe Elektrizitätsversorgung«, 2 izd., Berlin 1938.

# XIV. Boje. Lakovi. Lepila. Asfalt. Katran. Krovna hartija

## A. Premazi i boje [1])

Obradio Dr. J. Kollwitz, Berlin.

### a) Sirovine

**1. Suve boje** su obojene materije u obliku praha, koje izmešane sa vezivnim sredstvom daju bojene premaze.

Podela:

| | | |
|---|---|---|
| Neorganske ili mineralne | Promenljive zemne boje ili mineralne boje (na pr., oker, grafit) | Vešt. mineralne boje (na pr., olovna boja, olova hromat) |
| organske | animalne boje (na pr., Cochenille) | Katranske boje (na pr., anilinske boje) |
| | Vegetabilne (na pr., indigo). | |

Spravljanje boja v. Stoffhütte, 2 izd. str. 771.

Svojstva suvih boja su ton (nijansa), kakvoća zrna, moć pokrivanja, podobnost mazanja, moć primanja ulja, postojanost prema svetlosti, postojanost prema vezivnim i rastvornim sredstvima. Prema upotrebi razlikuju se: boje za fasade, cementne boje, boje za kreč i zidove, boje za grbove, boje za signale, boje za podove itd.

**Neorganske boje.** Bele: olovno belilo, bazični karbonat olova; sulfat olova, bazični sulfat olova; cinkovo belilo, ZnO; oksid cinka i obojeni zink oksid, olovni ZnO, litofon, sulfid cinka i blanc fixe (veštački barit); titanovo belilo, titan dioksid i cinkovo belilo. Žute: hromno žuto, neutralni olovni hromat, cinkovo žuto, bazični cinkov hromat; neapuljsko žuto, olovni antimonat; kadmijumovo žuto, kadmijum sulfid; oker, hidroksid gvožđa; terra di Siena, oker sa slabom moći pokrivanja, marsovo žuto, vestački oksid gvožđa. Crvene: hromno crveno, bazični olova hromat; kadmijum crveno, kadmijumsulfidselenid; cinober, živin sulfid;

---

[1]) **Literatura.** — Stoffhütte, 2 izd. poglavlje Anstrichstoffe und Farben, str. 771. — Wagner: Die Körperfarben, Stuttgart 1928, Wiss. Veglagsges. — Curtis: Künstliche organische Pigmentfarben, Berlin 1929, Springer. — Trillich: Das deutsche Farbenbuch, I, II i III, München 1925, Heller. — Zerr—Rübenkamp: Handbuch der Farbenfabrikation, Berlin 1930, Union Deutsche Verlagsges. — Fritz: Leinölersatzstoffe, Berlin 1938, Bodenbänder. — Eibner: Über fette Öle, München 1922, Heller. — Scheiber: Lacke und ihre Rohstoffe, Leipzig 1926, Barth. — Wulf: Werkstoffkundliche Merkblätter, Eberswalde 1936, R. Müller. — Wagner: Taschenbuch der Farben und Werktoffkunde, Stuttgart 1938, Wiss, Verlagsges. — Seeligmann-Zieke: Handbuch der Lack- und Firnisindustrie, Berlin 1930, Union Deutsche Verlagsges. — Stock: Taschenbuch für die Farben- und Lackindustrie, Stuttgart 1937, Wiss, Verlagsges. — Stock-Antony: Waren- und Materialienkunde des Lack- und Farbenfaches, Stuttgart 1927, Wiss. Verlagsges.

Časopisi: Farbenztg., Berlin — Farbe und Lack, Hannover. — Der Farbenchemiker Berlin.

crveni oksid vožđa, špansko-persisko crveno, marsovo crveno, englesko crveno itd.; olovni minijum, oksid olova, i olovni superode. Mrke: umbra, oksid gvožđa sa primesom mangana, kasselsko mrko, mrki ugalj sa velikom količinom huminske kiseline. Zelene: hromno zeleno, smesa hromno žutog i berlinsko plavog; cinkovo zeleno, smesa cinkovo žutog i berlinsko plavog; hromoksid zeleno; hromoksid; hromoksidhidrat zeleno ili guignet zeleno, hidrat oksida hroma, viktoria zeleno, hidrat oksida hroma zeleno+cinkovo žuto+barit; permanentno zeleno, hidrat oksida hroma zeleno+barit; schweinfurt zeleno, dvoguba so bakra acetata i bakra arsenita. Plave: berlinsko plavo, fero-fericijanid; ultramarin plavo, ultramarin zeleno, ultramarin crveno, ultramarin ljubičasto, žarenjem silicijumove kiseline, ilovače, natrijumovih soli i sumpora dobivene raznoliko bojene materije; mangan plavo, barijum manganat i barijum sulfat; bremen plavo, hidroksid bakra. Crne: grafit, ugljenik; feroliskun, kristalni oksid gvožđe; gvožđe oksid crno, oksidul gvožđa; frankfurt crno, koks crno, škriljac crno, ostaci pri koksovanju; mangan crno, oksidna ruda mangana, čađ, ugljenik.

**Organske boje.** Životinjskog porekla su: karmin, t. zv. Cochenille crveno, iz tela Cochenille-vaši; sepia iz sipe. Iz biljaka potiču: indigo, broć, ekstrakti iz plavog, crvenog i žutog drveta, ekstrakti iz ogroza. Katranskim bojama pripadaju sva aromatična jedinjenja ili ugljenici benzolova reda. Prema ponašanju pri lakiranju razlikuju se kisele boje, na pr., eozin, naftol žuto; bazične boje, na pr., fuksin, brilant zeleno; pigmentne boje, na pr., hansa žuto, lithol crveno; boje za močenje, na pr., alizarinske boje.

**Supstrati i rastvarači obojenih lakova.** Supstrati su potrebni da se iz rastvorljivih bojenih materija dobiju obojena tela.

Kao supstrat služe: barit, gips, blanc fix, kaolin, hidrat gline. Boje se delimično sitno samelju sa supstratom, a delimično se boje obore na supstrat, koji služi kao nosač, ili se zajedno s njim obore (stvaranje obojenih lakova). Kao sredstvo za obaranje upotrebljava se tanin, volframfosforna kiselina, barijum hlorid, aluminijum sulfat itd.

**Punila** su barit, kristalisan kalcijum karbonat, kreda itd., koja se iz tehničkih ili trgovinskih razloga dodaju bojama.

**2. Vezivno sredstvo** obrazuje posle sušenja na osnovi prevlaku i vezuje kod bojenih premaza deliće boje između sebe i osnove. Pored pravih vezivnih tela ono sadrži obično i rastvarač koji boju rastvara i razblažuje.

Kod čiste nerazblažene uljane boje se poklapa vezivno sredstvo i sredstvo za rastvaranje, međutim, kod špiritnog laka sredstvo za rastvaranje rastvori smolu i isparj pri sušenju. U prvom slučaju govori se o neisparljivom vezivu, jer pri sušenju ništa ne isparava. Međutim, u drugom slučaju govori se o isparljivom vezivnom sredstvu.

Kao sirovine za dobivanje vezivnog sredstva upotrebljavaju se pored organskih i mineralnih materija, kao što su kreč i vodeno staklo, prvenstveno organske materije, na pr.:

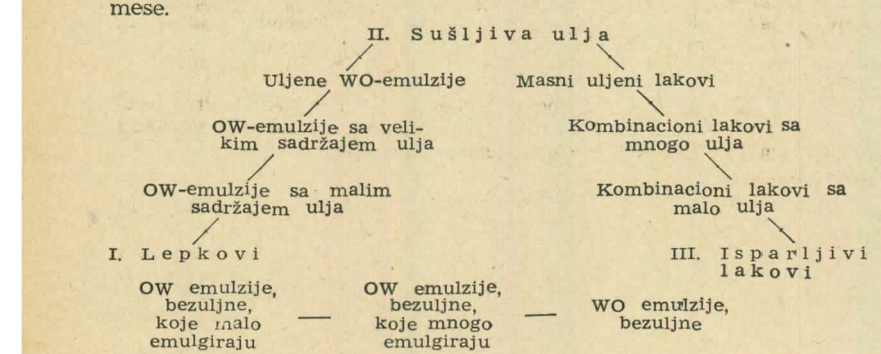
Životinjski lepkovi: tutkalo dobiveno iz kože, kazein, albumin, riblji lepak. Biljni lepkovi: skrob, dekstrin, gumena lepila, celulozni lepak. Ulja: laneno ulje i iz njega dobiveni proizvodi. Firnis lanenog ulja je laneno ulje pomešano sa sikativom, koji se brže suši od lanenog ulja. Ugušćeno ulje je ukuvavanjem zgusnuto laneno ulje; ono se suši brže od lanenog ulja i obrazuje skramu velike otpornosti prema atmosferilijama. Ulja za rad na vlažno dobivaju se kuvanjem lanenog ulja uz uduvavanje vazduha ili postupkom sa hemikalijama; ona se vrlo brzo suše, i omogućuju da se na još neosušeni osnovni premaz može prskati drugi premaz. Drvno ulje, upotrebljava se samo kao drvno-ugušćeno ulje, najčešće zajedno sa lanenim ugušćenim uljem ili sa smolama. Kao zamene ulju dolaze u obzir: perilno ulje, sojino ulje, synourin-ulje (prerađeno ricinusovo ulje), ugušćeno riblje ulje. Prirodne smole: kolofonijum, kopali, ćilibar, šelak[1]). Oplemenjene veštačke smole: krečom otvrdnuti kolofonijum, glicerinom esterisani kolofonijum. Čiste veštačke smole: polimerizovane smole, — vinil smole, acetil-smole; kondenzacione smole — formaldehidfenol i karbamidne smole. Modifikovane veštačke smole: s prirodnom smolom kombinovane fenol-formaldehid smole. Sa masnim kiselinama kombinovane ftalna kiselina-glicerin-smole itd. Veštačke materije: nitroceluloza, acetil-celuloza, hlorkaučuk. Druge materije: cumoran smola, asfalt, smola, vosak, tall-ulje. Omekšivači: kamfor, ricinusovo ulje, ester ftalne kiseline.

### 3. Sredstva za rastvaranje i razblaživanje[2]).

Rastvarač rastvara vezivo, a razblaživač čini da se tečno vezivo može razmazivati ili prskati. Razlika često nije oštra. U obzir dolazi: voda — za lepkove, emulzije; zatim terpentin ulje, ugljovodonici iz reda benzina i benzola, alkoholi, estri, ketoni itd. (v. str. 1236).

## b) Premazi

**1. Podela.** Sirovine vezivnih materija, navedene u prethodnom poglavlju, upotrebljavaju se prema svrsi same ili kao primese.




[1]) Tschirch u. Stock: Die Harze, Berlin 1936. Berntraeger.
[2]) Jordan: Chemiche Technologie der Lösungsmittel, Berlin 1932, Springer. — Holde: Kohlenwasserstofföle und Fette, Berlin 1933, Springer.

Da bi se štedelo na ulju treba upotrebljavati umesto masnih posnije premaze i premaze bez ulja. Uredbom br. 12 »Reichstelle f. industrielle Fettversorgung« ograničena je upotreba uljanih premaza, a delimično i zabranjena.

U shemi na str. 1182 data su različita vezivna sredstva prema sadržaju ulja i prema njihovom mestu između triju tipičnih grupa: lepkova, sušljivih ulja i isparljivih lakova[1]).

Prvoj grupi pripadaju lepkovi animalnog i vegetativnog porekla; II grupi uljane boje i ugušćene uljane boje; III grupi spritni i nitro-hlor-kaučuk lakovi bez ulja, rastvori kumaron smole. Između I i II grupe se nalaze uljane emulzije, između I i III emulzije bez ulja, a između II i III lakovi, kao što su: kopallak, alkidallak i uljani nitro- i hlor-kaučuk lakovi.

U gornjoj shemi nisu uzete u obzir krečne i silikatne boje ni karbolineum[2]).

## 2. Primena boja

**O premazima** kao zaštitnom sredstvu protiv korozije v. str. 982.

**Štamparske boje**[3]) se sastoje kao i premazi od obojenih čestica, veziva, rastvarača, odnosno razblaživača. Izbor pogodne boje zavisi od vrste štampe, da li je visoka, duboka ili ravna štampa, sa njihovim mnogobrojnim podvrstama, od vrste podloge i od svrhe štamparskog proizvoda.

**Boje za kožu**[4]) mogu se isto tako smatrati za vrstu bojenih premaza. Razlikuju se pokrivne boje koje poboljšavaju jednoličnost kožnog tkiva i lak boje, koje menjaju njen izgled. Tekstilne boje su većinom katranske boje; prirodne boje se još malo upotrebljavaju. Vlakna se boje ili u kadama ili štampanjem. U Nemačkoj se ispitivanje postojanosti boja vrši prema utvrđenim nemačkim standardima.

**Boje za šarenu hartiju i obojene tapete**[5]) upotrebljavaju se za bojenje papirne mase za vreme proizvodnje, kao i za gruntiranje i štampanje traka od hartije.

**Keramičke boje**[6]) su metali i njihove soli, koji sa keramičkim proizvodima pri zagrevanju na visokoj temperaturi daju obojena jedinjenja. Osnovne boje ili boje postojane na vatri, peku se ispod glazure, dok se boje koje se tope ili mufel-boje, peku na glazuri. Boje koje pokazuju zagrejanost ili t. zv. pokazivači temperature. Njima se mogu premazati predmeti koji ne smeju da se zagreju iznad određene temperature, na pr., ležišta. One se sastoje od živinog jodida ili bakra jodida. Prva boja je žuta i na 100° postaje crvena, druga je crvena i postaje mrka na 60 do 70°. Kao vezivno sredstvo upotrebljava se firnis, rastvor smole ili vazelina.

**Svetleće boje**[7]) same svetle, a u mraku pošto su prethodno bile obasjane.

Osim navedenih svrha, boje nalaze primenu u proizvodnji bezbrojnih proizvoda, na pr., za obojeni malter, za obojeni veštački kamen, za obojene veštačke materije, linoleum.

---

[1]) Po Wagner-u: Farbenzeitung 42 (1937) str. 1273.

[2]) O sastavu raznih premaza v. Stock: Taschenbuch für die Farben- und Lackindustrie, loc cit. — Wagner: Taschenbuch der Farben und Werkstoffkunde, loc cit.

[3]) Valenta: Die Rohstoffe der graphischen Druckgewerbe, Halle 1925, Knapp. — Hadert: Handbuch über die Herstellung und Verwendung der Druckfarben, Berlin 1931, Elsner.

[4]) Lamb-Jablonski: Lederfärberei und Lederzurichtung, Berlin 1927. Springer. — v. i Stoffhütte, 2 izd. (1937), str. 802.

[5]) Weichelt: Buntpapierfabrikation, Berlin 1927, Verl. d. Papierztg.

[6]) Hecht: Lehrbuch der Keramik, Wien u. Berlin 1930. Urban u. Schwarzenberg. — Ullmann: Enzyklopädie der technischen Chemie, loc. cit. odeljci: Boje, keramičke i emajli.

[7]) Vidi Stoffhütte, 2 izd. (1937) str. 354.

**Pomoćna sredstva.** Sikativi ili sušila su u uljima lako rastvorljiva jedinjenja olova, mangana, kobalta sa uljima, smolama ili naftenskim kiselinama, koja ubrzavaju sušenje ulja. »Spachtel« su specijalni kitovi koji su spravljeni iz punila, kao što je kreda, zemljane boje, brašno od škriljaca, sa 10 do 15% veziva, na pr., tutkala, laka, nitrolaka. Oni se moraju brzo sušiti i pretvoriti u čvrstu masu koja se može glačati. »Spachtel-u« slično spravljeni kit služi za popunjavanje pora na drvetu pre no što se premaže lakom.

### d) Ispitivanje boja i lakova[1])

Hemiska i fizička svojstva pod a) navedenih sirovina ispituju se po poznatim postupcima. Načini ispitivanja svojstva boja i lakova dati su u uslovima isporuka RAL i u uslovima isporuka nadleštava i velikih potrošača.

Kod tečnih premaza se određuje spec. težina, žitkost, ton boje, miris, vreme sušenja, moć pokrivanja, podobnost razmazivanja i prskanja. Zatim se ispituje sastav (odnos obojenih čestica: vezivno sredstvo : sredstvo za razblaživanje). Suvi premaz se ispituje prema namenjenoj svrsi; ispituje se njegova elastičnost, prijemljivost, tvrdoća, nepropustljivost prema vodi, kao i postojanost prema ulju, pogonskoj materiji, alkalijama i kiselinama, morskoj vodi i atmosferskim uticajima.

## B. Lepila [2])

Obradio profesor Dr. E. Sauer, Stuttgart

Lepila služe uopšte za nemetalno adhezisko spajanje dva različita materijala. Lepila su pretežno visokomolekularne materije, koje mogu da daju koloidne rastvore; pri isparavanju rastvorenog sredstva ili pri vezivanju oni obrazuju suvu materiju u tankom sloju, koja pored velike sopstvene jačine najprisnije spaja zalepljene delove.

### a) Životinjski lepkovi

**1. Glutinski lepak,** »tutkalo«, proizvodi se u obliku tabli, a pod nazivom stolarsko tutkalo, Köln-sko tutkalo itd., na tržištu se nalazi i u vidu pločica, loptica, zrnaca i u prahu.

Prema vrsti sirovine iz koje se dobiva, razlikuje se tutkalo od

---

[1]) Seeligmann-Zieke: Handbuch der Lack- und Firnisfabrikation, loc cit. — Gardener: Untersuchungsmethoden der Lack- und Firnisindustrie, preveo i dopunio Scheifele, Berlin 1933, Union Deutsche Verlagsges. — Kollwitz: Technische Lieferbedingungen für Farben und Anstrichstoffe, Farbenztg. 42 (1937), str. 1217 i dalje.

[2]) **Literatura.** — Breuer: Kitte und Klebstoffe, Leipzig 1922, Jänecke. — Gerngross u. Goebel: Chemie und Technologie der Leim- und Gelatinefabrikation, Dresden u. Leipzig 1933, Steinkopff — Lehner: Die Kitte und Klebstoffe, Wien 1932, Hartleben. — Sauer: Leim- und Gelatinenfabrikation, Sonderabdruck aus Liesegang: Kolloidchemische Technologie, 2 izd. Dresden u. Leipzig 1931, Steinkopff. — Sutermeister-Brühl: Das Kasein, Berlin 1932, Springer. — Tede: Kitte und Klebstoffe, Augsburg 1935, Zielkowsky. — Uporedi i Stoffhütte, 2 izd. str. 837.

pokožice, krute kože i kostiju. Tutkalo od pokožice je boljeg kvaliteta.

Tutkalo u malim komadima i u prahu ima isti kvalitet kao tutkalo u tablama i nabubri za znatno kraće vreme; količina vode koju treba dodati lakše se određuje i smese se mogu lako spraviti.

Glutinski lepak koji vezuje na toplo, postojan prema vodi. Dodavanjem štavila, na pr., formaldehida (formalina), tutkalo od pokožice i kostiju, može da postane postojano prema vodi.

Takva tutkala, koja na tržištu dolaze pod imenom Ormydtutkalo, Camanaltutkalo, sastoje se iz dva dela: od stvarnog lepka i sredstva za stvrdnjavanje, koja se pomešaju neposredno pred upotrebu. Sredstvo za stvrdnjavanje sadrži formaldehid ili druge materije koje tek pri zagrevanju izdvajaju formaldehid. Proces vezivanja se izvodi vrlo brzo u toploj presi, na $\approx 90^0$. Preimućstvo postupka: vrućim presovanjem dobiva se za nekoliko minuta vanredno čvrst spoj, koji je postojan u vodi, a presu ne treba hladiti pre vađenja slepljenog predmeta. Sloj tutkala nije podložan truljenju.

**2. Kazeinski lepak,** mnogo se primenjuje u industriji šperploča. On se sastoji od smese kazeina i materije koja reaguje alkalno, na pr., gašeni kreč. Kazein se dobiva iz posnog mleka.

Kazeinski lepak u obliku praha sastoji se od sitno samlevenog kazeina koji se pomeša sa osušenim alkalijama, kao što je kalcijum hidrat, soda, natrijum hidroksid, natrijum silikat, boraks ili drugi dodaci. Pre upotrebe treba dodati vodu, 150 do 300%, i sve dobro promešati; posle $^1/_2$ časa lepak je gotov i može se upotrebljavati; on treba da bude dovoljno gust, gladak po celoj masi i da se može lako nanositi na površinu koju treba zalepiti.

Preimućstva kazeinskog lepka. On se može spravljati i prerađivati u hladnom stanju, brzo vezuje i daje (ako se pomeša sa kalcijum hidroksidom) spojeve, koji su postojani prema dejstvu vode. Alkalije štetno utiču na nj, usled čega drvo koje sadrži štavske materije potamni.

**3. Albuminski lepak.** Kao lepilo značajan je samo krvni albumin, glavni sastojak krvnog seruma.

### b) Biljni lepkovi

**1. Ćiriš.** Skrobni proizvodi dele se na ćiriš i tutkalo. Ćiriši su jako guste pitijaste mase ili paste koje sadrže mnogo vode; tutkala su veoma žitka (viskozna) i po lepljivosti obično bolja od ćiriša.

Spravljanje ćiriša uslovljava znatno manju promenu skrobnog zrna nego kod biljnih lepkova. Najjednostavniji lepak — ćiriš — dobiva se zagrevanjem razblažene smese skroba i vode.

**2. Skrobni lepak.** Za dobivanje skroba pri proizvodnji skrobnog lepka najčešće se upotrebljava natrijumova lužina. U zavisnosti od dalje upotrebe proizvodi se neutralni ili slabo alkalni skrobni lepak. U t. zv. molersko tutkalo dodaje se smolni sapun (v. sredstva za vezivanje boja). Upotrebljava se pre svega u industriji hartije; za lepljenje drveta je nepodesan. Preimućstva ćiriša i skrobnog lepka u obliku praha sastoji se u tome što su troškovi za prevoz mali i pakovanje jednostavno. Ovi skrobni proizvodi što nabubre pri spravljanju sa vodom mnogo su izdašniji od dekstrina; oni se mešaju sa pet do deset puta većom količinom vode i daju posle kratkog vremena dobar lepak ili ćiriš.

3. **Dekstrin.** Daljom preradom skrob prelazi u dekstrin. Žuti dekstrin, rastvoren u malo vode, daje jako viskozne dekstrinske lepkove. Beli dekstrin, koji nabubri samo u hladnoj vodi, upotrebljava se za proizvodnju ćiriša i lepka u obliku paste (Pelikanol itd.)

Dekstrini imaju veliki značaj specijalno u industriji hartije. Usled male količine vode u lepku zalepljene površine brzo prijonu jedna uz drugu i brzo se osuše, a pri sušenju se malo skupljaju, tako da je dekstrin neophodno potreban za mašinsku izradu proizvoda od lepljene hartije i kartona.

Zbog lake rastvorljivosti u vodi dekstrin je naročito pogodan za proizvodnju gumirane hartije. Nanesen tanak sloj suvog lepka prima, kad se ovlaži, začas dovoljnu količinu vode i daje lepljivu površinu koja se brzo suši. Dekstrin je zamenio skuplju gumi-arabiku, koja se ranije upotrebljavala za ove svrhe.

### c) Sintetički lepkovi

**1. Veštački smolni lepak.** Pored prirodnih smola, koje se naročito upotrebljavaju za dobivanje kita, postale su značajne veštačke smole, prvenstveno za dobivanje slepljenih površina postojanih prema vodi.

**Bakelitni lepkovi.** Kondenzacijom fenola sa formaldehidom dobiva se fenol-veštačka smola (pronašao Bakeland) v. str. 1151. Najvažniji lepak iz ovog reda je tego lepak-film (Th. Goldschmidt A. G. Essen); to je prozračan mrki tanki list (folija), debljine 0,1 mm, koji se dobiva prenašanjem kondenzacione smese krezola i formaldehida na tanku hartiju.

Pri proizvodnji šperploča stavlja se između furnira koji treba slepiti umesto sloja lepka jedan takav film, pa se ploče na temperaturi $\approx 130^{\circ}$ izlože pritisku od 10 kg/cm², koji dejstvuje 10 minuta. Postojanost prema vodi je veća od one pri slepljivanju kazeinskim lepkom, a jačina odgovara uslovima RAL.

**Karbamid-formaldehid-kondenzacioni proizvodi.** Pri uzajamnom dejstvu karbamida i formaldehida i uz stalno zagrevanje postaju najpre tegljive mase, koje se mogu upotrebiti kao lepak.

Kaurit-lepak (I. G. Farbenindustrie A G.)) je takav kondenzacioni proizvod koji je vrlo viskozan i pri podesnom čuvanju duže vremena postojan. Pre upotrebe dodaje mu se t. zv. »očvršćivač«, koji se istovremeno isporučuje u obliku vodenog rastvora. Spremljena smesa se može upotrebljavati u toku 12 časova. Ovim lepkom se slepljuje drvo koje se prethodno zagreje, pa izlaže približno $^1/_4$ časa pritisku od 5 do 10 kg/cm² na temperaturi od 90°. Slepljene površine su postojane prema vodi, otporne prema truljenju i imaju zadovoljavajuću jačinu.

»Klemmleim«, spravlja se na bazi kaurit-lepka; naročitim primesama povećava se sigurnost lepljenja.

**2. Estri celuloze — kao lepila.** Uglavnom se upotrebljavaju rastvori celuloida, nitroceluloze i acetilceluloze.

**Celuloidni lepak.** Otpaci celuloida rastvoreni u organskim rastvaračima daju vrlo viskozne tečnosti, koje su već duže vremena poznate kao lepila postojana prema vodi.

**Nitroceluloza.** Grupa lepkova pod imenom »Cohesan« (I. G. Farbenindustrie AG.), spravlja se rastvaranjem nitroceluloze u smesi organskih rastvarača.

Ovim lepkom slepljene površine odlikuju se postojanošću prema vodi, benzinu i ulju. Upotrebljavaju se u industriji obuće, za slepljivanje pogonskih kaiševa itd.

**Acetilceluloza — lepak,** spravlja se od acetata celuloze uz pomoć organskih rastvarača.. Dobiveni proizvod je viskozna tečnost, na pr., celon lepak — lak. Slepljene površine drveta su otporne prema uticaju vode i imaju zadovoljavajuću jačinu.

### d) Kit[1])

Kit se najčešće upotrebljava kao vezivno sredstvo za specijalne svrhe.

U sledećim receptima dati podaci odnose se na težinske delove, ukoliko nije drugo naznačeno.

1. **Kit za aparate** (olovna gled — glicerin). Olovni oksid - gled u prahu, potpuno osušen, treba pažljivo pomešati sa što manjom količinom visokoprocentnog glicerina u pastu i odmah upotrebiti.

2. **Celuloid - kit.** Rastvor celuloida, otpatke celuloida ili filmovi sa kojih su skinuti slojevi koji su služili za fotohemisku reakciju, treba preliti u boci sa terom sirćetne kiseline, bocu odmah zapušiti i ostaviti da stoji nekoliko dana dok se ne rastvori i rastvor ne postane gust.

3. **Kit za zaptivanje.** Za zaptivanje gasnih i vodovodnih cevi postoje standardizovani propisi.

4. **Kit za staklo** je plastična masa spravljena gnječenjem muljave krede i lanenog ulja; treba ga čuvati od dejstva kiseonika iz vazduha.

5. **Kit za gumenu robu.** Rastvor kaučuka (nevulkaniziranog) u sumporugljeniku, benzolu itd.

6. **Kit postojan na toploti.** a) Kit od lanenog ulja i metalnih oksida. 7 delova olovne gledi, 7 delova suve muljave krede, 25 delova grafita u prahu treba pomešati sa firnisom lanenog ulja u pastu. Ili 8 delova barita, 3 dela gašenog kreča, 6 delova grafita, sve u finom prahu treba pomešati sa firnisom lanenog ulja. b) Kitovi od vodenog stakla. Barit u finom prahu ili oksidna manganova ruda ili prah od šamota treba pomešati sa vodenim staklom. 1 deo boraksa u finom prahu, 5 delova cinkoksida i 10 delova oksidne mangan rude u prahu treba preraditi sa vodenim staklom u prahu.

7. **Mornarički lepak.** To su razni kitovi od kaučuka i smole. Mnogo se upotrebljava jer dobro prijanjaju za mnogobrojne materije i otporni su prema uticaju vode.

Tečan mornarički lepak: 50 delova istopljenog sirovog kaučuka treba rastvoriti u sumpor ugljeniku; isto tako treba rastvoriti 13 dijelova šelaka u 30 zapreminskih delova špiritusa (90%); oba rastvora treba zatim pomešati.

8. **Kit za metale** služi za slepljivanje metala sa drugim materijama. Kit sa oksidom gvožđa podesan je za spajanje gvozdenih predmeta ili za poravnjavanje šupljina. Gvozdeni prah u obliku obezmašćenih sitnih opiljaka daje, sa primesama koji ubrzavaju oksidaciju, pumilima i vodom, usled stvaranja oksida gvožđa, kit koji čvrsto prijanja i koji je postojan prema vodi i delimično prema hemikalijama. Upotrebljive smese: 100 delova gvozdenih opiljaka, 100 delova ilovače u prahu treba dobro izmešati sa 25 delova amonijum hlorida i sa amonijakom izgnječiti u pastu; ili 85 delova gvozdenih opiljaka, 10 delova sumpornog cveta i 5 delova amonijum hlorida treba spraviti sa vodom. Umesto vode bolje je upotrebiti 10%-nu sirćetnu ili sumpornu kiselinu; ili 2 dela gvozdenih opiljaka i 1 deo suve ilovače treba izgnječiti sa sirćetom; ili 10 delova gvozdenih opiljaka, 30 delova pečenog gipsa, 1 deo amonijum hlorida u prahu treba spraviti sa sirćetom (5 do 10%-na sirćetna kiselina).

9. **Kit postojan prema kiselinama** služi za sastavke keramičkih pločica kojima su obloženi rezervoari: 4 dela azbesta i 2 dela barita u

[1]) Niz oprobanih recepata v. Stoffhütte, 2 izd., str. 844.

prahu treba izmešati sa vodenim staklom u pastu i odmah upotrebiti. Isto tako treba pomešati jednake količine oksidne manganove rude i ilovače u prahu, ili šamotno brašno sa vodenim staklom.

**10. Kit za kamen.** Vodeno staklo daje sa hidrauličkim vezivnim sredstvima, kao što je cement i kreč, mase koje stvrdnjavaju. I indiferentne materije, kao što je muljava kreda, prah od šamota ili od ilovače, isto tako i metalni oksidi, daju, pomešani sa vodenim staklom, kitove koji brzo stvrdnjavaju.

**11. Kit za pogonske kaiševe.** a) Dobro stolarsko tutkalo eventualno sa dodatkom 1% glicerina, b) Kohesan TRS, c) Kit od gutaperke, 4 dela gutaperke, 1 deo asfalta, 1 deo kolofonijuma treba rastvoriti u 6 delova petroleuma pri istovremenom višečasovnom zagrevanju. Kada se rastvor ohaldi treba dodati 15 delova sumporugljenika. Kitovi pod b) i c) su otporni prema vodi; kaiševe treba benzinom očistiti od masti i metalnim češljem razgrebati vlakna kože i tako površinama povećati hrapavost.

### e) Ispitivanje lepila

Opšte priznati postupci za ispitivanje postoje samo za lepkove za lepljenje drveta. U Nemačkoj je takve postupke za ispitivanje lepkova od glutina i kazeina propisao državni odbor za uslove za isporuke (RAL)[1].

1. Za glutinski lepak (od pokožice, od kostiju, od krute kože) predloženo je da se ispitivanje vezivne moći (jačina sastavka vrši po postupcima von Rudeloff-a[2]), odn. Sauer-a[3]). Većinom se koristi merenje viskoznosti, koja se određuje brzo i pretstavlja pouzdan podatak.

2. Za kazeinske lepkove treba jačina pri čistom smicanju suvih šperploča da iznosi najmanje 20 kg/cm², a vlažnih (priprema, 24 časa potopljene u vodi na 20°) 7,5 kg/cm².

Osim toga preporučuje se ispitivanje zatezanjem štapova od borovog drveta izrađenih iz delova i slepljenih.

## C. Katran. Bitumen. Asfalt. Krovna hartija[4])

**1. Katran.** Katran je bituminozan proizvod, crne ili mrke boje, tečan ili židak, lepljiv; dobiva se termiskim razlaganjem (koksovanje) organskih prirodnih materija. Razlikuje se katran kamenog uglja, mrkog uglja, drveta itd. Spravljeni — pripremljeni — katrani su, na pr., katran za ulice (DIN 1995) i katran za krovove (v. DIN DVM 2136).

**Smola** je ostatak koji se dobiva pri destilaciji katrana. Ona je crne ili mrke boje, čvrsta do polučvrsta, može se topiti, a ima moć vezivanja. Smole se karakterišu prema poreklu i njihovoj temperaturi omekšavanja; smola ima mekih, polutvrdih (smola za briket) i tvrdih. Maša za lepljenje v. DIN DVM 2138. Masa za natapanje katranske krovne hartije v. DIN DVM 2122. Katran za zidove, koje se pre zvao gudron-katran, je mekana smola.

**2. Bitumen[5]).** Pod bitumenom (asfaltni bitumen) podrazumeva se u građevinarstvu i tehnici premazivanja, ostatak dobiven pri

---

[1]) Reichsausschuss für Lieferbedingungen, Berlin. Lieferbedingungen und Prüfverfahren für Leim, Lieferbedingungen und Prüfverfahren für Kaseinkaltleim, Berlin, 1931. Beuth-Vertrieb GmbH.

[2]) Rudeloff: Mitt. Mat. Anst. 1918, sv. 1. i 2, i 1919, sv. 1. i 2.

[3]) Sauer: Kolloid - Ztschr. 84 (1938), str. 205.

[4]) Tekst koji se odnosi na katran, bitumen, asfalt i krovnu hartiju stavio nam je na raspoloženje prof. Dr. Malhison Berlin. Uredništvo Hütte-a. — [5]) Fizičke konstante, v. Z. ang. Chem. 52 (139), str. 643.

destilaciji asfaltnog zemnog ulja (zemni asfalt). Međutim, i rastvorljivi delovi prirodnog asfalta i asfaltnog kamena u organskim rastvaračima zovu se takođe bitumeni. Materije koje se dadu gnječiti, lepljive bituminozne materije za građevinsku tehniku standardizovane su u DIN 1995. Asfalt-gudron je meki bitumen ili smesa trinidad-asfalta i bitumena.

**3. Alfalt** je prirodna ili veštačka smesa bitumena i mineralnih materija; sastav i svojstva su promenljivi i zavise od stepena žitkosti bitumena i količine minerala.

**a) Prirodni asfalt:**

Sirijski asfalt i Gilsonit (Asphaltit) je tvrd i sjajan, upotrebljava se za proizvodnju lakova.

Bermudez-asfalt, sadrži malu količinu pepela.

Trinidad-asfalt, sadrži ≈ 35% mineralnih materija.

Asfaltni kamen, kao i krečni asfalt (prirodno asfaltno brašno) sadrži 4 do 10% bitumena.

**b) Veštački asfalt**

Liveni asfalt je smesa peska, šljunka i kamene sitneži sa prirodnim asfaltnim brašnom ili razdrobljenim asfaltnim brašnom, brašnom, od krečnjaka, brašnom od škriljaca ili kvarcnog brašna, i bitumena, ili trinidad-asfalta kao vezivnog sredstva; spravljena u vrelom stanju i razastrta na suvu podlogu upotrebljava se za kolovoze, podove u podrumima, dvorištima, stajama, i terasama i kao podloga za linoleum i parket.

Peščani asfalt je smesa sa malo šupljina, koja se može valjati, spravljena od brašna krečnjaka i peska sa bitumenom kao vezivnim sredstvom; upotrebljava se za kolovoze. Asfaltni beton je slična smesa spravljena od brašna krečnjaka, peska i kamene sitneži raznih veličina (fini i grubi asfaltni beton).

Nabijeni asfalt je smesa livenog, osušenog asfaltnog krečnjaka i bitumena; upotrebljava se za izradu kolovoza. Danas nije više u upotrebi.

**4. Krovna hartija**[1]) (DIN DVM 2121 do 2140). Za pokrivanje krovova služe: katranom natopljeni karton sa obe strane posut peskom (DIN DVM 2121); bitumenska krovna hartija natopljena sa obe strane po jednim slojem bitumena (DIN DVM 2128); specijalna krovna hartija natopljena s obe strane katranom; krovna hartija natopljena mešavinom katrana i bitumena, a prevučena sa obe strane specijalnim pokrivnim slojem (DIN DVM 2140).

**Tablica 1**
**Oznake krovne hartije**
(sa obe strane posuta peskom)

| Stara | Nova težina sirove krovne hartije |
|---|---|
| Karton br. 80 | 625 g/m² |
| „ br. 100 | 500 „ |
| „ br. 125 | 400 „ |
| „ br. 150 | 330 „ |
| „ br. 200 | 250 „ |

Katranom natopljena hartija (DIN DVM 2121) izrađuje se na taj način što se specijalni karton (DIN DVM 2117) ili vuneni-filc karton (DIN DVM 2119) natopi i prevuče sa masom za natapanje (DIN DVM 2122) i zatim ravnomerno pospe peskom. Bitumenska krovna hartija (DIN DVM 2128) izrađuje se na taj način što se vuneni-filc karton (DIN DVM 2119) natopi i prevuče bitumenom i pospe ravnomerno mineralnim materijama. Specijalna krovna hartija natopljena katranom i krovna hartija natopljena smesom katrana i bitumena (DIN DVM 2140) izrađuje se na taj

[1]) Prema podacima »Fachgruppe Dachpappenindustrie«, Berlin NW 21.

način što se specijalni karton (DIN DVM 2117) ili vuneni-filc karton (DIN DVM 2119) natopi i prevuče proizvodima katrana ili smesom ovih proizvoda sa bitumenom, a zatim pospe ravnomerno mineralnim materijama. Sirova krovna hartija i vuneni-filc karton ispituju se prema DIN DVM 2118. Krovna hartija se isporučuje u različitim debljinama (v. tabl. 1.), nova oznaka daje težinu sirove krovne hartije u g/m².

Obojena krovna hartija izrađuje se na taj način što se istucani šareni prirodni kamen uvalja u pokrivni sloj krovne hartije određene prema DIN DVM 2128 i 2140 ili se na bitumenom natopljenom vunenom-filckartonu izradi bojena asfaltna prevlaka.

Za izolaciju protiv podzemne[1]) vode upotrebljava se »goli« (bez peska) karton natopljen katranom (Din DVM 2126) i »goli« karton natopljen bitumenom (DIN DVM 2129).

---

# XV. Tekstilne materije[2])

Obradio prof. Dr.-Ing. H. Sommer, Berlin-Dahlem

## A. Sirovine

**Podela.** Tekstilne sirovine se dele na prirodne (biljne, životinjske i mineralne), veštačke i dobivene rastresanjem starih tkanina. Opšte obeležje svih vlakana (elementarnih ili tehničkih) je srazmerno velika dužina prema maloj debljini. Zbog svoje jačine, dužine, savitljivosti, podobnosti upredanja, a oplemenjene (beljenjem, bojenjem, štampanjem, doradom) i kao rđavi provodnici toplote, organske tekstilne sirovine su naročito podesne za izradu odeće.

### a) Biljna vlakna (v. tabl. 1 str. 1192)

Osnovni materijal je celuloza[3]) [ugljeni hidrat ($C_6H_{10}O_5$) , beo, spec. težina 1,5 g/cm³]; od inkrustirajućih materija (pektin, lignin) treba ih osloboditi kuvanjem u lužini, belenjem. Biljna vlakna su higroskopna; na 100° C do 140° C mogu se obličiti (topla dorada), na 140° do 160° se raspadaju; sagorevaju živo svetlećinm plamenom. — Rastvaraju se u amonijačnom rastvoru bakarnog oksida (tehnička primena; bakarna svila). Delovanjem alkalija dobiva se alkaliceluloza, a daljim razlaganjem hidratceluloza velike hidrolizirajuće podobnosti, higroskopnosti, i podobnosti bubrenja i bojenja (veštačka svila, mercerizirani pamuk). Mineralne kiseline prouzrokuju trošnost (hidroceluloza). Vrele alkalije u prisustvu kiseonika ili oksidirajućih materija (Cl, $H_2O_2$) kao i svetlosno dejstvo, stvaraju oksicelulozu (slabljenje vlakana), što se ubrzava nosiocima kiseonika (Fe, Cu).

---

[1]) v. i »Vorläufige Anweisung für Abdichtung von Ingenieur-Bauwerk (AIB), Dienstvorschrift der Deutschen Reichsbahn 835«, izd. Reichsbahnzentralamt.

[2]) **Literatura:** v. Stoffhütte, 2 izd. 1937, str. 589, odeljak: Tekstilne sirovine i proizvodi. — Heerman u. Herzog: Mikroskopische und meehanisch-technische Textilunterschungen, 3. izd., Berlin 1931, Springer. — A. Herzog, Wagner: Physikalisch-technisches Faserstoff-Praktikum, Berlin, 1931, Springer. — A. Herzog, Koch, Fehler in textilen Rohstoffen und Erzeugnissen, Heidelberg 1938, Melliand — R. O. Herzog: Technologie der Textilfasern, Berlin, Springer, — v. Wiesner: Rohstoffe des Pflanzenreichs, 4. izd., Leipzig 1927, Engelmann.

[3]) Mark: Physik und Chemie der Cellulose, Berlin 1932, Springer (knj. I, 1. R. O. Herzog-ove tehnologije).

**1. Vlakna sa semena. Pamuk**[1]). Semeno vlakno tropskih vrsta Gossypium-a (porodica Malvacaee-a). Odvajanje semena vrši se na mestu proizvodnje pomoću egrenir mašina. Prinos iznosi 35%. Vlakno je jednoćelično, cevastog oblika, spiralno uvijeno i sa širokim lumenom, prevučeno otpornim pokrivačem (kutikulom). Sadržaj celuloze iznosi 91 do 95%.

Kvalitetna ocena trgovačkih vrsta vrši se prema dužini vlakana (= stapel), boji, čvrstoći, mekoći, sjaju i čistoti, a opnaka kvaliteta prema standardnim tipovima, na pr. američki univerzalni standard. Prema poreklu razlikuje se severo-američki, južno-američki, egipatski, istočno indijski, zapadno indijski pamuk i pamuk iz balkanskih zemalja (t. zv. »egzotični« pamuk). Pamuk je najvažnije i mnogostruko upotrebljivo vlakno tekstilne industrije; sirovina za vatu, linters za malodimni barut, veštačku svilu, celuloid itd. Zamena za pamuk: celulozna vuna, raščupavljeni pamuk (od starih krpa — regenerat), kotonizovani lan i konoplja (posredstvom natrijum hidroksida ili hlornih jedinjenja dobivena elementarna vlakna lana ili konoplje).

Kapok je skupni naziv biljnih vlakana iz ploda biljke Bombacae-a (biljno paperje), Asclepiadae-e i Apocynacae-e (biljna svila). To su žućkasta bela vlakna, debelih zidova i sa velikom unutrašnjom šupljinom (80%), teško se upreda. Upotrebljava se kao materijal za punjenje pojaseva za spasavanje i za izradu postavljenog nameštaja.

**2. Vlakna iz like ili stabljike. Lan**[2]). Lanena se vlakna dobivaju od suve stabljike lana (20—27% like) — jednogodišnja biljka koja se seje u umerenim klimatskim zonama, v. Stoffhütte str. 593. Pri preradi sirovine dobiva se grebenano vlakno i kučina.

Ocena kvaliteta zavisi od porekla, postupka močenja i stepena prerade. Sorauer-ov bastard-lan daje istovremeno veliku količinu ulja i vlakna. Nemačka je 1938 godine proizvela 30 000 t lana. Mehaničkim izdvajanjem (zeleno vipana) lanenih vlakana od pozdera dobivaju se duža vlakna velike jačine. — Tehničko vlakno sadrži 65—75% celuloze, 20—25% pektinskih materija. Boje je svetlo-žute, čelično sive ili zelenkaste. Opip je mek, pri dodiru sa telom je hladan. Sjaj je sličan svili; dobro se beli. Elementarna ćelija je glatka, sa pravilnim lumenom i poprečnim prugama. Jačina je veća nego kod pamuka, elastičnost manja, a ponašanje prema kiselinama osetljivije. Cenjena biljna tekstilna sirovina.

**Konoplja (kudelja)**[3]) je dvodoma biljka, uspeva u zonama umerene klime. Dobiva se kao i lan. Prinos u vlaknu iznosi 22—26%.

Najbolje trgovačke vrste: italijanska, a u najvećim količinama ruska konoplja; Nemačka je proizvela 1938 g. 10 000 t. konoplje. — Tehničko vlakno konoplje je sive do bele boje, živahnog svilastog sjaja i karakterističnog mirisa. Sadrži 75% celuloze. Grublja je i teže se beli od lana. Elementarna ćelija je slična lanu, lumen je širi. — Pletenice od konoplje se upotrebljavaju za zaptivanje, a kučina kao materijal za izradu postavljenog nameštaja.

---

[1]) O. Johannsen: Handbuch der Baumwollspinnerei, Leipzig, 1932, Voigt — Fraenkel: Chemie der Baumwollpflanze: Haller, Chemische Technologie der Baumwolle; Wittmack; Botanik und, Kultur der Baumwolle, Berlin 1928. Springer (knj. IV. 1 i 3 R. O. Herzog-ove tehnologije).

[2]) Kind, König, Müller, Schilling, Steinbrink: Botanik, Kultur, Aufbereitung, Bleicherei und Wirtschaft des Flachses, Berlin, 1930, Springer (knj. V, 1 R. O. Herzog-ove tehnologije).

[3]) Heuser, König, Wagner, v. Brank, Oertel: Hanf und Hartfasern, Berlin 1927, Springer (knj. V, 2 R. O. Herzog-ove tehnologije).

## Tablica 1. Tehničko-fizička svojstva tehničkih vlakana

| Sirovina | Dužina vlakna mm | Širina vlakna μm | Specifič. težina g/cm³ | Jačina pri zatezanju: Duž. kidanja[1]) km | Jačina pri zatezanju: Izduženje % |
|---|---|---|---|---|---|
| **I. Biljna vlakna** 1. Semenska vlakna | | | | | |
| Pamuk | | | | | |
| istočno indiski (kratak) | do 25 | 21—24 | 1,47—1,50 | 17—29 | 6,5—10 |
| američki (srednje dužine) | „ 30—35 | 19—21 | | 24—32 | |
| egipatski (dugačak) | „ 45 | 13—16 | | 25—38 | |
| Sea Island (vrlo dug) | „ 50 | 16—17 | | 30—55 | 7—11,5 |
| Kapok | 10—40 | 20—40 | 1,32 | 35—40 | |
| 2. Vlakna iz like | | | | | |
| Lan - elementar. vlakno | 10—60 | 12—40 | 1,50 | 30—60 | 1,5—3,5 |
| tehn. vlakno | 200—400 | 45—620 | 1,44—1,47 | 40—86 | 1,5—2,5 |
| Konoplja - Elem vlak. | 5—55 | 15—50 | 1,50 | 30—45 | 1,5—4,5 |
| tehn. vlakno | 1000—3000 | grublje od lana | 1,48 | 36—90 | 1,5—2,5 |
| Juta - element. vlakno | 1—4 | 10—23 | — | — | — |
| tehn. vlakno | 1500—3000 | 30—140 | 1,44 | 30—34 | 0,8—1,2 |
| Ramija - elem. vlakno | 60—260 | 15—80 | 1,51 | 40—60 | 2—3 |
| 3. Vlakna iz lista | | | | | |
| Manila - elem. vlakno | 2—5 | 16—32 | — | — | — |
| tehn. vlakno | 1800—4800 | 150—220 | 1,35 | 32—80 | 2 |
| Novozelandski lan elementarno vlakno | 2—6 | 10—20 | — | — | — |
| tehn. vlakno | 800—1100 | 40—120 | 1,49 | 30—48 | 2 |
| Sisal - element. vlakno | 1—5 | 17—32 | — | — | — |
| tehn. vlakno | 150—1400 | 100—400 | 1,5 | 37—45 | 2 |
| 4. Vlakna sa plodova | | | | | |
| Kokos vlakno elementarno vlakno | 0,4—1 | 12—24 | — | — | — |
| tehn. vlakno | 150—330 | 50—300 | 1,64 | 18 | — |
| **II. Životinjska vlakna.** 1. Vuna i dlake | | | | | |
| Ovčija vuna - Prava vuna | 50—70 | 12—37 | 1,32 | 8—15 | 25—45 |
| Osjasta vuna | 100—400 | 30—90 | — | | |
| Kozja dlaka (kostrel) | 40—100 | 80—170 | 1,25 | — | — |
| Kamilja i alpaka dlaka | 50—300 | 10—70 | — | 16 | 40—45 |
| Konjska dlaka - Rep | 10—60 | 80—400 | 1,40 | 10—12 | 30—35 |
| Griva | 10—40 | 50—200 | 1,25 | | |
| 2. Svila | | | | | |
| Pitoma svila | — | 10—15 | 1,37 | 30—36 | 12—18 |
| Tusa svila | — | 15—100 | 1,33 | 24—32 | 15—25 |
| **III. Mineralna vlakna** | | | | | |
| Azbest - seprentinski | 10—75 | 0,5 | 2,3—2,5 | — | — |
| hornblenda | — | — | 2,5—3,0 | — | — |
| Staklo | — | 10—50 | — | do 3,5 | — |
| **IV. Veštačka svila i celulozna vuna** | | | | | |
| Viskozna svila - fina | Celulozna vuna | 10—50 | 1,52 (1,46—1,60) | 16—28 | 15—25 |
| normalna | | | | 10—12 | 15—30 |
| jako čvrsta | | | | 30—45 | 7—15 |
| Bakarna svila | dužina vlakna | 10—40 | 1,25—1,33 | 12—24 | 15—30 |
| Acetatna svila | | 15—40 | | 12,5—14,5 | 20—30 |
| Kazeinska vuna (lanital) | 28 do 150 mm | — | 1,3 | 6—7 | 80 |

[1]) Teoriska dužina vlakna pri kojoj bi se ono raskinulo usled sopstvene težine.

**Juta**[1]) je skupni naziv za vlakna većeg broja Corchorus vrsta. — Tehnička vlakna su žućkaste do svetlo mrke boje, sastavljena iz kratkih likinih ćelija. Jako su odrvenjena i krta. Sadržaj celuloze iznosi 60—75%. Otpor prema atmosferilijama je mali. Upotrebljava se za izradu vreća, postavljenog nameštaja, a otpaci za proizvodnju hartije.

**Ramija** (vrsta koprive, kineska trava). Dobiva se iz like. Sirovo se vlakno kuvanjem u sapunjavoj vodi raspada (degumiranje) u elementarno vlakno bele boje, svilastog sjaja i masnoće (čista celuloza); postojana je prema trulenju.

**3. Vlakna iz lišća.** Manila konoplja (vlakna palme koje kao plod daju banane) dobiva se od biljke Musa textilis; novozelandski lan se dobiva iz lisnih žila lanenog krina (Phormium tenax); agava vlakna dobivaju se iz raznih agava vrsta (sizal, pite vlakna) koje rastu u Meksiku i Južnoj Americi.

Tehničko vlakno je vrlo jako i kruto, sastavljeno iz kratkih sklerenhimskih ćelija, jako odrvenjeno (sadrži do 60% celuloze), svetlo žute do svetlo mrke boje, postojano prema vremenskim uticajima i trulenju. — Upotrebljava se za asure, užariju; agava vlakna i kao materijal za izradu postavljenog nameštaja (meksikanska trava) i kao zamena čekinja.

**4. Vlakno sa plodova. Kokosovo vlakno.** Ono se dobiva od mrkog vlaknastog sloja kokosovog oraha. Upotrebljava se za izradu asura, zastirača i kao materijal za izradu postavljenog nameštaja.

**b) Životinjska vlakna** (vidi tabl. 1 str. 1192)

Dlake, proizvod rastenja životinjske kože, i svile, vlaknasti proizvod što luče gusenice sviloprelje, spadaju u grupu belančevina; osnovna materija dlaka je keratin, svile fibroin; sadržaj azota 16—18%; dlake pored toga sadrže i sumpora (4%).

Prema razblaženim kiselinama su malo, a prema alkalijama i hloru jako osetljiva; razblažene vrele alkalije deluju rastvarajući. Vlakna su higroskopna i nisu tako postojana pri zagrevanju kao biljna vlakna; na 130° C počinju da se razlažu, sagorevaju polako, razvijajući karakterističan miris i ostavljajući čvoriće.

**1) Vune i dlake**[2])

Klasifikacija i podela: a) puh ili prava vuna, kovrdžava, tanka, mekana, često bez srži; b) osjaste dlake (pso-dlake), grube, dugačke, često su glatke i sa sržnim kanalom; c) oštre dlake, kratke, krute, prave, sadrže sržni kanal; d) čekinje, vrlo čvrste sa slabo razvijenim sržnim kanalom.

**Ovčija vuna** je dlaka velikog broja rasa i sojeva domaćih ovaca. Merino vuna: kratkovlaknasta, fina, jako kovrdžava vuna merino-ovaca i od ovaca dobivenih njihovim ukrštanjem (saksonska elektoral vuna, negreti vuna, engleska sutdaun i hempšir vuna, australiska i kap vuna). Dugovlaknasta vuna (cross bredwool); gruba, slabo kovrdžava, fina (puh) ili osjasta vuna

[1]) Nonnenmacher: Die Jute, Berlin 1930, Springer (knj. V, 3 R. O. Herzog-ove tehnologije).

[2]) Fröhlich, Spöttel, Tänzer: Wollkunde, Berlin 1929, Springer (knj. VIII, 1 R. O. Herzog-ove tehnologije).

ili prava i sjajna vuna od engleskih i škotskih domaćih ovaca ili od ovaca dobivenih ukrštavanjem sa merino ovcom (Lajčester, Ševiot, novozelandska i južno-američka vuna).

Strižom dobivena runa (1—6 kg) sadrže $^1/_3$ do $^2/_3$ od svoje težine, masti, znoja i nečistoću (neprana vuna). Pored strižene vune (jedanput i dvaput strižena vuna, poslednje su letnja ili zimska vuna) postoji i tabačka vuna dobivena sa zaklanih ovaca. Kvalitet vune se ceni prema jačini, izduženju, elastičnosti, dužini (grebenana vuna do 100 mm, češljana od 100—400 mm), ravnomernosti, kovrdžavosti, boji, sjaju, mekoći i gipkosti. Vuna se razvrstava prema finoći:

| | Fina merino | Merino | Crossbred |
|---|---|---|---|
| Kvalitetne oznake | 4A, 3A, 2A | A, A/B | B, C I—II, D I—II E |
| Srednja debljina vlasi μm | 16, 17,5, 19 | 20 22 | 23,5, 25—275, 29—32, preko 34 |

Ovčija se vuna sastoji iz krljušti koje kao crepovi pokrivaju jedno-drugo. Otuda mogućnost da se može uvaljati. Dobro zadržava toplotu i veoma je elastična. Toplo sušena postaje lomljiva, a u vlazi zagrevana na preko 100°C može se uobličiti (toplo uobličavanje, glačanje). Hloriranjem dobiva svilast opip i sjaj, ali gubi podobnost valjanja.

Raščupavljena (regenerat) vuna dobiva se trganjem vunenih otpadaka (pletenih ili tkanih). Manje je trajnosti od strižene vune jer je često hemiski i mehanički oštećena.

Razvrstava se prema ishodnoj materiji, na pr.: mungo, 5 do 20 mm duga vlakna, dobiva se iz čisto vunenih valjanih tkanina; Shoddy, 20 do 30 mm duga vlakna, dobiva se iz čisto vunenih nevaljanih tkanina i pletene robe; alpaka ili ekstrakt se dobiva iz mešanih proizvoda. Postoje i druge podele.

Kozja dlaka (kostret) je osjasta dlaka domaćih koza, nije kovrdžava, debela je i kruta, sjajnija i glatkija ali manje jačine nego ovčija vuna. Angora ili moher vuna je lepa, bela i sjajna. Dlaka kamile je žuta, crvenkaste do mrke boje; dlake alpake, lame i vigonje su bele, mrke ili crne, dobre jačine i elastičnosti. Dlake: zečeva, kunića, goveđe, teleće, jelenske, srneće, bibera, bizama, mačje, pseće delom se upotrebljavaju za izradu filca (šešira). Konjska dlaka (griva i rep) upotrebljava se za izradu tkanina, za međupostavu i kao materijal za postavljen nameštaj.

**2. Svila**[1]). Pitoma svila. Proizvod dudove svileoprelje, koja se gaji u Kini, Japanu i u ostalim zemljama gde raste dud. Dobivanje v. Stoffhütte str. 599. Boje je bele, žute do zelenkaste i slabog sjaja. Loš je provodnik toplote i elektriciteta. Velike je jačine i elastičnosti.

Divlja svila — proizvod divlje tusa svileoprelje (Antheraee mylitta) — je zatvorene boje, teško se beli. Prema alkalijama i kiselinama ima veću postojanost, tvrđeg je opipa i trajnija od pitome svile.

### c) Mineralna vlakna

**1. Azbest** (amiant) je magnezijev silikat sa vodom, promenljivog sastava, vlaknaste strukture i sjaja sličnog svili.

Vrste: serpentinski azbest (Chrysotil asb.) većinom sa 14% kristalne vode (gubi je žarenjem na 1000° C), tvrdoće je 3—4, spec. tež. 2,3 do 2,5 g/cm³, temperatura topljenja 1550° C. Boje je bele; vlakna su fina i gipka, obično 2—3 cm duga. Od svetske proizvodnje otpada na serpentinski azbest 65% (nalazišta: Kanada, Sibir). — Amfibolni-

[1]) Ley, Raemisch: Technologie und Wirtschaft der Seide, Berlin 1929, Springer (knj. VI, 1 R. O. Herzog-ove tehnologije).

amozitni azbest (Hornblende) sa 2—6% kristalne vode (gubi je žarenjem već na 500° C). Tvrdoće je 5—6; spec. tež. 2,5—3 g/cm³, temperatura topljenja 1150° C. Vlakna su gruba, velike dužine i krta. Plavi kap-azbest (Južna Afrika) sadrži dosta gvožđa (35%). Azbest ima dobra izolaciska svojstva prema toploti i elektricitetu. Vatrostalan je (amfib. azb. se može upotrebiti do 300° C a serpt. azb. preko 300° C). Serpentinski azbest je otporan prema dejstvu alkalija a amfibolni azbest prema dejstvu kiselina.

Spec. tež. azbest-cement-škrljica v. str. 960.

**Primena:** trake za automobilske kočnice, za frikciona kvačila, za električnu i toplotnu izolaciju, za zaptivače koji sprečavaju prolaz pregrejane pare pod visokim pritiskom, kao punilo za veštačke presovane materije (str. 1143), za filtre u hemiskoj industriji.

### d) Veštačka vlakna i veštački konci

**1. Veštačka svila**[1]) je predivo sastavljeno iz više beskrajnih niti, dobivenih iz viskoznih celuloznih rastvora izvlačenjem pod pritiskom kroz kapilarne rešetke (siskove) ili postupkom razvlačenja do potrebne finoće, bilo u koagulirajućim kupatilima (mokri postupak), bilo izvlačenjem na vazduhu kao kod acetatne svile (suvi postupak). Sirovine: linters, celuloza (smreke, bukve, a za eksperimente slame, bora). Opširnije o dobivanju veštačke svile v. IV knj.

Prema načinu dobivanja razlikuje se bakarna svila (iz rastvora celuloze u amonijačnom rastvoru bakarnog oksida) i viskozna svila (85% ukupne proizvodnje: iz ksantogenat celuloze), obadve su hidratna celulozna vlakna. Acetatna svila (mešavina di- i tri-nitro celuloze) rastvara se u acetonu, sa alkalijama se hidrolizira u hidrat celuloze. Sjajnost slična prirodnoj svili dobije se dodavanjem neorganskih pigmenata masi za izvlačenje ili matiranjem (doterivanje sjaja) gotovih vlakana. Bakar i acetatna svila boje se kao i ostala prediva.

**2. Sintetična vlakna.** Pe-Ce-vlakna, dobivena na bazi karbida, kao polimerizacioni proizvod vinil hlorida neosetljiva su prema vlazi, postojana prema trulenju, lužini i kiselinama, nezapaljiva ali termoplastična. Nylon-vlakno je poliamidna veštačka smola sa svojstvima svile, velike jačine (dužina kidanja = 40 do 45 km).

**3. Celulozna vuna.** Dobiva se kao i vestačka svila, ali ograničene dužine. DIN TEX 800 : FV = viskozna celulozna vuna, FC = bakarna celulozna vuna, FA = acetatna celulozna vuna.

Dužine u upotrebi: tip pamuka (titer pojedinih vlakana 1,4 do 2,75 denija): 25 do 40 mm, tip vune (2,5 do 3,5 denija i više, prediva za tepihe do 20 denija): 40 do 60 grebenano predivo, odnosno 80 do 150 mm češljano predivo. Naročiti postupci: matiranje, bojenje, animaliziranje, povećanje hidrofobnosti, kovrdžavljenje, valjanje (filcanje).

Kazeinska vuna je proizvod na bazi belančevina, može se valjati, međutim, jačina pri zatezanju u suvom i vlažnom stanju je mala.

4. **Vlakna od kaučuka** dobivaju se isecanjem tankovaljanih listova kaučuka. U vezi sa drugim predivima upotrebljava se za elastične tkanine (naramenice za pantalone, trake).

5. **Metalne žice** od gvožđa, bakra, mesinga (0,04 do 2,5 mm). Upotrebljavaju se za izradu žičanih tkanina, sita. Osim toga izrađuju se prave srebrne i zlatne žice (pozlaćeno fino srebro). Leonske srebrne

[1]) Anke, Elöd, v. Frank, Havas, Mönkemeyer, Raemisch, Suida, Zart: Kunstseide, 2 izd., Berlin 1933, Springer (knj. VII B. O. Herzog-ove tehnologije).

i zlatne žice su posrebrene ili pozlaćene bakrene ili mesingane žice. Proizvodi u obliku pantljika ili pljosnatih žica zovu se Lahn.

Staklena svila, vlakna, vuna v. str. 1127 i 1192.

Vuna od zgure služi za izolaciju, (v. str. 694), a dobiva se duvanjem zgure visokih peći kroz diskove.

## B. Prediva. Konci. Užarski proizvodi

**1. Prediva** su jednakomerne izdržljive niti, proizvoljne dužine i određene debljine, dobivena upredanjem (v. IV knj.) kraćih ili dužih vlakana. Za tehničku vrednost predivosti pojedinih tekstilnih sirovina i upotrebljivosti dobivenih proizvoda v. Stoffhütte, str. 601. Jačina prediva zavisi od jačine vlakana i trenja između vlakana, koje zavisi od načina upredanja, dužine i broja uvoja. Istegljivost i mekoća stoje u obrnutoj srazmeri sa upredanjem. Broj uvojaka na jedinici dužine zavisi od 1) dužine vlakna; 2) debljine prediva, odnosno broja finoće ($T = \alpha \sqrt{N}$). Za predivo No. 1 dobiveni broj uvojaka po jedinici dužine je koeficijent upredanja ($\alpha$); 3) svrhe kojoj je predivo namenjeno: prediva za osnovu su jako upredena (tvrda), za potku slabije (meka). (v. Stoffhütte tabl. 6, str. 603). Razlikuje se desno i levo upredanje, prema DIN TEX 900 t. zv. Z i S žice. Prediva imaju u većini Z upredanje.

Oznake (numeracija) prediva. Broj finoće prediva izražava se odnosom dužine $l$ prema težini $g$. Najviše se upotrebljava numerisanje prema dužini: $N_l = l/g$. Numerisanje prema težini: $N_g = g/l$ upotrebljava se samo u industriji prirodne i veslačke svile (t. zv. legalni titer). Prema sistemu mera različite su i numeracije, najvažnija je (budući standard) metrička numeracija ($N_m$ = broj metara u gramu). Vrlo je raširena i engleska numeracija (sistemi numeracija za prediva i koeficijenti za prevođenje v. Stoffhütte tabl. 17, str. 604). Lanena prediva, DIN TEX 1.

**2. Konci** se dobivaju jednakomernim upredanjem dve ili više obične pređe (dvo- ili višežični konac prvog reda). Ponovnim končanjem (prepredanjem) nastaju konci dugog ili višeg reda, njihov smer upredanja je obično onaj, koji ima konac nižega reda, međutim, običan konac ima smer upredanja suprotan onom od prediva.

Tehnička priprema: Cord-konci (obično 3 × 5 struka) od pamuka ili specijalne veštačke svile; upotrebljavaju se kao umetci za spoljne gume za točkove; predivo za kablove se dobiva obavijanjem debelog pamučnog prediva ili drugih, oko jezgra.

**3. Užarski proizvodi,** izrađuju se na užarskom stolu ili užarskim mašinama. Više žica se opletu u strukove, a ovi u suprotnom smeru u uže. Upredanjem užadi u suprotnom smeru dobiva se kabel i debela užad. Užad upletena na »tros«-način (od 3—4 struka), užad upletena »kablovski« (od 3 »tros«-užeta), sabijena i pljosnata užad imaju često i jezgro. Upletena četvrtasta i troivičasta užad su savitljivija nego okrugla užad i ne odvijaju se pod opterećenjem. Debljina užadi označava se obimom u mm. Debela užad od vlakana iz lišća (užad za dizalice, transmisije) vrlo su laka i velike jačine.

## C. Tkanine sa glatkim vezivanjem[1])

Proizvodi dobiveni neposredno iz vlakana nazivaju se filcovi (samo od životinjske vune i dlake). Od prediva izrađene tkanine sa glatkim vezivanjem razlikuju se među sobom prema načinu ukrštanja žica:

**Tkanine** se sastoje iz dva sistema žica ukrštenih pod pravim uglom; pravac dužine daje osnova, pravac širine potka, koja po ivici tkanine gradi porub.

**Petljana roba** postaje od horizontalno prolazećih niti ili iz vertikalnog sistema paralelnih niti koje se među sobom spletaju u elastične petlje oblika dvojnog slova S. Kulir i petljana roba.

**Pletena roba** postaje od niti jednog sistema žica, koje u dijagonalnom pravcu prelaze jedna preko druge (ravna ili okrugla mašina za pletenje). Šupljikavo čipkasto pletenje; pri klepovanju upotrebljava se i konac koji pravi šaru (desen).

**Materije za zavese i čipkaste tkanine** (til) su proizvodi t. zv. bobinet razboja; žice potke koje od jednog ruba idu koso ka drugom obavijaju žice osnove.

**Heklana roba** se izrađuje pomoću kuke čvrstim pletenjem osnovnih niti oko pripremljene potkine žice.

**Mreže** se pletu ručno (1 nit) ili mašinski (sa jednim ili dva sistema niti).

**Čipke** se izrađuju ručno (iglama, klepovanjem — drvene igle, kukicama, štrikane i vezene čipke) ili mašinski; klepovane bobinet i čipke izrađene iglom (Luftspitzen).

Najvažniji tekstilni proizvodi su tkanine. Izrađivanje (v. IV. knj.) Postoje tri osnovna vezivanja kod tkanja:

1. Platneno vezivanje (taft), žice u osnovi potke su razdeljene kao na šahovskoj tabli; dvovezno.
2. Köper ili dijagonalno vezivanje, 3 ili više-vezno, sa zatvorenim kosim prugama (stepeni vezivanja).
3. Atlasno ili satensko vezivanje je keperasto vezivanje sa tačno i pravilno određenim vezivnim tačkama, daje sjajne površine. Najviše se izrađuje 5 i 8-vezni atlas.

Od osnovnih vezivanja izvode se mnogobrojne podvrste i »fantazi« vezivanje. Obojenim prugama, različito upredenim predivom i gustinom žica mogu se stvoriti različiti efekti.

Specijalnom se tehnikom tkanja izrađuju: pojačane tkanine, tkanine u vidu cevi, samotne i plišaste, čupave, tepisi (ručno pletenih ili tkanih, sa nesečenim ili sečenim florom). Desenovane materije (izrađene na Jaquard-razbojima); Damasti, broševane tkanine i pantljike (v. Stoffhütte, 2 izd., str. 611).

### Tehničke tkanine

Oznake: $\sigma_B$ = jačina pri zatezanju, $R$ = dužina kidanja (str. 1192):

a) Od pamuka: platno za ceđenje, (keper), zaštitne obloge i umetci pri oplemenjivanju tkanina, tkanine u vidu cevi, vreće, fitilji. Teške pamučne tkanine kao umetci, za spoljne gume za točkove vozila. Impregnisane, neimpregnisane ili gumirane tkanine, kao remenje za transmisione kaiševe i kaiševe za prenošenje snage (kaiševi od pamuka $\sigma_B = 360$ do 430 kg/cm² gumirani kaiševi $\sigma_B = 350$ do 500 kg/cm², balata - kaiševi za pogon u vlažnom prostoru i umerenoj temperaturi). Tkanine impregnisane, da bi bile nepromočive, za šatore, cirade za kola, platno za ko-

[1]) Gräbner: Die Weberei, 6 izd., Leipzig 1935, Jaenicke. — Hamann: Webwarenkunde, Leipzig 1929, Jaenicke. — Lüdicke, Fiedler u. Gorke: Weberei, Band- und Posament-Weberei, Bindungslehre: Aberle, Krumme, Glafey u. Sautter: Wirkerei, Strickerei, Flechten, Klöppeln, Teppichherstellung, Maschinensticken, Berlin 1928, Springer (knj. II, 2 i 3 R. O. Herzog-ove tehnologije).

piranje planova. Tkanine sa jednim ili više slojeva laka, kao veštačka koža. Fine mako-tkanine (90—100 g/m², $R$ = 10 km) gumirane, za gasove nepropustljive balon-tkanine, premazane lakom ili firnisom, kao tkanine za prevlačenje aero-tela. Krpe za čišćenje mašina izrađuju se od otpadaka pamuka (upijaju do 350% ulja). — Platna za »pakung« i zaptivanje sa ili bez jezgra.

b) Od lana: platno za prevlačenje aero-tela (120 do 150 g/m², $R$ = 8 do 11 km). Platno za jedra, često impregnirano da bi bilo nepromočivo (gumirano za preklopne čamce).

c) Od kudelje: teško platno za jedra (700 do 900 g/m², 2,5 do 4,7 m širine), platno za šatorska krila (500 do 600 g/m², 60 do 75 cm širine), često impregnirano da bi bilo nepromočivo. Vreće i platna za ambalažu, creva (creva za prskanje izrađuju se od ramije), opasači, (pojasi, tkanice), kolani kaiševi za nosila.

d) Od jute: vreće i tkanine za ambalažu, podloge za izradu linoleuma.

e) Od vune: filc (pust) za amortizovanje vibracija, filc za klavir, za zaptivanje, koturi za poliranje i glačanje. Tkanine i platna za presovanje ulja. Pogonski kaiševi od dvostruke ili višestruke tkanine, potka od pamuka, vunena osnova od 4-žičnog konca, izrađuju se pomešani i sa kamiljom dlakom ili od čiste kamilje dlake; ovi poslednji su veoma elastični i primenjuju se kod prenošenja snage sa udarom ($\sigma_B$ = 300 do 400 kg/cm²). Filc (pust) za mašine za izradu hartije. Sita od konjske dlake.

f) Od svile: sitaste tkanine (slične gazi, za oblaganje mašina za prosejavanje i mlinskih valjaka); tkanine za padobrane i balone, svile za prevlake u avijaciji; kesice za barutna punjenja vatrenog oružja i tkanine za čišćenje (od bureta); svilene tkanine impregnisane uljnim lakovima upotrebljavaju se za izolaciju u elektrotehnici.

g) Od azbesta: dekoracije u pozorištima, vatrogasna odela, rukavice, prostirke za izolaciju, materijal za zaptivanje prolaza vodi i pari, kočničke trake.

h) Od stakla: tkanine za cedenje u hemijskoj industriji.

i) Od metala: metalna sita.

j) Od veštačkih vlakana: tkanine za cedenje od Pe-Ce vlakana u hemiskoj industriji.

---

# XVI. Koža. Guma. Pluta.

## A. Sirove i gotove kože[1])

Obradio K. Baumgart, Berlin

### a) Kože. Štavljenje

Pod prerađenom kožom podrazumeva se sirova koža životinja koja je primenom odgovarajućih materija, kao biljnih štavila, hemikalija ili masti, iz lako kvarljivog stanja prevedena u materiju velike postojnosti (vidi IV knj. odelj.: Sirove kože i prerada kože).

Sirove kože krupnih životinja kožar naziva krupnim kožama, a sitnih životinja — sitne kože. Oba naziva, opšte uzeto, uobičajeni su u trgovini.

Goveđe kože. Prema starosti i polu životinje razlikuju se volovska, kravlja, bikovska, juneća i teleća (krupna i sitna) i koža koja se dobiva od evropskih (pitomih) životinja i prekookeanskih goveda (koja rastu u travom obraslim ravnicama).

---

[1]) **Literatura:** Stoffhütte, 2 izd. str. 668 i dalje — Kempke: Rohstoffwandel in der Lederwirtschaft, Berlin 1939, Mannstaedt; u toj knjizi dati su dalji bibliografski podaci.

Konjske, magareće i kože mazgi su s obzirom na debljinu i jačinu slabije od goveđih koža.

Svinjske kože se prerađuju u gotovu kožu u izvesnim krajevima.

Kozje kože. Najviše se cene kože mladih životinja.

Ovčija koža je važna sirovina za fabrike gornje i fine kože. Najviše se cene jagnjeće kože.

### b) Vrste gotovih koža

**Tehnički važne kože:** biljno i hromno štavljeni pogonski kaiševi; stipsom, hromno i masno štavljene kože za prošivanje, spajanje kaiševa (kožna oputa); koža za predionice (koža za »ničlovanje«, koža za razdeljivače flora u trake, hromno ili semiš štavljena tehnička koža, koža za grebena, koža za doboše — prevlake od teleće kože); koža za tkačnice (udarni kaiševi, sirova koža za pikere — goniče); transparent ili osušena i istegnuta golica, od koje se izrađuju zupčanici; kože za poliranje i glačanje, biljno, hromno ili semiš štavljena; koža za navlake (manžete) i koža za okrugle kaiševe.

Riblja koža dobiva se uglavnom od ovih riba: bakalara, tuna, morskog psa i delfina.

Naročitu pažnju treba obratiti na skidanje (dranje) i štavljenje ribljih koža, da bi se održala njihova istegljivost. Može se smatrati da je ovaj problem danas potpuno rešen.

Od ribljih koža izrađuju se sledeće vrste koža: za povezivanje knjiga i druge knjigovezačke potrebe, za cipele, za izradu rukavica delom u vezi sa drugom kožom. Pri tome se za spoljnju stranu upotrebljava riblja koža, a za unutrašnju mekana teleća, ovčija i jareća koža.

Pogonski kaiševi moraju biti elastični i savitljivi da bi lakše nalegli i na obode kaišnika manjih prečnika.

Za te svrhe naročito su podesne južno- i srednjenemačke (a i švajcarske i italijanske) goveđe i kravlje sirove kože; bivolske i bikovske ne. Severoameričke kože nisu pogodne za pogonske kaiševe. Pri štavljenju (biljnom ili hromnom) mora se održati jačina kože; koža mora biti dobro štavljena, a nevezane štavne materije dobro isprane.

Vrste biljno-štavljenih pogonskih kaiševa prema RAL-uslovima isporuke Nr. 066 A2:

1) Koža koja sadrži masti do 7% (hladno utrljana) osobeni postupak
2) „ „ „ „ „ 12% (hladno mašćena)
3) „ „ „ „ „ 17% (toplo mašćena)
4) „ „ „ „ „ 25% (toplo umakana).

Koža za pogonske kaiševe isporučuje se najčešće kao krupon ili središnji deo (leđa) kože, bez vrata, glave i okrajine. Za određene svrhe (lake pogone) prerađuju se i pleća.

Hromno štavljena koža za pogonske kaiševe dobiva se iz istih sirovina kao i za biljno štavljene kaiševe. Za izvrsne svrhe upotrebljava se i bivolska koža, uglavnom od bivola sa Jave. Štavila: hromna stipsa. Hromno štavljena koža za kaiševe se pre štavljenja kruponira; otpaci (vrat i okrajine) obično se biljno štave. Hromno štavljena koža mnogostruko se upotrebljava za zaptivanje, zbog njene velike postojanosti, otpornosti prema zagrevanju, neosetljivosti prema ulju i kiselinama, itd. Za te svrhe ona se masti sa parafinom, cerizinom i sl.

Masno štavljena koža je veoma žilava i veoma otporna prema cepanju, i veoma elastična, upotrebljava se za prošivanje i spajanje kaiševa kao i za konjsku opremu.

Koža se prethodno štavi stipsom, pa se doštavi biljnim štavilom i zatim dobro masti. Da bi moža za prošivanje i spajanje kaiševa imala veću otpornost prema uticaju toplote, obično se hromno štavi.

**Udarni kaiševi** se ubrajaju u kožu za tekstilnu industriju. Izrađuju se od krupona istočno-indijskih i južno-američkih bufona, volova i goveda. Od udarnih se kaiševa traži da budu istegljivi, da su otporni prema cepanju i izdržljivi, osim toga kaiševi treba da budu dosta namašćeni, ali pri svem tom ne smeju biti i leplji-vi. Za udarne kaiševe obično se upotrebljava mašćena hromno-štavljena koža, odnosno kombinovano štavljena koža, zbog njene velike jačine pri cepanju, koja iznosi 9 do 11 kg/cm².

Katkada se udarni kaiševi štave zajedno sa dlakom. Ova vrsta kože za tekstilnu industriju upotrebljava se za pokretanje čunka u razboju; zatim za pokretanje udarača u batermašinama. Zbog velikog broja obrtaja sa kojim udarači rade, kaiševi su izloženi brzom habanju.

**Kaiševi za razdeljivače flora u trake, beskrajni kaiševi,** izrađuju se od biljno ili hromno štavljenih koža sa glatko izglačanom mesnatom stranom. Da se ovi kaiševi ne bi istezali, oni se prilikom izrade što je mogućno više istegnu.

Razdeljivači flore u trake su slepljeni beskrajni kaiševi koji se upotrebljavaju u predionicama vune za deljenje predivnih vlakana u predpreda, t. zv. »krempelovanje«. Pored toga se beskrajni kaiševi upotrebljavaju i kod bojenja, pomoću kojih se pokreću drveni doboši koji provode materijal, koji treba bojiti, kroz bojni rastvor.

**Pogonska koža** se izrađuje od blank kože ili semiš i hromno štavljenog krupona. Koža se cepa, na valjcima izravnava, sabija i masti sa strane lica. Sortirane strane lica namenjene za pogonsku kožu, izrađuju se u različitim širinama. Na mestu veze treba krajeve, kao i za dinamokaiševe, koso zaseći i pomoću kožnog lepka slepiti. Pogonska koža mora da bude skroz iste debljine.

**Teleće kože za doboše.** Da se u predilicama niti ne bi oštetile, prevlače se odnosni doboši telećom kožom koja je biljno ili hromno štavljena. Ova koža ne sme da sadrži dlačice, mora biti potpuno jednake debljine, dobro štavljena i skroz glatke površine.

**Kožne manžete (navlake)** obrazuju bešavne navlake na dobošima u t. zv. mašinama »za ničlovanje«.

Za te svrhe upotrebljene kože moraju biti štavljene kao gore opisane teleće kože za doboše i ne smeju na površini imati dlake, inače bi se niti iskidale. — Ničlovanje u predionicama vune ima za zadatak, da dobiveni flor u krempel-mašini namota u svitke.

**Koža za grebena.** U današnjoj tehnologiji grebenanja ovi se proizvodi označuju kao »prevlake za grebena«. Pod tim se podrazumevaju četkasti kožni listovi ili pantljike sa dvokrakim tupouglim metalnim zupcima, koji su savijeni pod tupim uglom i tako uglavljeni, da podjednako strče na jednu stranu podloge. Grebenaljkama se u tekstilnoj industriji razmrse, opruže i paralelno postave pamučna ili vunena vlakna. Grebenaljke se upotrebljavaju i u predionicama lana i u fabrikama svile.

**Sirova koža.** Kako je to ustvari suva sirova koža, to joj naziv »gotova koža« ne odgovara. Sirova koža je veoma čvrsta i žilava,

služi za izradu zupčanika. Oni se sastoje iz jedno na drugo složenih listova od goveđe kože, koji su slepljeni naročitim lepkom (lepak za kože), a zatim pod velikim pritiskom presovani u blokove, iz kojih se izrađuju konusni i čeoni zupčanici.

Neobrađen materijal od sirove kože izrađuju obično fabrike za izradu tehničke kože. One se skoro uvek ograničavaju, da fabrikama koje izrađuju mašine i zupčanike, isporučuju u određenim dimenzijama strugom obrađene blokove od sirove kože, bez zubaca i metalne armature.

**Pikeri** (goniči) se isto tako izrađuju od sirove kože bilo bivolje ili svinjske. Pikeri služe da prihvate i opet odbace čunak u razboju.

Pikeri primaju 150 do 200 udara/min. Traju samo 3 meseca. Sirove kože koje se upotrebljavaju za izradu pikera treba da su veoma gipke.

**Koža za poliranje.** Izrađuje se od masno ili biljno štavljene bivolje kože, prevučene sa obe strane kaolinom (Chinaclay); ili od biljno štavljenih koža morskoga konja. Ona mora biti mekana i takve konzistencije da joj površina sa kojom se polira bude uvek hrapava.

Upotrebljava se u zlatarstvu i za obradu čelične robe, gde se njome prevlače drveni koturovi za poliranje, ili se komadići kože, koji su nasatice poređani jedan do drugog, presovanjem spoje u kružni prsten.

**Koža za manžete** (naglavke). Upotrebljava se za zaptivanje klipova hidrauličnih presa i pumpi. Navlake se izrađuju od biljno ili hromno štavljenih koža.

**Lančasti kaiševi** se izrađuju od kožnih pločica spojenih među sobom osovinicama. Ovi kaiševi se kreću vrlo mirno i rado se upotrebljavaju kada se prečnici kaišnika znatno razlikuju među sobom, a prečnik manjeg kaišnika ne dozvoljava da se upotrebi dvostruki kaiš. Delovi za ove kaiševe isecaju se iz hromno ili biljno štavljene kože.

**Okrugli kaiševi** se upotrebljavaju za pokretanje šivaćih mašina, malih strugova itd., a izrađuju se obično iz biljno štavljene koža za pogonske kaiševe, pomoću mašina za sečenje, koja iz kružno isečene kože iseca po spirali pantljike.

Ovako dobiveni četvorouglasti kaiševi idu u uređaj za davanje okruglине (Rundungsapparat). Na ovom uređaju nalaze se cevčice čiji zaoštreni obodi imaju prečnik okruglog kaiša što ga treba izraditi. — Da bi se dobili uvijeni okrugli gajtani treba prvo iseći kožne pantljike pa ih zatim, kao i kod kanapa, uviti i namotati.

### c) Fizička i tehnička svojstva

**Jačina i elastičnost.** Štavljenje prouzrokuje veće ili manje nadimanje. Time koža dobije veću debljinu, usled čega se poprečni presek ustvari povećava, ali se sadržaj vlakana po 1 $cm^2$ smanjuje. Sirova koža je elastična, pa se ovo njeno svojstvo može štavljenjem više ili manje održati. Jačina pri zatezanju kaiša uslovljena je njegovim tkivom.

Rezultati ogleda prof. Kohnstein-a, Wien, radi određivanja jačine pri zatezanju i odnosnog izduženja pogonskih kaiševa, biljno, hromno i masno štavljenih, dati su u tabl. 1.

Kože za tekstilnu industriju, hromno, biljno ili masno štavljene, imaju isto tako vrlo različitu jačinu pri zatezanju i izduženje.

Podaci o elastičnosti i jačini dati su u tabl. 1.

**Tablica 1. Jačina pri zatezanju $\sigma_B$ i izduženje $\delta$ kaiševa**

| | $\sigma_B$ kg cm$^2$ | $\delta$ % |
|---|---|---|
| Kaiševi biljno štavljeni smrekovom ili mimoznom korom, nemašćeni | 300 | 21,5 |
| Isto, sa 16,8% stearina impregnisani, odn. mašćeni | 333 | 25,25 |
| Kaiševi biljno štavljeni smrekovom korom, nemašćeni | 188 | 24,6 |
| Isto, sa 15% stearina, mašćeni | 192 | 25,5 |
| Kaiševi biljno štavljeni hrastovom i smrekovom korom sa 12,5% masti | 328 | 35 |
| Kaiševi hromno štavljeni u dva kupatila, nemašćeni | 300 | 57,2 |
| Isto, koža impregnisana sa 4,1% parafina, odn. mašćena | 340 | 70 |
| Kaiševi hromo štavljeni u jednom kupatilu, nemašćeni | 242 | 27,8 |
| Isto, impregnisani sa parafinom na 58° C, odn. mašćeni | 375 | 32 |
| Isto, impregnisani sa parafinom i vazelinom na 54° C, odn. mašćeni | 380 | 41,5 |
| Masno štavljeni kaiševi (po B o g h-u) | 451—618 | — |

Jačina pri zatezanju s i r o v e k o ž e iznosi $\approx 565$ kg/cm$^2$.

Zapreminska težina b i l j n o š t a v l j e n e k o ž e iznosi $\approx 0{,}86$ za osušenu i 1,02 za mašćenu kožu; za hromno štavljenu ona se kreće od 0,80 do 0,85 kg/dm$^2$.

**Količina sadržane masnoće.** Nemašćena koža sadrži 0,1 do 1,5%, prosečno 0,8% masnoće.

Neke t e h n i č k e k o ž e, na pr., teleće kože za doboše i valjke, kože za navlake, kože za grebena, pri preradi se premazuju s lica ribljim, mineralnim i lanenim uljem ili drugim masnim materijama, da bi postale što mekše i elastičnije. Količina sadržine masnoće kod t. zv. m a s n o ć o m i m p r e g n i s a n i h k o ž a kreće se u širim granicama. Ona zavisi od svrhe za koju je koža namenjena i od toga da li se jačim mašćenjem želi postići povećanje težine kože. U m a š ć e n e k o ž e ubrajaju se biljno ili hromno štavljene kože za kaiševe, kožna oputa, udarni kaiševi, koža za navlake itd. T. zv. »mašćenjem« u zagrejanim pokretnim buradima, ili »toplim impregnisanjem« u odnosnim kotlovima, većina spomenutih vrsta koža upije 18 do 20% masnoće. Hromno štavljenoj koži za kaiševe dodaju je najviše 12 do 15% masti. Ovi se procenti odnose na obezmašćeni izmereni suvi krupon. Masno štavljena koža, na pr. kožna oputa, ima najveće procente masnoće, koji se kreću od 20 do 40%. Kože koje treba da budu što podatnije i gipke ili i nepromočljive, moraju sadržavati relativno veliki procent masnoće. Količina sadržane masnoće preko 25% može se smatrati kao veštačko otežavanje kože.

## d) Tehnički podaci i uslovi isporuke

**Uslovi isporuke biljno štavljenih pogonskih kaiševa** propisani su od RAL[1]). U njima je data ova podela:

a) Kaiševi od krupona — specijalni kaiševi,
   1. Kaiševi za motore, valjaonice, kaiševi za prenos koturom pritezačem, kaiševi za veliki broj obrtaja, kao i svi jako opterećeni kaiševi;
   2. Poluukršteni kaiševi,
   3. Naramenice i slični kaiševi.
   4. Kaiševi za konusne kaišnike,
   5. Klinasti kaiševi.

b) Kaiševi od krupona:
   1. Tegljeni u vlažnom stanju,
   2. Tegljeni u suvom stanju,

c) Naramenice i slični kaiševi.

[1]) Reichsausschuss für Lieferbedingungen beim Reichsausschuss für Wirtschaftlichkeit Nr. 066 A2, Lieferbedingungen u. Bezeichnungsvorschriften für pflanzlich gegerbtes Treibriemenleder, Berlin, 1938, Beuth-Vertrieb G m b H.

U porudžbini treba navesti podatke o kaišniku (vrsta, prečnik, širina i broj obrtaja), o snazi i vrsti pogona kao i o stanju prostora (temperatura, važnost, kiselina, prašina). Uslovi isporuke sadrže i podatke o kvalitetu sirovine za izradu kaiševa i gotove kože; osim toga su dati načini obeležavanja, karakteristike i postupci za ispitivanje.

**Propisi za pogonske kaiševe i transmisije AWF 21**[1]), razlikuju kožne, tekstilne, balata i gumene kaiševe. Za osobne uslove treba izbor kaiševa izvršiti prema tabl. 2.

**Kožni kaiševi** su podesni pri normalnoj temperaturi i običnoj vlažnosti. U vrućim prostorijama treba upotrebiti kaiševe od hromno štavljene kože (prema lužinama malo osetljiva), u veoma vlažnim prostorijama treba ih spojiti naročitim hladnim lepkom. Za velike brzine treba upotrebiti specijalne kaiševe.

**Tablica 2. Izbor kaiševa pri osobenim uslovima**

| Uslov | Kožni kaiševi | Tekstilni kaiševi | Balata kaiševi | Gumeni kaiševi |
|---|---|---|---|---|
| Prašina . . | Impregnisani odn. hrom. št. koža | Kaiševi od dlaka specijane izrade | Balata kaiševi | Bez pokrovne ploče |
| Para . . . | Hrom. št. koža | Spec. izrade | Balata kaiševi | Sa pokrov. pločom |
| Vlaga . . . | Impreg. sa spec. hlad. lepkom | Specijalno impregnirani | Balata kaiševi | Sa pokrov. pločom |
| Kiselina . . | Hrom. št. koža | Kaiševi od dlaka specijane izrade | Balata kaiševi | Sa pokrov. pločom |
| Lužine . . | Hrom. št. koža | Pamučni kaiševi | — | — |
| Benzin . . . | Spec. hromno štavljenje | Kaiševi od dlaka specijane izrade | — | — |
| Suva toplota | Hrom. št. koža | Pamučni kaiševi | — | Bez pokrovne ploče |
| Isključnik . | Naročito štavljeni | Pojačani rubovi | Balata kaiševi viljuška sa točkićima | Bez pokrov. ploče, viljuška sa točkićima |
| Velika brzina | Spec. kaiševi | Divlja svila | Male debljine | Što lakši i naročito tkani |
| Mali prečnik | Naročito štavljeni | Divlja svila | Naročito izrađeni kao gore | — |

**Tekstilni kaiševi.** Kaiševi od kamilje dlake i druge dlake, specijalno izrađeni, neosetljivi su prema prašini, kiselini, benzinu i pari; pamučni kaiševi su manje osetljivi prema toploti i lužinama ali imaju veće trajno izduženje. Kaiševi od divlje svile pogodni su za kaišnike sa malim prečnikom i najveće brzine.

**Balata kaiševi**, podesni su za vlažne prašnjave pogone do 35° C, do 50° C specijalne izrade; treba ih zaštititi od dodira sa mašću i uljem. Za male snage treba upotrebiti balata kaiševe i gajtane od gutaperke.

**Gumeni kaiševi**, bez pokrovne ploče podesni su za suve, prašnjave i vruće prostore; treba ih zaštititi od dodira sa mašću i uljem. Pokriveni pločama sa obe strane podesni su za prostore sa parom, vlagom i kiselinama.

---

[1]) 6. izd., Berlin 1929, Beuth-Vertrieb G m b H. 7 izd. u pripremi; ono sadrži: I. Flachriemen, II. Keilriemen, III. Werkstoffe (Balata-Gummi-, Leder-Textilriemen, Stahlbänder).

A W F - propisi sadrže sem toga i podatke o snazi transmisija, o konstrukciji i veličini kaišnika, položaju kaiševa, o spajanju i postupanju sa kaiševima.

Za mazanje i negovanje kaiševa upotrebljava se često riblje ulje, a po potrebi i pomešano (ugušćeno) sa lojem (3:1). Kao sredstvo za prijanjanje služi lanolin. Tekstilne kaiševe treba pre upotrebe još jednom impregnisati. Kolofonium i smole su štetne po kaiševe.

### e) Koži slične materije

**Veštačka koža.**[1]) Definicija po RAL 060 B.:

1. Tkanini ili filcu slična materija iz biljnih, životinjskih ili drugih vlakana, koži sličnih svojstava ili takvih koje ih podražavaju, sa premazom otpornim prema vlazi, na bazi derivata celuloze, na pr. nitro celuloze. Presovanjem šara sličnih licu prave kože dobiva se koži sličan izgled.

2. Karton, sa koži sličnim svojstvima, koji sadrži najmanje 40% tež. delova kožne supstancije. Kožni kartoni za potpetice, ako sadrže najmanje 65% tež. delova kožne supstancije.

U RAL 060 dati su i podaci o svojstvima i postupci za ispitivanje.

S obzirom na nove veštačke materije koje treba da zamene kožu trebalo bi proširiti gornje definicije.

**Oznake za materije koje zamenjuju saračku, tašnersku kožu i kožu za prevlačenje nameštaja,** po RAL 069 B. Razlikuju se ove grupe:

1. **Fagelan**, izrađuje se od tekstilnih tkanina sa umetkom ili (i) prevlakom koje su postojane prema vodi.

2. **Fabinet**, izrađuje se od biljnih, životinjskih ili drugih vlakana, ili prirodno vlaknastog materijala i u vodi nerastvornim vezivnim sredstvima, sa ili bez umetnute tekstilne tkanine, sadrži najmanje 50% tekstilnih materija, sa ili bez tekstilne prevlake koja je otporna prema vlazi.

P r i m e n a: na pr., za đonove i kao zamena za blank kožu, debljine je 1 do 6 mm.

3. **Nifarin**, izrađuje se od nerastvorenih materija u vodi, na pr. od prirodnog ili veštačkog kaučuka, veštačkih smola itd. sa manje od 50% vlaknastih neutkanih materija, sa ili bez prevlake postojane na vlazi.

P r i m e n a: ove gumi slične materije, kojima nedostaje svaka poroznost (ne upijaju vodu i ne propuštaju vazduh), upotrebljavaju se za đonove, kao materije za prevlaku nameštaja i za tašnersku robu.

**Linoleum.** Dobivanje v. Stoffhütte, 2 izd. str. 684.

**Tablica 3. Glavne vrste linoleuma (debljina u mm)**

| | | |
|---|---|---|
| Jednobojni linoleum<br>4,6 4,0 3,6 3,0 2,2 | Granit-linoleum<br>3,3 2,4 2,0 1,6 | Sa šarama sličnim parketu, marmorirani, i inlaid-linoleum<br>3,3 2,4 2,0 |
| Linoleum za pod<br>6,0 | Spec. inlaid-linoleum*)<br>3,3 2,4 2,0 | Linoleum sa uštampanim šarama<br>1,8 |
| Jaspé-linoleum<br>3,3 2,4 2,0 | Jednobojni linoleum sa plutom<br>7,0 5,0 4,0 | Linoleum za nameštaj i zidove**)<br>1,7 |
| Moiré-linoleum<br>3,3 2,4 | Jaspé-linoleum sa plutom<br>5,0 3,3 | Brazdasti linoleum ***<br>3,5 2,5 |
| | Inlaid-linoleum<br>3,3 2,4 2,0 1,6 | |

*) U nekim bojama i 6 mm debljine; — ** Delimično 1,0 mm debljine, sa pojedinim uni-bojama 1,5 i 1,2 mm debljine; — ***) Sa brazdama i piramidama.

[1]) F. K e m p k e: Rohstoffwandel in der Lederwirtschaft, Berin, 1939, Wilh. Manstaedt.

**Na tržištu uobičajene mere:** trube oko 28 m dužine, širina trake 2 m. **Težina:** prosečno 1,1 kg/m² za 1 mm debljine.

Li-prostirke za pod gotovo se ne razlikuju od linoleuma; izrađuju se umesto od lanenog ulja, od nekog drugog domaćeg sredstva za vezivanje.

Svojstva: linoleum i Li-prostirka za pod daju površine sa dobro priljubljenim sastavcima i ubrajaju se u tople podne pokrivače. Prigušuju šum od hoda, naročito ako je linoleum izrađen od plute. Važno je da podloga za linoleum (cementne i gipsne košuljice itd.), pre postavljanja linoleuma, bude suva (suva na vazduhu), gornja površina dovoljno čvrsta, ravna i bez naprslina. U principu linoleum treba po cjeloj površini slepiti za podlogu.

Kao lepak za masivne podloge treba upotrebiti kopal smolu — brzovezujući kit i sulfitno-bazni kit za starije — suve patose.

Pre lepljenja linoleuma za drvene daščice, treba položiti sloj papirnog filca, koji ostaje neslepljen. Kao lepilo za drveni pod i papirni filc dolaze u obzir: sulfitno-bazni kit ili kopal-smolni kit. — Na hladnoći treba linoleum pre odmotavanja zagrejati jer se inače može slomiti.

Linkrust, služi za oblaganje unutrašnjih zidnih površina, stolova i nameštaja, može se prati. To je tanak sloj linoleumske mase, koja je valjanjem razastrta na trake od žilave hartije.

Lepilo za zidove i nameštaj: sulfitni kit; fabrike nameštaja upotrebljavaju često tutkalo i kazeinski lepak za hladnu preradu.

**Balata.** (Dobivanje v. Stoffhütte, 2 izd. str. 685). Upotrebljava se za pokrivanje podova. On se ne lepi niti se prikiva, samo se prostire, posle čega dobro nalegne.

**Voštane i kožne tkanine.** Obe zamene kože su firnisom (uz dodatak zemljanih boja) prevučene pamučne tkanine, porhet, kaliko i sl. Presovanjem pomoću graviranih reljefnih valjaka (šagriniranje) daje se platnu izgled lica raznih vrsta koža. Većina ovih proizvoda je osetljivo prema vodi.

**Vulkanfiber** (str. 1147)[1]) je cinkhloridom pergamentirana, zatim presovana celuloza. Postoji tvrdi i savitljivi vulkanfiber. Obe se vrste izrađuju u obliku razno obojenih ploča: crvene, sive, mrke, žute i crne boje.

Vulkanfiber obrazuje čvrstu i koži sličnu masu, koja je otporna prema hladnoj i vreloj vodi, kao i prema uljima; on je gladak i ravan, ali se ne može razvlačiti. Upotrebljava se za ventile, krilca na pumpama, zaptivanje itd. Ploče od vulkanfibera se upotrebljavaju i za kofere, kojima se presovanjem, pomoću šagrinir-mašina, daje izgled kože.

## B. Guma[2])

Obradio A. Schob, Berlin

**1. Definicija.** Raniji izrazi »kaučuk« i »guma« upotrebljavani su jedno mesto drugog, danas se, međutim, pod imenom »kaučuk« podrazumeva

[1]) V. i Pabst: Kunststoff-Taschenbuch, Berlin-Dahlem 1939, Verl. Physik.

[2]) **Literatura.** — Gottlob: Technologie der Kautschukwaren II izd Braunschweig 1925, Vieweg & Sohn. — Memmler: Handbuch der Kautschukwissenschaft, Leipzig 1930, Hirzel. — Hauser: Handbuch der ges. Kautschuktechnologie, Stuttgart u. Berlin 1935, Union Deutsche Verlagsges. — Odnosni »Normblätter« des Deutschen Verbandes f. d. Materialprüfungen der Technik«. — Steinborn: Werkstoff Gummi. ATZ 42 (1939), str. 223. — Stoffhütte, 2 izd. str. 686 i dalje.

sirova guma, a pod imenom »guma« vulkaniziranjem dobiveni proizvod. »Arapska guma« — gummi arabicum je ugljeni hidrat, lepilo koje se dobiva iz smole drveta. Ovo stablo nije srodno sa tropskim biljkama (uglavnom stabla iz porodice Heveae) iz kojih se dobiva kaučukov sok (lateks).

Pored prirodnog kaučuka postaju sintetički proizvodi — u Nemačkoj uglavnom vrste »buna« — kaučuka — sve značajniji.

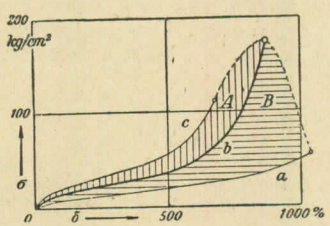
**2. Prirodni kaučuk.** Kaučukova supstanca (sastava ugljovodonik $(C_5H_8)_n$ [$C_5H_8$ = izopren]) je emulgirana u lateksu, kao što je mast emulgirana u mleku.

Izdvajanje iz lateksa i zgrušavanje u kaučuk loptice zove se »koagulisanje«. Ono se vrši na plantažama dodavanjem sirćetne kiseline. Lateks se zbog lakog kvarenja ranije mogao otpremati samo kao koagulisani kaučuk, međutim, sad se on konzervisanjem učini podobabn za transport, i mnogostruko se upotrebljava, na pr. tamo gde se ranije upotrebljavao rastvor kaučuka (za premazivanje tkanina i sl.).

Vulkanisanje. Sirova guma (kaučuk) ima malu tehničku primenu. Vulkanisanjem nestaje moć lepljenja, ali se povećava elastičnost i jačina. Vulkanisanje je proces koji bazira na svojstvu kaučuka da zagrejan mešanjem na valjcima ili gnječenjem (mastifikovanje) hemiski veže sumpor. Ono se izvodi kao toplo vulkanisanje, ili sa sumporhloridom (u vidu pare ili rastvora) kao hladno vulkanisanje. (Ovo poslednje se upotrebljava samo za proizvodnju predmeta tankih zidova).

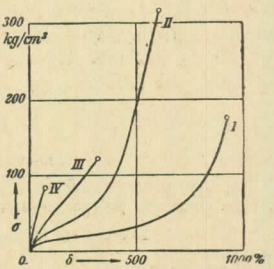
Razlika između meke i tvrde gume (ebonit) je u količini vezanog sumpora: meka guma sadrži 0,5 do 5%, a tvrda guma mogući maksimum od oko 50%, u odnosu na sadržaj kaučuka u mešavini (guma koja sadrži sumpora između ovih granica je »kožasta«; ona se može malo upotrebiti).

Osim sumpora treba u najčešćim slučajevima primene dodati i materije za punjenje (punila), što znatno utiče na tvrdoću, jačinu, elastičnost, otpornost prema hemiskm uticajima i starenju; aktivne materije za punjenje (određene vrste čađi, veoma disperzan cinkov oksid) povećavaju jačinu u odnosu na jačinu gume bez materije za punjenje do 100%, istovremeno se povećava žilavost na zarez ali se zato pogoršava elastičnost.




A. Suviše vulkanisan,
B. Nedovoljno vulkanisan

Sl. 1. σ-δ - dijagram vulkanisane meke gume bez punila




Sl. 2. Glavni tipovi vulkanisanih mešavina meke gume

Na sl. 1 prikazuje linija b σ-δ- dijagram jedne normalno vulkanisane kaučuk-sumpor mešavine (meka guma). Poručuje između a i b od-

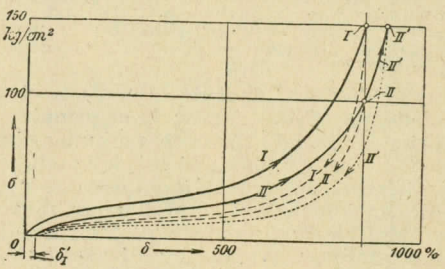
nosi se na smanjeni stepen, a područje između b i c na povećani stepen vulkanisanja. Dijagram c sa prevojnom tačkom pokazuje da je često postavljeno pitanje o modulu elastičnosti meke gume neumesno, jer pored stepena vulkanisanja utiču i druge okolnosti o kojima će biti niže govora. Dati dijagrami se ne mogu obrađivati matematički-analitičkom metodom. Međutim, sa sl. 2, gde su pokazani glavni tipovi, se vidi, da oko njih leži vanredno veliki broj poželjnih i nepoželjnih varijacija, koje zavise od promene sastava mešavine, promene količine kaučuka ili stepena vulkanisanja (sl. 1). Linija I (odgovara liniji b na sl. 1) odnosi se na čiste kaučuk-sumpor mešavine sa vrlo malo materija za punjenje, na pr. unutarnje auto-gume; linija II odnosi se na kvalitetne mešavine za spoljne gume, odbojnike, transportne trake itd.; linija III odnosi se na specijalne mešavine raznih vrsta; linija IV odnosi se na niže t. zv. tehničke kvalitete (obični gumeni prsteni za zaptivanje i dr.).

Elastično ponašanje meke gume. Daje se na dva načina:

1. Kao odnos dve dužine: elastično vraćanje prema prinudnoj deformaciji. Obično se meri (i to u % merne dužine, a ne prinudne deformacije), »prolazna deformacija« (pri ispitivanju istezanjem »prolazno izduženje«); termin »trajna deformacija« nije dobar, jer ta deformacija zavisi od vremena, o čemu će biti niže govora.

2. Kao odnos dva deformaciona rada: ponovo dobiveni deformacioni rad prema utrošenom deformacionom radu $\times 100 = \eta_{el}$% (»stepen korisnosti elastičnog dejstva«); $100 - \eta_{el}$ = gubitak histereze u %.

Između 1 i 2 ne postoji određena zakonitost. Međutim, gubitak histereze i prolazna deformacija, uopšte su utoliko veći, ukoliko je prinudna deformacija bila veća. Sl. 3 pokazuje odnose za normalno vulkanizirani kaučuk-sumpor mešavinu. U izabranom primeru krajnji napon leži nešto ispod onoga koji se odnosi na teret pri kidanju. Kriva linija I je »primarna« kriva (petlja) histereze, kriva II odnosi se na prvo ponavljanje do izduženja jednake veličine. Ordinate daljih krivih histereze bivaju sve manje i na kraju se, ukoliko napon nije suviše veliki, uspostavlja ravnotežno stanje. Sa sl. 3 se vidi da za prvo opterećivanje i rasterećivanje $\eta_{el}$ iznosi samo oko 70%[1]). Kad bi se kod drugog opterećivanja intenzitet tereta povećao do iznosa kao kod I dobila bi se kriva, čija bi završna tačka ležala pored II'; taj se slučaj u praksi češće javlja.




Sl. 3

Krive histereze: I, II sa stalnim izduženjem i I, II' sa stalnim naponom

Gubitak histereze pretvara se u toplotu i prouzrokuje kod jako opterećenih debelih komada (pune gume i dodirne površine spoljnih guma) jako unutarnje zagrevanje i usled toga razaranje koje ide od unutrašnjosti ka spoljnoj strani. Prema odnosima na sl. 3, gde gubitak rada

[1]) Osobeni slučaj merenja stepena korisnosti elastičnog dejstva je određivanje »reaktivne - elastičnosti« pomoću Schob-ova klatna v. Memmler, loc. cit., str. 267.

(histereza) iznosi oko 30%, »prolazno izduženje« $\delta$ iznosi oko 2 do 3% merne dužine ili $^1/_3$% prinudnog celokupnog izduženja; posle jednog časa »prolazno izduženje« može da se smanji praktično do na nulu.

Gubitak rada (histereza), koji se može smanjiti pogodnim mešavinama, ali koji se ne može sasvim ukloniti, čini da je meka guma naročito podesna za prigušvanje udara, jer pri tome dejstvuje istovremeno i kao opruga i kao prigušivač. Kao međusloj, koji se ponaša i kao opruga i kao prigušivač, ona nalazi široku primenu i vulkanizuje se neposredno na samim čeličnim pločama.

Sva svojstva gume zavise od temperature, brzine i u velikom stepenu od vremena; guma stari — najbrže sirova guma, dobro vulkanizovana manje a najmanje tvrda guma (ebonit).

Sredstva koja sprečavaju starenje u mešavinama povećavaju dužinu trajanja. Štetni su, naročito za meku gumu, uglavnom svetlost, toplota, kiseonik, rastvarači (benzol, benzin, mineralno ulje), određeni dodaci mogu jako povećati otpornost prema raznim uticajima.

Jačina i druge karakteristike, za pojedine slučajeve utvrđene su raznim uslovima za isporuku[1]).

**Ispitivanje**, prema DIN DVM (3503 - tvrdoća; 3504 - jačina pri zatezanju i odnosno izduženje; 3508 — veštačko starenje meke gume. Hemisko ispitivanje: 3551 — uzimanje ugleda; 3554 — određivanje količine vlage; 3556 — materije rastvorljive u vodi; 3557 — materije rastvorljive u acetonu; 3558 — materije rastvorljive u hloroformu; 3559 — materije rastvorljive u polunormalnom alkoholnom rastvoru natrijum hidroksida; 3560 — materije rastvorljive u ksilolu; 3563 — minimalni sastojci sagorevanja — pepeo).

Primena tvrde gume je prema ranijoj nazadovala. U elektrotehnici: kao izolirajući materijal od osobite vrednosti, ali male otpornosti prema »toploti«; potiskuju je pretežno plastične materije koje pri obradi presovanjem očvrsnu. Najvažnije vrste gume standardizovane su u DIN 7711 do 7313.

**3. Sintetički kaučuk**[2]). Buna se dobiva na bazi ugljovodonika butadijena ($C_4H_6$). Vrste: buna označena brojevima (na pr., buna 85, buna 115 itd.), buna S, perbunan, buna SS. Ove materije nisu identične sa prirodnim kaučukom ali mu se po deformabilnosti i elastičnosti toliko približavaju da se s pravom mogu nazvati sintetičkim kaučukom; štaviše u nekim svojstvima buna prevazilazi prirodni kaučuk, naime, u pogledu habanja, postojanosti prema toploti, starenju, propustljivosti gasova; »perbunan« je otporan prema uljima i prema mnogim organskim rastvaračima.

**4. Gutaperka i balata** se sastoje uglavnom iz ugljovodonika sličnog ugljovodoniku kaučuka; ne mogu se vulkanizirati, ponašaju se izrazito »termoplastično« i nalaze primenu u specijalnim slučajevima (gutaperka za pomorske kablove i balata za pogonske kaiševe).

Kao »guttasyn« označuje se sintetički proizvod po svojstvima sličan gutaperki (v. Stoffhütte, 2 izd. str. 694).

---

[1]) na pr., Wehrmacht, Reichsbahn, Reichspost, VDE, Bergbau. Vidi i str. 1198.

[2]) Konrad: Über den synthetischen Kautschuk, Z f. Kautschuk 13 (1937) str. 1. — Roelich: Weichgummi aus Buna, Chemische Fabrik, 11 (1938), str. 281.

## C. Pluta[1])

Tehnički važna je uglavnom pluta — kora hrasta plutonosca — iz jugozapadnih zemalja Sredozemlja. Fizička svojstva plute: mala specifična težina, od 0,12 do 0,25 g/cm³, mala propustljivost za vodu, alkohol, etar i vazduh, vanredna elastičnost (istegljivot do 25%), brzina prostiranja zvuka iznosi svega 430—530 m/s, mali koef. toplotne provodljivosti ($\lambda$ = 0,044 kcal/hm°). Sagoreva razvijajući mnogo čađi (crni ostatak je lomljiv — trošan, plutena čađ ima jaku podobnost bojenja; upotrebljava se za proizvodnju crne štamparske boje).

**Kamen od plute** se izrađuje od otpadaka plute uz dodatak sredstava za vezivanje. Izrađuju se ploče 0,2 do 16 cm debljine, zatim ljuske i segmenti, za oblaganje cevi, do $^1/_3$ m dužine.

Ako ovi proizvodi treba da prenose istovremeno i terete, onda treba imati u vidu, da se usled elastičnih svojstava plute debljina materije pod teretom, smanjuje, što zavisi od sirovine i načina izrade. Na ovo svojstvo treba obratiti pažnju naročito onda kada se pluta koristi za prigušivanje zvuka i vibracija.

**Impregnirani kamen od plute**, crne je boje, izrađuje se sa katranom kamenog uglja kao vezivnim sredstvom, otporan je prema vodi; upotrebljava se za izolaciju hladnjača, vodova hladnoće, vagona hladnjača, za izolaciju vlažnih zidova itd. Najveća dozvoljena temperatura je 25° C. Za proizvodnju dolaze u obzir sitni komadi ekspandirane plute. Ekspandiranje se vrši procesom prženja, kojim se povećava zapremina plute; otuda bolja izolirajuća svojstva i manja specifična težina. Veličina ploča: 0,5 × 1 m², debljina: 1 do 16 cm; ljuske za izolovanje cevi izrađuju se različitih prečnika. Specifič. težina = 0,18 g/cm³, koeficijent toplotne provodljivosti $\lambda$ = 0,038 kcal/mh°; može se opteretiti do 3 kg/cm².

**Neimpregnisani kamen od plute** izrađuje se od sirovih ili ekspandiranih otpadaka isitnjene plute; vezivno sredstvo: glina, tutkalo, ili druge u vodi rastvorljive materije koje su postojane i na višim temperaturama. Primenjuje se za toplotnu izolaciju na krovovima, pekarskim pećima, kod parnog grejanja parom niskog pritiska itd.; dozvoljena je upotreba za oblaganje gvozdenih stubova i nosača da bi se zaštitili od jare. Važnost i temperature iznad 100° C treba izbegavati. Proče će izrađuju u veličini 0,33 × 1 m² i debljinama od 1 do 10 cm. Specifič. težina zavisi od sirovine i kreće se od 0,25 do 0,30 g/cm³. Koeficijent toplotne provodljivosti $\lambda$ = 0,04 do 0,05 kcal/mh°. Može se opteretiti do 5 kg/cm².

**Ploče od čiste plute** izrađuju se presovanjem isitnjenih otpadaka prirodne ili ekspandirane plute; pri tome se kao vezivno sredstvo koriste žarenjem dobivene sopstvene smolaste materije, eventualno treba dodati još i vezivna sredstva svetlije boje, kao krvni albumin, dekstrin, jedinjenja glicerina itd. Isitnjena pluta se prethodno presuje do na 50 kg/cm² i pod tim pritiskom ona se žari. Usled toga imaju ploče veću jačinu pri pritisku. Upotrebljavaju se za toplotnu izolaciju sušnica, kao podloga za linoleum, kao zastirači u kupatilima, u veoma finoj strukturi i jako presovane kao plutani parket, kao umetci u vertikalnim zidovima za izolaciju od zvuka, kao ulošci ispod temelja mašina, radi prigušivanja šuma od rada mašina. Veličina ploča: 0,5 × 1 m², debljina: 0,2 do 10 cm; specifič. težina zavisi od stepena pretpresovanja i kreće se od 0,2 do 0,5 gr/cm³. Opteretljivost zavisi od stepena pretpresovanja. Specifični teret ne sme biti veći od 15 kg/cm².

[1]) Ovo poglavlje je pregledalo uredništvo Hütte-a; v. Stoffhütte 2 izd., str. 588. — Literatura: v. Wiesner: Rohstoffe des Pflanzenreiches, 4. izd., Bd. 2, Leipzig 1928, Engelmann.

Podmetači od plute za temelje, ploče armirane gvožđem, dobivaju se spajanjem traka od prirodne plute. Trake su mehanički spojene pomoću gvozdenih okvira. Služe za prigušivanje šuma u fundamentima mašina, za prigušivanje potresa mašina sa većim brojem obrtaja od 1500 u minuti. Veličina ploča prilagođena je stvarnim potrebama, a njihova debljina, 3 do 12 cm, zavisi od elastične deformacije koja je potrebna za prigušivanje. Podmetači se mogu opteretiti od 2 kg/cm², pri čemu treba voditi računa naročito o elastičnim svojstvima materijala. Specifič. težina sa gvozdenom armaturom iznosi oko 0,30 g/cm³.

# XVII. Proizvodi ugljenika

Obradio Dr.-Ing. E. H. Klein, Berlin

## A. Proizvodi ugljenika i grafita[1])

### a) Sirovine i postupci za proizvodnju

Za dobivanje proizvoda od ugljenika i grafita, koji pre svega nalaze primenu u elektrotehnici ili kao vatrostalni materijal, koriste se delom sirovne (antracit, grafit), delom međuprodukti (koks iz nafte, koks kamenog uglja, čađ, retortni ugalj, katran kamenog uglja, smole; v. tabl. 1 i 2).

Tablica 1. Svojstva čvrstih sirovina (po Mantell-u)

| | Vlažnost % | Isparljivi sastojci % | Ugljenik % | Pepeo % | Spec. tež. kg/dm³ |
|---|---|---|---|---|---|
| Antracit . . . . . | 2,4—14,0 | 1,5— 8,5 | 65—85 | 6,0—18 0 | 1,5 |
| Čađ . . . . . | 0,6— 3,0 | 3,0— 7,0 | 90—96 | 0,6—10,0 | 1,7—1,8 |
| Grafit, prirodni . . | 0,5— 2,0 | 1,0— 7,3 | 78—92 | 7 5—19,7 | 2,0—2,5 |
| Koks kamen. uglja . | 0,7— 3,0 | 0,6— 3,3 | 70—92 | 7,0—16,0 | 1,7 |
| Koks katrana kamenog uglja . . . | 0,5— 1,5 | 4,0—12,0 | 85—97 | 0,3— 2,0 | 1,6—1,8 |
| Koks retortni . . . | 0,5— 2,0 | 4,0—13,0 | 88—97 | 3,0—10,C | 1,8—2,0 |
| Petrolkoks . . . . | 0,4— 2,0 | 4,0—18,0 | 82—97 | 0,5— 2,0 | 1,8 |

Tablica 2. Svojstva vezivnih sredstava (po Mantell-u)

| | Temper. topljenja °C | Temper. omekšav. °C | Slobodni ugljenik % | Ostatak koksovanja % | Specifična težina kg/dm³ |
|---|---|---|---|---|---|
| Katran gasnih peći . | tečan | — | 20—40 | 40—65 | 1,18—1,25 |
| Katran koksnih peći | tečan | — | 12—20 | 15—30 | 1,12—1,18 |
| Katran vodenog gasa | tečan | — | 2—5 | 10—20 | — |
| Smola, mekana . . | 50—70 | 35—60 | 15—25 | 20—35 | 1,250—1,265 |
| Smola, sred. tvrda . | 70—90 | 50—80 | 25—35 | 30—40 | 1,265—1,285 |
| Smola, tvrda . . . | 90—140 | 80—115 | 30—50 | 35—55 | 1,285—1,330 |

[1]) Literatura. — K. Arndt. Die künstlichen Kohlen, Berlin 1932, Springer. — C. L. Mantell: Industrial Carbon, New-York 1928, v. Nostrand. — Niederleutner; Unbildsame Rohstoffe keramischer Massen, Wien 1928. Springer. — Spilker: Kokerei und Teerprodukte der Steinkohle, 4 izd. Halle 1923, Knapp: — Ullman: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2 izd. Berlin-Wien, 1930, Urban u. Schwarzenberg.

Proizvodnja, v. Stoffhütte, 2 izd., str. 886 i dalje: sušenje i prethodno žarenje, mehanička priprema mase, uobličavanje i žarenje; proizvodnja anoda za dobivanje aluminijuma vrši se u blokpresama, inače se presuje u komade okruglog, kvadratnog i pravougaonog poprečnog preseka.

**Grafitiranje**[1]. Zagrevanjem na visokoj temperaturi, 2500 do 3000° C, ugljenik prelazi u grafitnu modifikaciju. Pri tome isparavaju skoro sve nečistoće, tako da se dobije vrlo čista i mekana materja: elektro grafit.

Grafitiranjem se specifična težina povećava od 2,0 na 2,2 kg/dm³ a elektroprovodljivost za 4 do 10 puta. Elektrografit sadrži 0,5 do najviše 1% pepela (Ca O, Si C, $Si O_2$, $Fe_2 O_3$, $Al_2 O_3$). On sporije sagoreva na vazduhu od proizvoda dobivenih od uglja.

## b) Gotovi proizvodi

**1. Elektrode. Oblici elektroda:** okrugle elektrode, četvorougle, ove poslednje se mogu složiti u paket-elektrode, kod kojih su dodirne površine često brušene. Šuplje elektrode se izrađuju sastavljanjem pojedinih prstenastih sektora. Primenjuju se u jednofaznim pećima sistema Mignet-Perron. Anodni ugalj za proizvodnju aluminijuma se izrađuje u niskim blokovima. Uobičajene dimenzije su date u tabl. 3, 4, i 5.

**Tablica 3. Dimenzije okruglih elektroda**

| Prečn. m/m | Težina oko kg/m | Prečn. m/m | Težina oko kg/m | Prečn. m/m | Težina oko kg/m | Prečn. m/m | Težina oko kg/m | Prečn. m/m | Težina oko kg/m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 12,2 | 200 | 48,5 | 325 | 129 | 500 | 304 | 750 | 684 |
| 110 | 14,7 | 210 | 54 | 350 | 149 | 550 | 368 | 800 | 779 |
| 120 | 17,5 | 225 | 62 | 360 | 158 | 575 | 402 | 850 | 879 |
| 150 | 27 5 | 250 | 76 | 400 | 195 | 600 | 438 | 900 | 986 |
| 155 | 29,0 | 265 | 86 | 420 | 215 | 650 | 514 | 1000 | 1217 |
| 165 | 33,0 | 285 | 99 | 430 | 225 | 675 | 554 | | |
| 175 | 37,0 | 300 | 110 | 550 | 246 | 700 | 596 | | |

**Tablica 4. Preseci i težine četvorouglih elektroda**

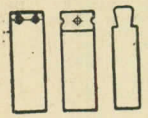
| Pravougaoni poprečni presek (F) | | | | Kvadratni poprečni presek (F) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F mm² | Težina kg/m | F mm² | Težina kg/m | F mm² | Težina kg/m | F mm² | Težina kg/m |
| 150×300 | 46 | 350×500 | 271 | 90× 90 | 15,6 | 330×330 | 169 |
| 150×300 | 70 | 400×500 | 310 | 100×100 | 15,5 | 350×350 | 190 |
| 250×300 | 116 | 400×600 | 372 | 120×120 | 22 | 370×370 | 212 |
| 250×350 | 135 | 450×500 | 349 | 150×150 | 35 | 400×400 | 248 |
| 250×400 | 155 | 500×600 | 465 | 180×180 | 50 | 450×450 | 314 |
| 250×500 | 194 | 500×750 | 581 | 200×200 | 62 | 500×500 | 387 |
| 300×350 | 163 | 500×900 | 697 | 250×250 | 97 | 600×600 | 558 |
| 320×400 | 198 | 600×750 | 697 | 270×270 | 113 | 700×700 | 759 |
| 350×400 | 217 | | | 300×300 | 139 | 750×750 | 872 |

Dužina okruglih i četvorouglih elektroda iznosi obično 2000 do 2500 mm, izuzetno 3200 mm.

[1] Pirani: Elektrothermie, Berlin 1930, Springer, str. 119.

Tolerancije za poprečni presek. 1 do 2%, vidi tab. 6. Kod pravouglih poprečnih preseka određuje se tolerancija prema dužoj strani. Kod obrađenih okruglih elektroda i brušenih četverouglih elektroda tolerancija iznosi ± 1 mm za sve poprečne preseke. Tolerancija za dužine: 5%. Tolerancija za ugib elektroda iznosi oko 5% dužine

Oblici glava za učvršćivanje elektroda za držač dati su na sl. 1.



Sl. 1.

**Vrste elektroda za različite svrhe.** Za proizvodnju karbida zadovoljavaju »amorfne elektrode« sa malim zahtevom u pogledu čistoće.

**Tablica 5. Anode za dobivanje aluminijuma**

| Presek mm² | Visina mm |
|---|---|
| 280×280 | 450 |
| 292×292 | 450 |
| 250×320 | 450 |
| 300×300 | 450 |
| 280×350 | 450 |
| 280×400 | 400 |
| 350×350 | 450 |
| 400×400 | 450 |

**Tablica 6. Tolerancije za poprečni presek**

| Prečnik ili duž. strane mm | Tolerancija mm |
|---|---|
| > 101 | ±2 |
| 101—200 | ±3 |
| 201—350 | ± |
| 351—500 | ± |
| > 500 | ±1% |

Elektrode za dobivanje čelika imaju veći stepen čistoće; podesne su za srazmerno visoka opterećenja i ne naginju ka ugljenisanju istopljenje mase: upotrebljavaju se za topljenje čelika, ferolegura, silicijum karbida, cementa i legura lakih metala. — Okrugle elektrode.

Za dobivanje čistog korunda i za elektrolizu istopljenih masa upotrebljavaju se četvorougle, najčešće kvadratne »grafitne elektrode« tj. pretežno elektrografitne ugljene elektrode.

Za dobivanje aluminijuma upotrebljavaju se ugljene anode poznate kao »anode« sa naročitim mehaničkim i električnim svojstvima, i povećanim stepenom čistoće. Karakteristike i poređenje najvažnijih svojstava elektroda date su u tabl. 7 i 8.

**Tablica 7. Svojstva različitih vrsta elektroda**

| Svojstva | Amorfne elektrode | Grafitirane elektrode | Anode za dobivanje aluminijuma |
|---|---|---|---|
| **Fizička i tehnička svojstva** | | | |
| Spec. težina [g/cm³] | 1,85—2,05 | 2,22 | 2,05 |
| Zapreminska težina . . [g/cm³] | 1,50—1,60 | 1,55—1,60 | 1,50—1,58 |
| Koefic. linearnog izduženja . . . . | $4{,}3 \cdot 10^{-6}$ — $5{,}5 \cdot 10^{-6}$ (20° do 1000°) | $8 \cdot 10^{-6}$ (0° do 100°) | $4{,}3 \cdot 10^{-6}$ — $5{,}5 \cdot 10^{-6}$ (20° do 1000°) |
| Specifična toplota . [cal/°g] | ≈0,2 (na 100°) | 0,17—0,4[4]) | ≈0,2 (na 100°) |
| Jačina pri pritisku [kg/cm²] | 300—500 [1]) | 200—300 | 200—300 |
| Jačina pri savijanju [kg/cm²] | 30—100 [1]) | 100—150 | — |
| Jačina pri zatezanju [kg/cm²] | 12— 30 [1]) | 70—120 | — |
| **Električna svojstva** | | | |
| Specifični otpor [Ω mm²/m] | 40—65 [1]) | 6—12 | 55—65 |
| Srednji linearni koeficijent linearnog širenja između 20 i 1600° C . . . . | od —0,00020 do —0,00028 | 20—500° negat. 500—1800° poz.[2]) | — |
| Dozvoljena gustina struje . . [A/cm²] | 5—7 | 15—20 | 1 |

**Tablica 7. Svojstva različitih vrsta elektroda** (nastavak)

| Svojstva | Amorfne elektrode | Grafitirane elektrode | Anode za dobivanje aluminijuma |
|---|---|---|---|
| | Hemiska svojstva | | |
| Količina sadržanog fosfora . . . [%] | ≈ 0,02 | — | — |
| Količina sadržanog sumpora (ukupan) . . . . [%] | ≈ 1,2 | < 0,05 | < 1 |
| Količina sadržanog pepela . . . [%] | 3, —6 | < 1 | < 1 |

Sastav pepela. Kod veštački dobivenih grafitnih elektroda: 50% $SiO_2$, 15% SiC, 25% $Fe_2O_3$. 15% CaO, $Al_2O_3$ i MgO. Kod anoda za dobivanje aluminijuma: 35—40% $SiO_2$, 1—3% S, 30—40% $Fe_2O_3$, $Al_2O_3$, CaO i MgO.

[1]) Vidi tabl. 8. — [2]) Specifični otpor ima na okr. 500° minimalnu vrednost, na okr. 1200° jednak je otporu u hladnom stanju, na 1800° on je ≈ 10% veći nego u hladnom stanju.. — [3]) Najvećim delom sagorljiv i isparljiv. — [4]) 0,17 na 0° do 100° C, 0,2 (200—300° C), 0,3 (700—800° C), 0,4 (1400—1500° C).

Za elektrolizu rastvora, naročito hloridnih, upotrebljavaju se elektrode od veštačkog grafita (elektro-grafita) u obliku ploča ili okruglih štapova, sa naročito malim sadržajem pepela (< 1%: SiC, FeO, Ca, $Al_2O_3$). Zapreminska težina kreće se od 1,55 do 1,60 a u specijalnom kvalitetu do 1,70 kg/dm³.

Zaštita od korozije. Grafitne elektrode su otporne prema dejstvu hlora, ali nisu otporne prema kiseoniku koji se razvija na anodi. Radi toga se pore ovih elektroda napadaju parafinom, lanenim uljem katranom kamenog uglja ili veštačkim smolama.

**Tablica 8. Svojstva ugljenih elektroda različitih preseka**

| | Presek u cm² | | |
|---|---|---|---|
| | < 1600 | 1600—4000 | 4000—8000 |
| Jačina pri pritisku . [kg/cm²] | 300—500 | 300—450 | 300—400 |
| Jačina pri savijanju . [kg/cm²] | 60—100 | 50—80 | 30—60 |
| Jačina pri zatezanju [kg/cm²] | 15—20 | 15—25 | 12—20 |
| Specifični otpor . [Ωmm²/m] | 40—45 | 45—60 | 55—65 |
| Dozvoljena gustina struje . . [A/cm²] | 7[1]) | 7 | 7 |

[1]) Kod otočnih elektroda do 150 cm² poprečnog preseka, izrađenih od najbolje sirovine, dozvoljeno opterećenje je 20 A/cm².

Kvalitetno ocenjivanje elektroda. Pored hemiskog sastava važni su još moć opterećenja strujom, jačina i otpor. Ova dva poslednja svojstva zavise od poprečnog preseka elektrode (tabl. 8).

**2. Ugljene elektrode za lučne lampe** (ugljeni štapići). Izrađuju se od čađi, otpadaka uglja za lučne lampe, petrolnog koksa, retornog uglja, ljuspastog grafita i katrana.

Dobivaju se presovanjem homogenog uglja u obliku šipke, kao ugalj za fitilje u obliku cevi sa debelim zidovima u koju se specijalnim postupkom ubrizgava gusta masa fitilja. Čisti ugalj ne sadrži, za razliku od efektnog uglja, u ugljenoj masi svetlosne dodatke.

**Izbor ugljenih štapića za lučno osvetljenje s obzirom na primenu.** **Ugljeni štapići za lučno osvetljenje ulica.** »Efekt-lampe za dugo gorenje«,

kod kojih par ugljenova, ukupne dužine 500 mm, gori 100 do 120 časova. Dia-carbon-lučne lampe, naročite konstrukcije, kod kojih ugalj gori skoro bez prisustva vazduha. Za belu ili žutu svetlost primenjuju se homogene elektrode; dodaci svetlosnih materija raspodeljeni su u celoj masi.

**Ugljeni štapići za osvetljenje u reprodukcionoj tehnici** (foto-ugalj). Primenjuje se efektni ugalj sa fitiljem, koji sadrži kao dodatak svetlosne materije. Dobivena svetlost je vrlo aktivna, tj. sa pretežno ljubičastim i dugotalasnim ultraljubičastim zracima (v. II knj. odeljak: Svetlost. Lampe. Osvetljenje).

Za zatvorene paus-lampe za jednosmislenu struju upotrebljava se čisti homogeni ugalj; za naizmeničnu struju upotrebljava se čisti ugalj sa fitiljem, kao i ugalj za visoki napon. Ovaj poslednji gori u zaštićenoj gasnoj sredini pri naponu od okr. 150 V.

**Ugalj za kinoprojektore.** Za jednosmislenu struju: čisti ugalj sa fitiljem na pozitivnom polu, isto ili čisti homogeni ugalj na negativnom polu. Za naizmeničnu struju efekt-ugalj sa dodatkom metalnih soli u fitilju, kao svetlosnih materija, prema potrebi kombinovan sa čistim ugljem.

Radi povećanja provodljivosti na mestu uklještenja stavi se na kraju bakreni omotač, rede metalna žica. Za snimanja u ateljeu upotrebljavaju se lampe sa bakarisanim efekt-ugljenom sa fitiljem. Oni daju plavičasto-belu ili žutu svetlost.

**Visoko-kvalitetni ugalj (HI-ugalj).** Efekt-ugalj za reflektore, kinoaparate i za snimanja u boji. Sa naponom struje ide se obično do 0,3 A/mm², međutim, kod visokointenzitetnih lampi on se povećava na 0,7 do 1,3 A/mm². Usled Beck-ova efekta svetlosna se gustina u krateru efekt-ugljena penje na okr. 100 000 HK/cm² (Stilb.)

**Ugalj za medicinske aparate.** Dodatkom metala (Fe, Ni, Mg, W, Ti, Th, Cu, Al, Zn) ili njihovih soli u masu fitilja, potpomaže se zračenje svetlosti određene talasne dužine.

**3. Ugljene elektrode za električno lučno zavarivanje.** Primenjuje se za postupak po Benardos-u (luk između uglja i radnog predmeta). Vidi II knj., odeljak: Mašine alatke.

Primenjuje se: 1. amorfni homogeni ugalj, izraden prvenstveno od retortnog grafita, prečnika 5 do 30 mm; 2. grafitni ugalj za zavarivanje, prečnika 5 do 25 mm; 3. elektrografitne elektrode.

Za stabilizovanje mesta sagorevanja upotrebljavaju se jake elektrode 1. vrste i elektrode sa dobrom provodljivošću (2. i 3.), često sa fitiljem. Električna provodljivost ovih elektroda odnosi se kao 1 : 3 : 5, a cene koštanja kao 1 : 2 : 4.

**4. Ugljene dirke.**[1]) **Zahtevana svojstva.** Ugljene i grafitne dirke služe za odvođenje struje sa prstenova i komutatora obrtnih električnih mašina. One su napregnute mehanički i električno. Merodavni uticaji za besprekoran rad veoma su nepregledni. U naročitim slučajevima treba podesne dirke izabrati ogledom.

Sa mehaničke tačke gledišta se traži dovoljna jačina, naročeto za mašine koje su izložene potresima i udarima. Dirke ne smeju da sadrže materije koje nagrizaju kolektor. Obrazovanje politure potpomaže se dodacima (masti, impregniranje).

S obzirom na električno opterećenje postavljaju se za specijalne svrhe između ostalog sledeći zahtevi: za mašine sa visokim preopterećenjem sa udarom, (mašine za regulisanje, motori za pokretanje valjaka), za transformatore sa jednom kotvom i za motore naizmenične struje potrebna je dobra komutativna moć, tj. savladivanje visokog napona lamela bez stvaranja varnica, naročito njegovih vrhova pri kraju

[1]) Heinrich: Das Bürstenproblem im Elektromaschinenbau, München u. Berlin 1930, Oldenbourg.

perioda struje. Osim toga dirke treba da budu opteretljive s obzirom na struju, jer ova, pri udaru, može da dostigne vrednosti koje su približno tri puta veće od vrednosti datih u tablici 9.

**Tablica 9. Ugljene dirke. Orijentacioni podaci**

| Materijal | Tvrdoća ° Shore | Specif. otpor Ω mm²/m | Prelazni napon [1] V | Dozvolj. periferska brzina m/s | Trajno opterećenje A/cm² |
|---|---|---|---|---|---|
| Tvrdi ugalj . . . . | 50—70 | 30—75 | 1,5—2,5 | 20 | 6—7 |
| Grafit . . . . . | 15—30 | 15—30 | 1,5—3,0 | 70 | 8 [2] |
| Elektro-grafit . . . | 20—60 | 15—45 | 2,0—3,2 | 50 | 10 [2] |
| Metalni grafit za prstenove . . . . | 10—20 | 0,1—2,0 | 0,3—1,2 | 40 | 15—12 |

[1] Za pozitivne i negativne dirke pri 10 A/cm² i 200 g/cm² pritiska.
[2] Na čeličnim prstenovima samo 4 do 6 A/cm².

U podužnom pravcu uglja poželjno je da električni otpor bude što manji. U poprečnom pravcu daje se često namerno veći otpor da bi kratkospojna struja dobila što veći otpor između dve susedne lamele.

**Vrste dirki** (tabl. 9):

**Dirke od tvrdog uglja**, od retortnog uglja, petrol-koksa, katranskog koksa, čađi i vezivnog materijala. Primena: stabilni motori, tramvajski motori, motori za rudničke železnice, mali motori.

**Grafitne dirke**, uglavnom iz čistog prirodnog grafita. Primena: srednje i velike mašine za jednosmislenu struju, transformatori sa jednom kotvom i kaskadni transformatori; i za odvođenje struje sa kolektora.

**Elektro-grafitne dirke**, od istih sirovina kao i dirke od tvrdog ugljena, ali elektrografitirane. Primena: železnički motori, visoko opterećene mašine za jednosmislenu struju.

**Metalnografitne dirke**, od grafita i metalnog praha kao sirovine, prema potrebi dodaje se i vezivno sredstvo. Time se u odnosu na ranije spomenute dirke povećava provoljivost struje a spec. težina povećava se od 1,4 do 1,7 kg/dm³ na 2,5 do 5,5 kg/dm³. Primena: odvođenje struje sa prstenova (kolektora), naročito od bakra i bronze, a isto tako i za komutatorske dirke za mašine sa niskim i srednjim naponom.

Sve vrste uglja upotrebljavaju se kao kontaktni prekidači za valjkaste prekidače, osigurače itd. Specijalni proizvod je srebrni grafit za relee sa naročito učestalim radom.

**Klizni kontaktni ugljeni.** Upotrebljavaju se za odvođenje struje na električnim vozilima i pokretnim dizalicama. Za savijene klizne kontaktne ugljene (u obliku uzengije) upotrebljava se ugalj velike tvrdoće (oko 80° Schore-a).

**5. Ugalj za mikrofone. Ugljene membrane.** Usled male specifične težine i zbog dobrih elastičnih svojstava ugalj je podesan materijal za membrane koje primaju zvučne titraje. Ugalj za membrane se izrađuje iz koksa u prahu, čađi i katrana. Presuje se u debljini od 0,4 do 0,7 mm.

**Ugljeni griz.** Ugalj obezbeđuje, kao kontaktni materijal, ravnomernost prelaznih otpora. Produkti sagorevanja, pri pojavi kratkotrajnih varnica pri uključivanju, su gasoviti i usled toga se ne mogu pojaviti ispržena mesta, koja bi promenila prelazne otpore.

**6. Ugljeni proizvodi za delove mašina. Vrsta opterećenja.** Primenjuju se za mašinske delove koji su izloženi habanju usled trenja pri klizanju a istovremeno treba i da zaptivaju. Ugalj sam po sebi vrši podmazivanje i posle kratkog vremena su dodirne površine (kako ugljena tako i dela po kojem on klizi) jako uglačane.

Ugalj je vanredno otporan prema koroziji, čak i prema jakim hemikalijama. Grafit treba upotrebljavati tamo gde se radi o smanjenju trenja pri klizanju i potpunom zaptivanju.

**Primena:** Zaptivački prstenovi kod parnih turbina sa najvećim pritiscima umesto labirint-zaptivača. Zaptivački prstenovi za pumpe za crpljenje gasova, pare i tečnosti, naročito kod povećane opasnosti od korozije. Zaptivačke trake za zasun na gasometrima. Klipovi za prigušivanje za brze vage sa vazdušnim prigušivanjem. Ležišta u obliku kalote za merače tečnosti. Kapilarna ležišta za ležišne kutije bez žljeba za podmazivanje izrađuju se od vrlo poroznog grafita sa primesama metala; za pogon potrebno mazivno ulje drže pore usled kapilarnih pojava. Prstenovi za spojnice na vozilima za rasterećivanje pri uključivanju.

**7. Ugljeni otpornici. Ugljeni otpornici za grejače.** Izrađuju se u obliku cevi ili štapića za temperature do okr. 3000°C.

**Otpornici za postupno regulisanje.** U ugljenom pritisnom regulatoru spojeni su ugljeni listići debljine 0,3 do 1,0 mm, ili, za jače struje, tanki ugljeni prstenovi ≈ 1 mm debljine u otporni stub 100 do 300 mm dužine. Pritiskivanjem listića jednoga stuba smanjuje se prelazni otpor (potrebno skraćenje iznosi svega nekoliko milimetara).

**Primer:** Stub prečnika 11 mm za 0,5 A za regulisanje otpora između 500 i 40 Ω; stub prstenastog prečnika 17/65 mm za 15 A za regulisanje otpora između 6 i 0,5 Ω. U jednom stubu se poništavaju 15 do 150 W, što zavisi od veličine i oblika površine za odvođenje toplote. Dozvoljeno kratkotrajno opterećenje može biti pet puta veće.

Ugljeni zavojni otpornici su zavojnice sve većeg hoda, dobivene prerezivanjem ugljenih cevi. Regulisanje se vrši aksijalnim pritiskom, tako da obim zavojnice, koja odgovara jednom hodu, elastično pritiskuje drugi itd., čime se postupno smanjuje otpor cele zavojnice. Upotrebljava se za merne struje velikih jačina.

**8. Veliki ugljeni. Ugljeni kamen. Uobličeni ugalj.** Prave se od tvrdog koksa i katrana sabijanjem u kalupima ili presovanjem u šipke. Posle žarenja se dodirne površine glačaju. Količina pepela iznosi do 9%, zapreminska težina 1,35 do 1,40 kg/dm³. Jačina pri pritisku 400 do 600 kg/cm².

Primenjuju se za podove i obloge peći za proizvodnju karbida i redukcione peći za proizvodnju ferosilicijuma, feromangana; kao materijal za izradu opeke za podove, obloge pećice i levka visokih peći. Primena je ograničena na redukujuću atmosferu. Voditi računa o rastvorljivosti u izvesnim metalnim kupatilima. Usled postojanosti prema neoksidirajućim kiselinama, postoji mogućnost primene za izradu posuda i aparata u hemijskoj industriji. Dobro su postojani na temperaturi i dobro provode toplotu.

Primenjuju se, na pr., za oblaganje kazana za kuvanje celuloze[1]); materijal za Rasching-prstenove. Propustljivost ugljena prema tečnostima i gasovima ne zavisi od poroznosti nego od širine i dubine pora. Promenom ovh veličina može se dobiti ugalj za filtrove za tečnosti i gasove i ugalj prilagođen za odgovarajuću svrhu.

**9. Grafitni lonci**[2]) za dobivanje čelika u loncima i topljenje metala. Izrađuju se od grafita, gline, šamota, koksa, drvnog uglja, drvnog brašna i otpadaka žarenih grafitnih lonaca. Kalupe se u presama za lonce, zatim se suše prvo u komorama zagrejanim parom, a zatim u komorama zagrejanim toplim vazduhom.

---

[1]) Hoffmann: Chem. Fabrik 9 (1936) str. 96.
[2]) Detaljnije podatke vidi Eisenhütte, 4 izd. 1930, str. 539.

# B. Silicijum karbid

**1. Svojstva.** Si C, silicijum karbid, karborundum (trgovinski naziv), kristalizuje bezbojne i prozračne romboedrične kristale. Dobiva se iz kvarcnog peska i koksa; usled nepoželjnih primesa koje potiču iz grafita i silicijuma tehnički je proizvod različite boje: crne (američki proizvod), zelene (nemački i švedski) ili plave. Druge nepoželjne primese su: oksid gvožđa, aluminijum oksid i zemnoalkalni metali.

Silicijum karbid dobro provodi toplotu[1]):

| Temperatura °: | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 |
|---|---|---|---|---|---|
| kcal/mh ° | 15,8 | 13,7 | 11,9 | 10,4 | 9,4. |

Na 2200° se raspada na ugljenik i silicijum. Postojan je prema kiselinama a relativno potojan do na najviše temperature prema vazdušnom kiseoniku. Ipak polako sagoreva u praskavom gasu sa velikim viškom kiseonika. Osetljiv je prema istopljenim alkalijama i prema njihovim karbonatima. Tvrdoće je između 9 i 10 po Mohs-ovoj skali; spec. težina iznosi 3,2 kg/dm³.

**Trgovinske marke:** karborundum, karbo-diamantin, karborit, karbosilit, kristalon, karbora, karbolon, sika.

**2. Primena.** Upotrebljava se kao materijal za brušenje (glačanja) str. 1235.

**Jaki otpornici.** Zaštićeni trgovinski nazivi: acelit i silit I. Takozvani maseni otpornici se sastoje od silicijum karbida i keramičkih dodataka,, kalupljeni i žareni u obliku punih štapova, cevi i prstenova. Krajevi štapova i cevi kao i same površine prstenova su metalizirani. Specifični otpor zavisi od izbora silicijum karbida i keramičke mase i kreće se od 7000 do 700 000 000 mm²/m. Otpor opada sa porastom napona. Zavisnost otpora od napona veoma je različita za razne vrste masa. Pri povećanju temperature otpor opada. Najveća dozvoljena temperatura je 300° C.

Za primenu je merodavna, osim zavisnosti otpora od napona, neinduktivnost i mala zapremina. Upotrebljavaju se kao pred-otpornici, kao otpornici za izravnavanje i prigušivanje kod ispravljača struje, kao potenciometri, kao otpornici za premošćavanje kalemova visoke induktivnosti (zaštita rele-kalemova), kao otpornici za pražnjenje kapacitativnih naboja, kao odvodnici u zaštitnim uređajima od prenapona (zaštitnici od groma).

**Grejači.** V. IV knj. i Stoffhütte 2 izd. str. 894. Zaštićeni trgovinski nazivi: globar, kvarcilit, silit II, silundum. Oblici: štapovi za manje, a cevi za veće prečnike. Grejači za temperature preko 700° imaju radi dovođenje struje zadebljane krajeve ili vodom hlađene priključnike. Uobičajene dimenzije: Prečnik od 4 do 50 mm, grejna dužina od 60 do 1500 mm.

Grejne cevi od silicijum karbida za peći sa cevima su spiralno izbrazdane. Dimenzije, na pr., unutarnji prečnik od 15 do 50 mm, grejna dužina od 100 do 500 mm.

Upotrebljavaju se u vidu štapova za opremu peći, naročito za temperature od 1000 do 1400° C. Specifičan otpor na temperaturi usijanja iznosi oko 1000 $\Omega$ mm²/m, na temperaturi prostora on je dva puta veći.

Posle duže upotrebe otpor biva veći, usled starenja.

**Vatrostalni materijal** (v. str. 1096) u obliku opeka, ploča, mufova i drugih šupljih proizvoda. Najbolje vrste se izrađuju od najčistijeg silicijumkarbida sa što manje vezivnih sredstava (refraks-kamen).

Vrsta A sadrži oko 100% Si C. Vrsta B sadrži nešto manje silicijum karbida — oko 92% Si C. Pomoću gline vezani silicijum-karbid-kamen (karbofraks-kamen) sadrži 86% Si C. Sem toga se za osobene potrebe, izrađuje, šamotni-kamen sa 40 do 70% Si C.

---

[1]) F. H. Norton prema Niederleutner-u, str. 262, [str. 1210, napomena [1])].

Jačina pri pritisku karborundnog kamena po Bodin-u[1]).

| | Temperatura | 20° | 800° | 1000° | 1300° | 1500° |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jačina pri pritisku | kg/cm² | 415 | 425 | 585 | 150 | 70. |

Silicijum-karbid-kamen raspada se već na temperaturi između 900 i 1100° usled hemiskih promena, otprilike posle polugodišnje upotrebe[2]).

Primena: za oblaganje jako napregnutih peći, za gasne kanale, kalupe za izlivanje aluminijuma, zaštitne cevi za pirometre.

Cement od karborunduma se primenjuje kao malter za vatrostalne zaštitne obloge.

## C. Čađ

**Plamena čađ** (u SAD lampblack), dobiva se sagorevanjem katrana kamenog uglja, katranskog uglja, sirovog naftalina, sirovog antracena, u zagrejanim posudama bez dovoljnog prisustva vazduha. Ona je zatvoreno mrkocrne do sivocrne boje, vrlo rastresita i pahuljasta. Težina u slobodno rasutom stanju iznosi 70 do 200 gr/dm³, spec. težina se kreće od 1,70 do 1,76 kg/dm³. Pepela sadrži retko kad više od 0,1%. Zgušnjavanje se vrši u kolomlinu (Kollergang) ili kalanderu. Prinos je manji od 50% od sadržanog ugljenika.

**Uljana čađ**, dobiva se sagorevanjem parafinskog ulja u lampama sa fitiljom pri tačno utvrđenom nedovoljnom prisustvu vazduha. Izgleda je jako crnog i samotnog. Sagorevanjem kamforovog ulja dobiva se naročito fina čađ, koja se upotrebljava za izradu kineskog tuša. Od slabije vrste čađi izrađuju se štamparske boje.

**Gasna čađ** (u SAD carbon black), dobiva se sagorevanjem prirodnog gasa a ređe gazificiranjem teških mineralnih ulja i ostataka petroleuma. Prinos iznosi svega 5% od sadržanog ugljenika. Čađ se skuplja na hlađenim gvozdenim pločama. Primenjuje se u industriji kaučuka.

---

# XVIII. Eksplozivi[3])

Obradio prof. O. Pappenberg, Berlin

## A. Opšti pojmovi

Eksplozivima se nazivaju smese ili hemiska jedinjenja koja prilikom hemiske reakcije mogu vršiti rad.

Izvršeni rad je uslovljen velikom toplotom i pritiskom gasova nastalih kratkotrajnom hemiskom reakcijom. Radni učin zavisi od hemisko-fizičkih konstanti:

1. **Brzina sagorevanja** ili **brzina eksplozije** $v$ kod baruta i brizantnih eksploziva; meri se u m/s;

2. Oslobođena **količina toplote** $Q$ (toplota sagorevanja) [kcal/kg];

3. **Količina gasova** $V_0$ (dm³/kg) i njihov sastav. Pomoću nje se može izračunati pritisak koji se razvija prilikom pretvaranja baruta u oružju kao i temperatura sagorevanja.

Oslobađanje količine rada se izaziva običnim palenjem (plamenom), zagrevanjem (fitiljem ili fikcionim upaljačem) ili primarnom detonacijom, kapislom sa inicijalnom materijom za paljenje (udarom ili pritiskom).

4. **Osetljivost.** Prema temperaturi i udaru eksplozivi mora da imaju izvesnu osetljivost, koja je određena mešavinom ili građom molekula i naročito je velika kod inicijalnih eksploziva. Uopšte uzev, barutni i

---

[1]) Trans. Ceram. Soc. Engl. 21 (1921/22), str. 44.
[2]) H. Hofmann: Diss. TH Braunschveig 1934.
[3]) **Literatura.** — Stoffhütte, 2 izd., str. 874.

## Tablica 1. Sadržana energija, radni učin i razorno dejstvo eksploziva

| Eksploziv | Najveća primenljiva gustina $\Delta$[1]) kg/dm³ | Toplota eksplozije[2]) kcal/kg | Za 1 kg eksploz. izračunata količina gasa l | Temperatura eksplozije[3]) step. (°) | Brzina detonacije $v$ m/s | Spec. pritisak $f$[4]) kg/cm² | Eksplozivno dejstvo u normaln. olovnom valjku[5]) cm³ | Mera za brizantnost $f\gamma v \cdot 10^{-3}$ | Dejstvo sabijanja na bakarnom valjku[6]) mm | Osetljivost, visina pada tega 2 kg težine cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Crni barut | 1,2 | 665 | 280 | 2380 | 200 | 2 810 | ne može se izmeriti | 1 350 | 0,0 | iznad 60 |
| Nitroglicerin | 1,60 | 1455 | 715 | 4250 | 7450 | 12 240 | 515 | 145 900 | oko 4,6 | 4—5 |
| Gurdinamit | 1,50 | 1030 | 545 | 3420 | 6650 | 7 600 | 315 | 75 800 | 1,1 | 30 |
| Praskavi želatin | 1,63 | 1540 | 710 | 4300 | 7800 | 12 285 | 520 | 156 300 | 4,8 | 12 |
| Želatindinamit | 1,66 | 1293 | 630 | 3700 | 6100 | 9 475 | 415 | 95 950 | 3,9 | 17 |
| Tetranitropentaeritrit | 1,67 | 1526 | 780 | 4240 | 8200 | 12 000 | 470—500 | 193 006 | 4,8 | 28 |
| Heksogen | 1,7 | 1500 | 903 | 3800 | 8200 | 12 000 | 480 | 188 000 | 4,8 | 30 |
| Praskavi pamuk, suv (13% N) | 1,30 | 1025 | 765 | 3100 | 6300 | 9 765 | 375 | 79 800 | 3,0 | 10 |
| Isto, sa 16% vode | 1,30 | 875 | 720 | 2260 | 6800 | 6 900 | 280 | 59 900 | 2,7 | 150 |
| Trinitrobenzol | 1,63 | 1035 | 670 | 3540 | 7000 | 9 665 | 300 | 100 300 | 4,1 | 60 |
| Dinitrobenzol | 1,50 | 870 | 670 | 2500 | 6100 | 7 035 | 250 | 64 400 | 2,9 | 180 |
| Trinitrotoluol | 1,59 | 950 | 690 | 2820 | 6700 | 8 030 | 285 | 86 100 | 3,6 | 65 |
| Trinitroanisol | 1,59 | 1010 | 675 | 2950 | 6660 | 8 235 | 290 | 87 050 | 3,6 | 50 |
| Pikrinska kiselina | 1,69 | 1000 | 675 | 3220 | 7100 | 8 950 | 305 | 107 400 | 4,1 | 35—40 |
| Trinitrokreozol | 1,62 | 925 | 675 | 2700 | 6850 | 7 595 | 275 | 84 300 | 3,5 | 45 |
| Heksanitrodifenilamin | 1,64 | 1035 | 675 | 3450 | 7100 | 9 545 | 320 | 111 150 | 4,1 | 28—30 |
| Tetranitrometilanilin | 1,63 | 1090 | 710 | 3370 | 7200 | 9 790 | 340 | 114 900 | 4,2 | 35 |
| Amonijumnitrat | 1,3 | 347 | 980 | 1500 | 5000 | 6 570 | 165 | 42 700 | — | — |
| Donarit | 1,3 | 930 | 905 | 2650 | 4000 | 9 855 | 400 | 51 250 | 2,0 | 35—40 |
| Omonal (T-amonal) | 1,6 | 1465 | 605 | 4050 (?) | 5400 | 9 900 | 470 | 85 550 | 2,8 | 40—50 |
| Sedit, tip 60 | 1,3 | 1185 | 337 | 4500 (?) | 2000 | 6 090 | 255 | 23 750 | 1,4 | — |
| Fulminat žive | 3,5 | 357 | 316 | 4350 (?) | 5500 | 5 530 | 110 | 125 800 | — | 3—4 |
| Olovni azid | 4,79 | 260 | 310 | 3450 | 5500 | — | 110 | 107 000 | — | 10 |
| Olov. trinitrorezorcinat | 3,0 | 368 | 340 | 2750 | 5200 | — | — | 75 000 | — | 35 |

[1]) $\Delta = V_E$; $L$ = punjenje u prostoru gde se vrši eksplozija [kg]; $V_E$ = prostor u kome se vrši eksplozija [dm³]; $\gamma$ = spec. težina [kg/dm³].

[2]) Količina toplote koju daje 1 kg eksploziva pri potpunom sagorevanju; voda koja pri tome nastaje prevedena je na tečno stanje.

[3]) Temperatura gasova u trenutku eksplozije.

[4]) $f$ je izračunati pritisak pri prelazu (pretvaranju) 1 kg u 1 dm³.

[5]) Povećanje zapremine (deformacija olovnog bloka) u cm³ (5. međunarodni kongres za primenjenu hemiju 1904) v. str. 989.

[6]) Upotrebljavaju se bakarni valjci 10 mm prečnika i 15 mm visine.

Nastavak teksta sa str. 1218

brizantni eksplozivi su stabilna jedinjenja, svojstvo koje je potrebno za rukovanje sa berutima i brizantnim eksplozivima.

Osetljivost nekog eksploziva prema povećanju temperature određuje se »temperaturom eksplozije« zagrevajući odnosnu materiju svake minute za 20° C više. Osetljivost prema udaru određuje se visinom pada tega na podlogu od eksploziva. Osetljivost prema trenju određuje se uporednim ogledima.

Brzina sagorevanja je merodavna za razlikovanje »deflagrantnih eksploziva« (baruta) od »brizantnih«. Barut zapaljen plamenom sagoreva i eksplodira pri povećanju sagorevanja, međutim, brizantne materije — ako se isključi crni barut, koji zapaljen razvija mnogo gasova — detoniraju usled udarnog dejstva kapisle. Sagorevanje baruta se pokorava zakonima fizičke hemije i može se regulisati — oblikom baruta, pritiskom pri sagorevanju (gustina palenja) i sadržajem toplote baruta; njihova brzina sagorevanja iznosi nekoliko metara u sekundi do najviše 150 m/s. Brzina detonacije zavisi od sastava brizantne materije i konstantna je pri datoj gustini i podesnom palenju pomoću kapisle. Ona iznosi 4000 do 8000 m/s.

Brzina sagorevanja baruta se meri dužinom trajanja pritiska u bombi za određivanje pritiska, a u oružju — trzajem ili piezo-električki. Brzina detonacije brizantnih eksploziva meri se pomoću hronografa sa varnicom ili pomoću Braun-ove cevi; korisno se može primeniti i Dautriche-ova metoda. Ona se sastoji u tome da se meri uticaj eksploziva (koji je uključen u jedan krak fitilja) na mestu gde će se sastati dva detonatorska talasa koji se sa krajeva fitilja, kreću jedan prema drugom poznatom brzinom.

5. **Brizantnost** služi često za karakterisanje baruta ili brizantnog eksploziva. Kod baruta se može govoriti o brizantnosti samo u odnosu na dato oružje, barut je za dato oružje suviše »trom« ili suviše »oštar« = suviše brizantan. Za brizantne eksplozive je brizantnost merilo njihovog razornog dejstva.

Podaci za upoređivanje brizantnosti dobivaju se ogledom — sabijanjem bakarnog valjka, na koji se, preko čeličnog cilindra, prenosi pritisak izazvan detonacijom slobodno ležećeg naboja brizantnog eksploziva.

Mnogo upotrebljavano praktično upoređenje količine proizvedenog rada sličnih brizantnih eksploziva je ispitivanje u olovnom bloku po Trauzi-u (eksplozija 10 g eksploziva u bloku, visine 20 cm, prečnika 20 cm; otvor: dubine 12,5 cm, prečnika 2,5 cm). Povećanje zapremine olovnog bloka usled deformacije pri eksploziji eksploziva daje podatke za upoređivanje. U tabl. 1 su date fizičke konstante baruta i brizantnih eksploziva.

## B. Puščani i brizantni eksplozivi

Eksplozivi su, sa malo izuzetaka, smese koje sadrže C jedinjenja bogata kiseonikom, ili pak hemiska jedinjenja koja prilikom pretvaranja stvaraju gasovita jedinjenja.

**1.** U crnom barutu i sličnim smesama kiseonik sadrže nosioci kiseonika (kalijum nitrat, natrijum nitrat, amonijum nitrat ili hlorati). U eksplozivima sa tečnim vazduhom, kao oksidaciono sredstvo ugljenika služi tečan kiseonik, u organskim eksplozivima kiseonik se nalazi u samom molekulu.

**2.** Organski eksplozivi, izuzev inicijalnih eksploziva fulminatne (praskave) kiseline (CNOH) ili azot-vodonične kiseline ($HN_3$), su derivati azotne kiseline.

Organski derivati azotne kiseline dele se na dve grupe:

a) Alifatična jedinjenja koja sadrže grupu OH sa azotnom kiselinom, estri azotne kiseline ili organski nitrati, glikolnitrat,

glikoldinitrat, trinitrat glicerina, nitrati viševalentnih alkohola, manita i pentaeritrita, šećera, skroba i celuloze;

b) Reakcioni proizvodi azotne kiseline na aromatična jedinjenja, benzol, toluol, ksilol, fenol, krezol, difenilamin i naftalin, koji se široko primenjuju za vojne svrhe.

c) Sem ovih eksploziva značajan je i heksogen, proizvod delovanja azotne kiseline na heksametilentetramin.

Za izazivanje detonacije služe inicijalne materije, praskava živa i olovni azid, koji kao endotermna jedinjenja čine posebnu grupu eksploziva.

**1. Crni barut i slični eksplozivi** (smesa C- i O-nosilaca).

**Crni barut**, najstarije puščano i eksplozivno sredstvo je homogena smesa uglja, šalitre i sumpora. Sastav je različit prema svrsi kojoj je namenjen; lovački barut, na pr., sadrži 78 tež. delova šalitre, 10 tež. delova sumpora i 12 tež. delova ugljena. Barut za eksplozije sadrži natrijev nitrat kao nosilac kiseonika. Mrki papir za metke. Pri sagorevanju crnog baruta dobiva se 56% ostataka (dima) i 44% gasova. Svojstva: mala eksplozivna brzina; dejstvuje sabijanjem i potiskivanjem; spec. težina 1,7 kg/cm³.

**Tečni vazduh.** Neke materije koje se mogu natapati, mlevena pluta, čađ (kupren-kondenzacioni proizvod benzola) poseduju veliku moć upijanja tečnog kiseonika. Patrone izrađene od ovih materija umočene u tečni kiseonik upijaju 5 do 6 puta veću zapreminu; zapaljeni fitiljem (delovanjem plamena) one dejstvuju slično barutu; detoniraju pomoću olovno-azidne kapisle proizvodeći neobično veliki rad. Natapaju se kiseonikom neposredno pred upotrebu. Pale se električnom strujom.

**Hloratni i perhloratni eksplozivi.** Sadrže kao nosače kiseonika, jevtini elektrolitički alkalni hlorat ili perhlorat, kao i amonijum perhlorat pored nosioca ugljena (ugljovodonici i nitrojedinjenja). Kako hlorati lakše oslobađaju kiseonik nego nitrati, njihova brzina razlaganja je veća. Palenje hloratnih eksploziva vrši se fitiljima ili kapislama. Svojstvo ovih eksploziva je mala sigurnost pri rukovanju i velika osetljivost prema udaru i trenju pri velikoj gustini. Po Heise-Herbst-u oni nisu podesni za primenu u rudnicima uglja sa rudničkim gasom i ugljenom prašinom.

**2a. Organski nitrati.**

**Nitroglicerin** je trinitrat glicerina, spec. tež. 1,6 kg/dm³, topi se u stabilan oblik na 13° C. u nestabilan na 2° C, ne upotrebljava se čist već u zajednici sa materijalom za apsorpciju — infuzoriska zemlja — kao dinamit ili, želatiniran sa kolodijum-pamukom, kao praskavi želatin; kao želatinirano ulje sa malo kolodijum-pamuka, dodaje se drugim eksplozivima kao sastavni deo: eksplozivi za stene i sigurnosni eksplozivi.

Slični nitroglicerinu su glikoldinitrat i glikol-trinitrat; čvrst estar je pentaeritrit-tetranitrat; zbog lake sinteze ima sve veću vojnu primenu.

**Nitroceluloza** je nitrirana celuloza (pamuk, linters, drvo, papirne materije). Jako nitrirana sa 13,4 N rastvorljiva je samo u acetonu i upotrebljava se kao barut za oružje (piroksilin), slabije nitrirana — kolodijum-pamuk je rastvorljiv u alkoholu i etru, kao i u nitroglicerinu i glikolestru; rastvori u alkoholu i etru primenjuju se za izradu filmova i lakova.

**Malodimni barut.** Kolodijum-pamuk sam ili sa barutom za oružje (piroksilinom) želatiniran rastvaranjem u alkoholu i etru ili acetonu, posle uobličavanja i udaljavanja rastvarača pretstavlja malodimni nitrocelulozni barut. Naročita nitroceluloza (N = 12,3) želatinirana sa glikoldinitratom, diglikoldinitratom ili nitroglicerinom sa dodacima centralita ili uretana kao i nitrojedinjenja i uobličena je barut bez rastvarača.

**2b. Nitrojedinjenja** su jako nitrirana aromatična jedinjenja.

**Pikrinska kiselina** je trinitrofenol, temper. zapaljivosti 121° C, jako je eksplozivna, kao materija za punjenje granata — presovana ili topljena (spec. tež. 1,64 kg/dm³) — upotrebljava se za vojne svrhe; vrlo osetljiva prema udaru, vezana s olovnim ili kalijumovim solima gradi pikrate osetljive prema udaru.

**Trinitrotoluol** (temper. zapalj. 81° C) nije kiselina i ne obrazuje soli, manje je osetljiv prema udaru nego pikrinska kiselina i pretstavlja najvažniji vojni eksploziv, spec. težina 1,62 kg/dm³.

**Trinitrometilnitroanilin, tetril,** upotrebljava se za izradu kapisli i punjenje tela za paljenje.

**Heksanitrodifenilamin,** njime se pune morske mine i torpeda.

**Heksogen,** odlikuje se pored potpune stabilnosti zadovoljavajućom neosetljivošću; detonatorska brzina 8200 m/s; spec. tež. 1,7 kg/dm³.

**3. Inicijalni eksplozivi.** Najvažniji su Hg $(CNO)_2$ praskava živa (živin fulminat), spec. tež. 4,43 kg/dm³ i olovni azid, spec. tež. 4,7 kg/dm³, lako detoniraju paljeni udarom, trenjem i varnicom. Sa dodacima — nosiocima kiseonika i antimon sulfidom — koji utiču na dužinu plamena, služe kao komponente sastavnih delova zapaljive mase u kapislama, kod kojih se plamen za palenje stvara udarom (udarne kapisle) ili trenjem. Primenjuju se za upaljače za puške i topove i upaljače u obliku zavrtnja.

Presovani u bakrene cevčice (detonatorske kapisle) detoniraju paljeni pomoću plamena i primarnom detonacijom izazivaju brizantnu eksploziju drugih manje osetljivih eksploziva.

**4. Rudarski eksplozivi.**

**Brizantni eksplozivi za stene,** smesa spomenutih eksploziva koji prema svom sastavu odgovaraju različitim zahtevima potrošača u pogledu brizantnosti i eksplozivnog dejstva.

**Amoniti,** eksplozivi koji pretežno sadrže amonijum nitrat. Odlikuju se naročitom sigurnošću pri rukovanju. Sa dodatkom aluminijuma označavaju se kao amonali.

**Eksplozivi za rudarska okna,** dolaze u trgovinu u patronama izrađenim od žućkastobele hartije. Prema njihovom sastavu i dodatnim solima i prema propisima za bezbednost u oknima, podesni su za primenu u onim rudarskim oknima, gde se u vazduhu nalazi upaljiva ugljena prašina i metan.

---

# XIX. Tehnički važne hemiske materije [1])

Obradio viši vladin savetnik Dr. phil. W. Tepohl, Berlin

## A. Kiseline

**1. Sumporna kiselina,** $H_2SO_4$ + voda (Acidum sulfuricum). Obična ili engleska sumporna kiselina ima spec. tež. 1,56 do 1,84 kg/dm³, Koncentrovana je teška i uljasta, spec. tež. iznosi 1,84 kg/dm³ na 15°C, očvrsne na 0° C, a topi se na + 10°C, ključa na 338°C. Pušljiva sumporna kiselina (Nordhäuser-ski vitriol ili oleum) je rastvor od 30 do 70% sumpor trioksida ($SO_3$) u koncentrovanoj sumpornoj kiselini i na normalnoj temperaturi je obično u kristalnom obliku.

---

[1]) **Literatura.** — Landolt-Börnstein: Phys. - Chem. Tabellen, 5 izd. Berlin 1923/1927, Springer. — Domke u. Reimerdes: Handbuch der Aräometrie. — Blüchers Auskunftsbuch f. d. chem. Industrie, Berlin u. Leipzig 1938, de Gruyter. — Ullmann: Enzyklopädie der techn. Chemie, Berlin-Wien, Urban & Schwarzenberg. — O. Jordan: Chemische Technologie der Lösungsmittel, Berlin 1932, Springer.

Ova kao i koncentrovana sumporna kiselina jako je higroskopna i zbog toga dejstvuje razarajući na organske materije (hartiju, tekstilno vlakno itd.) i ugljeniše ih. Pri mešanju sa vodom razvija sumporna kiselina (u još većoj meri oleum) mnogo toplote, zbog čega pri razblažavanju treba biti obazriv. Uvek treba sipati koncentrovanu sumpornu kiselinu u tankom mlazu u mnogo vode ili razblaženu kiselinu, nikad obratno, inače nastupa jako prskanje.

**Tablica 1. Relativna težina i sadržaj razblažene sumporne kiseline[1]) na 15°/4°[2])**

| Relat. težina na 15°/4° bez vazduha | Bé stepeni (racionat.) | Stepeni Twaddle | 100 tež. delova odgovaraju kod hem. čiste kiseline | | | Relat. težina na 15°/4° bez vazduha | Bé stepeni (Racionat.) | Stepeni Twaddle | 100 tež. delova odgovaraju kod hem. čiste kiseline | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $SO_3$ % | $H_2SO_4$ % | 60° Bé kiseline % | | | | $SO_3$ % | $H_2SO_4$ % | 60° Bé kiseline % |
| 1,000 | 0 | 0 | 0,07 | 0,09 | 0,12 | 1,475 | 46,4 | 95 | 46,83 | 57,37 | 73,51 |
| 1,025 | 3.4 | 5 | 3,07 | 3,76 | 4,82 | 1,500 | 48,1 | 100 | 48,73 | 59,70 | 76,50 |
| 1,050 | 6,7 | 10 | 6,02 | 7,37 | 9,44 | 1,525 | 49,7 | 105 | 50,66 | 62,06 | 79,52 |
| 1,075 | 10,0 | 15 | 8,90 | 10,90 | 13,96 | 1,550 | 51,2 | 110 | 52,46 | 64,26 | 82,34 |
| 1,100 | 13,0 | 20 | 11,71 | 14,35 | 18,39 | 1,575 | 52,7 | 115 | 54,32 | 66,53 | 85,21 |
| 1,125 | 16,0 | 25 | 14,42 | 17,66 | 22,63 | 1,600 | 54,1 | 120 | 56,09 | 68,70 | 88,00 |
| 1,150 | 18,8 | 30 | 17,07 | 20,91 | 26,79 | 1,625 | 55,5 | 125 | 57,84 | 70,85 | 90,74 |
| 1,175 | 21,4 | 35 | 19,69 | 24,12 | 30,90 | 1 650 | 56,9 | 130 | 59,45 | 72,82 | 93,29 |
| 1,200 | 24,0 | 40 | 22,30 | 27,32 | 35 01 | 1,675 | 58,2 | 135 | 61,29 | 75,08 | 96,16 |
| 1,225 | 26,4 | 45 | 24,88 | 30,48 | 39,05 | 1,700 | 59,5 | 140 | 63 00 | 77,17 | 98,89 |
| 1,250 | 28,8 | 50 | 27,29 | 33,43 | 42,84 | 1,725 | 60,6 | 145 | 64,78 | 79,36 | 101,69 |
| 1,275 | 31,1 | 55 | 29,62 | 36,29 | 46,50 | 1,750 | 61,8 | 150 | 66,58 | 81,56 | 104,52 |
| 1 300 | 33,3 | 60 | 31,99 | 39,19 | 50,21 | 1,775 | 63,0 | 155 | 68,60 | 84,02 | 107,62 |
| 1,325 | 35,4 | 65 | 34,35 | 42,08 | 53,92 | 1,800 | 64,2 | 160 | 70,96 | 86,92 | 111,62 |
| 1,350 | 37,4 | 70 | 36,58 | 44,82 | 57,43 | 1,825 | 65,25 | 165 | 74,29 | 91,00 | 116,61 |
| 1,375 | 39,4 | 75 | 38,75 | 47,47 | 60,83 | 1,8405 | 65,9 | 168 | 78,33 | 95,95 | 122,96 |
| 1,400 | 41,2 | 80 | 40,91 | 50,11 | 64,21 | 1,8410 | — | — | 78,69 | 96,98 | 123,45 |
| 1,425 | 43,1 | 85 | 42,96 | 52,63 | 67,44 | 1,8400 | — | — | 80,59 | 98,72 | 126,44 |
| 1,450 | 44,8 | 90 | 44,92 | 55,03 | 70,52 | 1,8335 | — | — | 81,03 | 99,31 | 127,35 |

[1]) Po Blücher-Lange-u, loc. cit. — [2]) Kiselina na 15° u odnosu na vodu, na 4°.

Radi prevođenja od 15°/4° na 200°/4° treba relativne težine deliti sa brojevima u donjoj tablici.

| Relativna težina | Treba deliti sa |
|---|---|
| 1,025 | 1,0014 |
| 1,075 | 1,0020 |
| 1,150 | 1,0027 |
| 1,225—1,840 | 1,0030 |

Koncentracija sumporne kiseline se izražava spec. težinom, procentualnom sadržinom $H_2SO_4$ ili $SO_3$ Baumé-ovim stepenima (Bé) ili (u Engleskoj) Twaddle-ovim stepenima (prevođenje v. Dodatak). Razblažena sumporna kiselina pri ključanju ispušta samo vodenu paru, povećavajući pri tome koncentraciju.

Sirova sumporna kiselina sadrži kao nečistoće najčešće arsena (do 0,1%), okside azota (azotne i azotaste kiseline) i u tragovima metale (olovo, gvožđe itd.). Sem toga mrko je obojena usled raspadnutih organskih materija (prašine).

**2. Sumporasta kiselina,** $SO_2$, anhidrid sumporaste kiseline, je gasovita, bezbojna; krit. temp. 155,4°, krit. pritisak 78,9 kg/cm². Oštra mirisa (zapaljenog sumpora). Temperatura ključanja — 10°C, temperatura očvršćavanja — 73°C, spec. težina (tečna) na 20°C iznosi 1,38 kg/dm³, relativna težina 2,264 (vazduh = 1). Voda rastvara na 0°C 80 zapreminskih delova $SO_2$, na 20°C 40 delova sa delimičnim stvaranjem $H_2SO_4$. Spec. težina razblaženog rastvora na 15°C i 5% = 1,025, sa 10% = 1,05 kg/dm³. Tablica za zasićene pare sumporaste kiseline, v. str. 666. Vidi i str. 618 i 628 i IV. knj. poglavlje »Hlađenje«.

**3. Sona kiselina,** HCl, hlorovodonična kiselina (Acidum muriaticum) je gasovita, bezbojna, oštra mirisa, na vlažnom vazduhu stvara maglu. Temperatura ključanja — 83°C, Temperatura očvršćavanja —111°C. Spec. tež. tečne (bez vode) iznosi 0,908 kg/dm³; relativna težina = 1,264 (vazduh = 1). Voda rastvara na 15°C oko 450 zapr. delova gasovite HCl. Stalnu temp. ključanja ima samo 20%-na kiselina (110°C); razblažene kiseline oslobađaju prvo vodu, a koncentrovane gasoviti HCl. Sirova (tehnička) kiselina je hloridom gvožđa obojena žuto, a sadrži sem toga najčešće arsena, sumpornu kiselinu, hlora, selena (crveni talog). Vidi i str. 618 i 628.

**Tablica 2. Relativna težina i sadržaj razblažene sone kiseline na 15° /4° [1])**

| Relativna težina 15° /4° [1]) | Stepen Bé | Grama HCl u 100 | | Relativna težina 15° /4° | Stepen Bé | Grama CHl u 100 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | g | cm³ | | | g | cm³ |
| 1,02 | 2,7 | 4,13 | 4,2 | 1,12 | 15,4 | 23,82 | 26,7 |
| 1,04 | 5,4 | 8,16 | 8,5 | 1,14 | 17,7 | 27,66 | 31,5 |
| 1,06 | 8,0 | 12,19 | 12,9 | 1,16 | 19,9 | 31,52 | 36,6 |
| 1,08 | 10,6 | 16,14 | 17,4 | 1,18 | 22,0 | 35,39 | 41,8 |
| 1,10 | 13,0 | 20,01 | 22,0 | 1,20 | 24,0 | 39,11 | 46,9 |

[1]) Kiselina na 15°, u odnosu na vodu na 4°.

**4. Azotna kiselina,** $HNO_3$ (Acidum nitricum), na tržištu poznata kao t. zv. »ćezap« (upotrebljava se kao sredstvo za odvajanje zlata i srebra). 68%-na kiselina ima konstantnu temperaturu ključanja na 121°C, jače koncentrovana kiselina, pri ključanju, razvija uglavnom, pare kiseline, slabije pak postaju jače. 100%-na kiselina ključa na 86°C, očvršćava na —41,3°C, spec. težina iznosi na 20°C, 1,52 kg/dm³. U trgovini je uobičajena kiselina od 65%, spec. tež. 1,4 kg/dm³. Azotna kiselina koja razvija crvenomrke pare sadrži rastvorene azotove okside, spec. tež. je 1,5 kg/dm³. Ova kao i obična azotna kiselina, dejstvuje jako razarajući na organske materije. Koncentrovana zapali drvo, slamu i ostale lako zapaljive materije; njene pare su otrovne. Sa 10% sumporne kiseline dolazi u trgovinu kao »kiselina za nitriranje« ili »mešana kiselina«.

**Tablica 3. Relativne težine i sadržaj razblažene azotne kiseline na 15° /4° [1])**

| Relativna težina 15° /4° [1]) (bez vazduha) | Stepeni Bé | 100 tež. delova sadrže | | Relativna težina 15° /4° (bez vazduha) | Stepeni Bé | 100 tež. delova sadrže | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $N_2O_5$ | $HNO_3$ | | | $N_2O_5$ | $HNO_3$ |
| 1,010 | 1.4 | 1,62 | 1,90 | 1,375 | 39,4 | 51,69 | 60,30 |
| 1,070 | 6,7 | 7,71 | 8,99 | 1,400 | 41,2 | 55,97 | 65,30 |
| 1,100 | 13,0 | 14,67 | 17,11 | 1,425 | 43,1 | 60,84 | 70,98 |
| 1,150 | 18,8 | 21,29 | 24,84 | 1,450 | 44,8 | 66,24 | 77,28 |
| 1,200 | 24,0 | 27,74 | 32,36 | 1,475 | 46,4 | 72,39 | 84,45 |
| 1,250 | 28,8 | 34,13 | 39,82 | 1,500 | 48,1 | 80,65 | 94,09 |
| 1,275 | 31,1 | 37,41 | 42,64 | 1,505 | 48,4 | 82,63 | 96,39 |
| 1,300 | 33,3 | 40,71 | 47,49 | 1,510 | 48,7 | 84,09 | 98,10 |
| 1,325 | 35,4 | 44,17 | 51,53 | 1,515 | 49,0 | 84,92 | 99,07 |
| 1,350 | 37,4 | 47,82 | 55,79 | 1,520 | 49,4 | 85,44 | 99,67 |

[1]) Kiselina na 15°, u odnosu na vodu na 4°.

Carska voda: smesa sone i azotne kiseline u odnosu 4 : 1; zato što sadrži slobodnog hlora rastvara zlato i platinu (ali ne i srebro). Prevođenje Twaddle-ovih stepena v. Dodatak.

**5. Fluor-vodonična kiselina,** $H_2F_2$, fluorvodonik, očvršćava na —92°C, ključa na +19,5°C; spec. težina na 130°C (tečna) = 0,99 kg/dm³. Bezvodna kiselina dimi se na vazduhu i jako je higroskopna. Pare kao i vodeni rastvori kiseline dejstvuju jako nagrizajući kožu i stvaraju bolne rane. Kao zaštita služe gumene rukavice. Trgovačka fluorvodonična kiselina sadrži najčešće 40% fluorvodonika i ima spec. tež. 1,130 kg/dm³; 30%-na kiselina ima spec. tež. 1,104 kg/dm³, 50%-na 1,157 kg/dm³ na 20°C.

Upotrebljava se uglavnom za nagrizanje stakla. Čista kiselina ravnomerno rastvara staklo i ostavlja u njemu svetla udublienja. Matiranje se vrši smesom od kalcijumfluorida i koncentrovane sumporne kiseline ili smesama alkalnih fluorida sa sonom kiselinom i barijumsulfatom (»mastilo« za nagrizanje stakla). Kiselina se čuva u bocama od parafina ili ebonita ili platine.

**6. Hromna kiselina,** $CrO_3$, hromni trioksid, anhidrid hromne kiseline. Male prizme karmesin crvene boje, topi se na 190°C, jače zagrevana ona se delimično raspada a delimično isparava. Kristali se na vlažnom vazduhu tope u žućkasto narandžastu jako kiselu tečnost. Hromni trioksid je vrlo jako oksidaciono sredstvo (ako se kane etar ili alkohol na anhidrit, zapali se).

Sama hromna kiselina nema skoro nikakve primene; dobiveni rastvor sa sumpornom kiselinom upotrebljava se za cink - ugalj - hromna kiselina - elemente. Hromna kiselina dejstvuje jako razarajući na kožu (mrko obojenje i smežuranje). Jako je otrovna. Hromna jedinjenja (na pr., udisana u obliku prašine) razaraju nosnu sluzokožu i nozdrvu, zato pri rukovanju sa tkivom luženim hromom itd. treba obezbediti dobro provetravanje prostorija.

**7. Ugljena kiselina,** $CO_2$, je indiferentan, nezapaljiv gas, bez boje i mirisa; kritična temperatura 32°C; kritičan pritisak 77 kg/cm², koeficijent širenja (tečne) 0,00382; ključa na — 29°C. Relativna težina na 20/4° (tečne) iznosi 0,766. 1 kg $CO_2$ (tečne) = 509 l gasa; 1 l $CO_2$ (tečne) = 462 l gasa. 1 l $CO_2$-gasa teži 1,927 g; relativna težina 1,53 (vazduh = 1). Voda rastvara na 0°C 1,71, na 10°C 1,19, na 20°C 0,88, na 50°C 0,49 zapremina $CO_2$. Zapremine na raznim temperaturama i pritiscima v. str. 668/669; spec. tež. v. str. 618, 628, 668/669 i 969. Toplota isparavanja v. str. 618, 665 i 668/669. Vidi i poglavlje »Hlađenje« IV knj.

**8. Mravlja kiselina,** H · COOH (Acidum formicicum) je lako isparljiva tečnost oštroga mirisa, koja ključa na 100,6°C, a očvrsne na + 8,4°C, bezvodna kiselina deluje nagrizajući kožu. Pare su zapaljive.

Relativna težina razblaženih rastvora kiseline na 20°/4°:

| % kiseline | 1 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Relat. težina | 1,002 | 1,0118 | 1,0247 | 1,0490 | 1,0730 | 1,0968 | 1,1208 | 1,1428 | 1,1656 | 1,1861 | 1,2045 | 1,218 |

Soli mravlje kiseline nalaze primenu pri toplotnoj obradi čelika radi povećanja površinske tvrdoće.

**9. Sirćetna kiselina.** $CH_3 \cdot COOH$ (Acidum aceticum) je bezbojna tečnost oštroga mirisa. Koncetrisana kljuća na 118°C, a očvrsne na 16,7°C; spec. tež. 1,049 (20°C). 99 do 100%-na kiselina se naziva glacijalna kiselina (jako nagrizajuća). Određivanje sadržaja razblaženih rastvora čini teškoće jer spec. tež. sa povećanjem koncentracije raste a zatim opada (tabl. 4).

**Tablica 4. Relativne težine i sadržaj razblaženih rastvora sirćetne kiseline na 15° C**

| Relat. težina kg/dm³ | % | Relat. težina kg/dm³ | % | Relat. težina kg/dm³ | % | Relat. težina kg/dm³ | % | Relat. težina kg/dm³ | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,0007 | 1 | 1,0350 | 25 | 1,0515 | 50 | 1,0746 | 75 | 1,0660 | 95 |
| 1,0037 | 5 | 1,0412 | 30 | 1,0553 | 55 | 1,0748 | 77 | 1,0 01 | 98 |
| 1,0142 | 10 | 1,0470 | 35 | 1,0585 | 60 | 1,0748 | 80 | 1,0 80 | 99 |
| 1,0214 | 15 | 1,0523 | 40 | 1,0712 | 65 | 1,0739 | 85 | 1,0553 | 100 |
| 1,0284 | 20 | 1,0571 | 45 | 1,0733 | 70 | 1,0713 | 90 | | |

Ako se pri određivanju spec. tež. areometrom dobije vrednost kojoj odgovaraju dve koncentracije, onda treba kiselinu razblažiti sa malo vode i ponovo meriti: ako se tada spec. tež. poveća, onda prvo nađena vrednost odgovara većoj koncentraciji, ako se spec. tež. smanji, prva vrednost odgovara manjoj koncentraciji.

Anhidrit sirćetne kiseline, $(C_2H_3O)_2O$, je jako pokretljiva tečnost, oštrog mirisa, spec. tež. 1,0876 kg/dm³ na 15°/4°, temperatura ključanja 140° C.

## B. Alkalije

**1. Soda,** $Na_2CO_3$, natrijev karbonat, sekundarni natrijev karbonat; t. zv. »kristalna soda« sa kristalnom vodom; kristalizuje sa 10 mola $H_2O$ = 63% vode (zbog toga nije podesna za duge transporte) i gradi velike bezbojne kristale spec. težine 1,446 kg/dm³ na 17°C, koji se raspadaju na vazduhu i na 34°C se tope. Po Lö-wel-u rastvara se u 100 tež. delova vode grama sode:

| Stepen | 0 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 33 | 104 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Na_2CO_3$ kalcinirani | 6,97 | 12,06 | 16,20 | 21,71 | 28,50 | 37,24 | 51,67 | 45,47 |
| $Na_2CO_3 + 10\,H_2O$ | 21,33 | 40,94 | 63,20 | 92,82 | 149,13 | 237,64 | 1142,17 | 539,63 |

Rastvorljivost se dakle penje do 33°, a zatim opada.

**Tablica 5. Relativne težine i sadržaj vodenih rastvora sode na 15° (po Lunge-u)**

| Spec. težina kg/dm³ | Stepeni Bé | Težinskih % $Na_2CO_3$ | Težinskih % $Na_2CO_3+10\,H_2O$ | Spec. težina kg/dm³ | Stepeni Bé | Težinskih % $Na_2CO_3$ | Težinskih % $Na_2CO_3+10\,H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,007 | 1 | 0,67 | 1,807 | 1,033 | 11 | 7,88 | 21,525 |
| 1,014 | 2 | 1,33 | 3,587 | 1,041 | 12 | 8,62 | 23,248 |
| 1,022 | 3 | 2,09 | 5,637 | 1,100 | 13 | 9,43 | 25,432 |
| 1,029 | 4 | 2,76 | 7,444 | 1,108 | 14 | 10,19 | 27,482 |
| 1,036 | 5 | 3,43 | 9,251 | 1,116 | 15 | 10,95 | 29,532 |
| 1,045 | 6 | 4,29 | 11,570 | 1,125 | 16 | 11,81 | 31,851 |
| 1,052 | 7 | 4,94 | 13,323 | 1,134 | 17 | 12,43 | 33,600 |
| 1,060 | 8 | 5,71 | 15,400 | 1,142 | 18 | 13,16 | 35,493 |
| 1,067 | 9 | 6,37 | 17,180 | 1,152 | 19 | 14,24 | 38,405 |
| 1,075 | 10 | 7,12 | 19,203 | | | | |

Rastvori sode reaguju alkalno i deluju osapunjavajući i prema tome rastvaraju životinjske masti. Zato se primenjuje za uklanjanje masti i za pranje.

Soda sa malo vode (sa 1 mol $H_2O$) dolazi u trgovinu kao fini prah, u Engleskoj kao t. zv. »cristal carbonate«. Na tržište dolazi obično kao bezvodna (kalcinisana soda), u vidu belog praha, topi se na 853° C; rastvara se polako u vodi uz slabo zagrevanje, kao što je dato u tablici. Prema načinu dobivanja razlikuje se sulfatna ili Leblanc-soda i amonijačna ili Solvay-soda. Prva, označena kao kalnicisana soda I, je 98 do 99%-na i u Engleskoj nazvana 58%-ni alcali (računato na $Na_2O$), sadrži kao nečistoće obično 1% sulfata i po 0,1% sulfita, tiosulfata, kuhinjske soli, nerastvorenih materija i vode. Amonijačna soda je vrlo čista (oko 99%) i sadrži kao nečistoće samo 0,5% do 1% kuhinjske soli.

Trona je prirodno dobivena soda koja sadrži 35% natrijevog bikarbonata kao i kuhinjske soli, Glauberove soli, (natrijev sulfat) i vode.

Oznaka za čistoću trgovačke sode je u raznim zemljama različita: u Nemačkoj prema procentima $Na_2CO_3$; u Engleskoj prema Gay-Lussac-ovim stepenima, tj. % $Na_2O$ ili, češće; prema t. zv. engleskim stepenima ili Newcastle-skim stepenima, koji isto tako daju procente $Na_2O$ ali sa pogrešnim ekvivalentom (tj. polovinom mol. tež.) 32 umesto 31 kao osnovom. U Francuskoj se upotrebljavaju Descrozilles-stepeni, tj. količina sumporne kiseline koju neutralizuje 100 dela sode, ili se daju procenti Na OH. Odnosi najčešće upotrebljenih stepena:

| Gay-Lussac-stepeni | Nemački stepeni $Na_2CO_3$ | Engleski stepeni $Na_2O$ | Descroizilles stepeni $H_2SO_4$ | Stepeni Na OH |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,71 | 1,01 | 1,58 | 1,29 |

**2. Potaša,** $K_2CO_3$, kalijev karbonat, sekundarni kalijev karbonat. Slična je sodi, u vodi se vrlo lako rastvara i kristalizuje samo iz jako koncentrovanih rastvora kao 2 $K_2CO_3$ + 3 $H_2O$ spec. težine 2,043 kg/dm³. Potaša je higroskopna. Rastvori potaše su jače alkalni nego rastvori sode. Kristali se tope pri zagrevanju, na 135°C gube svoju kristalnu vodu; ovako dobivena kalcinisana potaša se topi tek na 890°C, njena spec. težina iznosi 2,29 kg/dm³. Rastvorljivost u odnosu na bezvodnu potašu je:

| Temperatura | 0 | 20 | 50 | 100 | 135 ° |
|---|---|---|---|---|---|
| g $K_2CO_3$ u 100 g $H_2O$ | 90 | 112 | 121 | 156 | 205 |

**Tablica 6. Relativna težina i sastav razblaženih rastvora potaše na 15° (po Lunge-u)**

| Spec. tež. [kg/dm³] | 1,007 | 1,037 | 1,075 | 1,116 | 1,16 | 1,210 | 1,263 | 1,320 | 1,383 | 1,453 | 1,530 | 1,563 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sepen Bé . . . | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 52 |
| $K_2CO_3$ . . [%] | 0,7 | 4,0 | 8,1 | 12,4 | 17,0 | 21,6 | 26,6 | 31,6 | 37,0 | 42,8 | 48,9 | 51,3 |
| 1 l rastvora sadrži | | | | | | | | | | | | |
| $K_2CO_3$ . . [g] | 7 | 41 | 87 | 138 | 198 | 261 | 336 | 417 | 512 | 622 | 748 | 802 |

Koncentrovani rastvor je uljasta gusta tečnost, ranije se nazivala vinsko-kameno ulje ili Oleum tartari, prema načinu dobivanja (žarenjem vinskog kamena).

**3. Kamena soda.** Na OH, natrijum hidroksid, kaustična soda ili kamena soda. Jako je higroskopna. Bezvodna se topi na 318°. Čvrsta kamena soda dolazi na tržište u šipkama ili komadima u zatvorenim metalnim buradima (buradna kamena soda). U Njemačkoj se kamena soda prodaje prema procentima $Na_2CO_3$, u Engleskoj

prema procentima $Na_2O$. Prema tome se 100%-na NaOH u Nemačkoj označava kao 132,5%, u Engleskoj kao 77,5%, (u Francuskoj = 122,5 Descroizilles-stepena). U vodi se vrlo lako rastvara (na 20° 109 delova, na 80° 313 delova), pri tome razvija mnogo toplote. Specifična težina vodenih rastvora na 15° data je u tabl. 7.

**Tabl. 7. Relativna težina i sadržaj razblaženih rastvora kamene sode na 15°**

| Spec. tež. [kg/dm³] | 1,007 | 1,037 | 1,075 | 1,116 | 1,162 | 1,210 | 1,263 | 1,320 | 1,383 | 1,453 | 1,530 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stepeni Bé . . . | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| $Na_2O$ . . [%] | 0,47 | 2,60 | 5,08 | 7,80 | 11,14 | 14,40 | 18,35 | 22,35 | 27,10 | 32,10 | 38,00 |
| NaOH . . . . | 0,61 | 3,35 | 6,55 | 10,05 | 14,37 | 18,58 | 23,67 | 28,83 | 34,96 | 41,41 | 49,02 |

Jaki rastvori nagrizaju organske materije (kožu, drvo, plutu itd.). Tehnički natrijum-hidroksid sadrži najčešće (kuhinjsku so, sodu, gvožđe, sulfat). Čvrsti natrijum-hidroksid kao i rastvori jako apsorbuju ugljen dioksid stvarajući karbonate.

**4. Kalijev hidroksid,** KOH. Po svojim svojstvima vrlo je sličan kamenoj sodi, rastvorljivost je nešto veća (na 20°C oko 130 težinskih delova na 100 delova vode). Jače nagriza nego natrijum-hidroksid.

**Tablica 8. Relativne težine i sadržaj razblaženih rastvora kalijum hidroksida na 15° (po Lunge-u)**

| Spec. tež. [kg/dm³] | 1,007 | 1,037 | 1,075 | 1,116 | 1,162 | 1,210 | 1,263 | 1,320 | 1,383 | 1,453 | 1,530 | 1,615 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stepeni Bé . . . | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 |
| $K_2O$ . . . [%] | 0,7 | 3,8 | 7,7 | 11,6 | 15,6 | 19,6 | 23,5 | 27,5 | 31,8 | 36,5 | 41,5 | 47,0 |
| KOH . . . [%] | 0,9 | 4,5 | 9,2 | 13,8 | 16,6 | 23,3 | 28,0 | 32,7 | 37,8 | 43,4 | 49,4 | 55,9 |

**5. Žareni kreč,** CaO, kalcijum oksid, dobiva se žarenjem (najniža temperatura 850°C) mermera, krečnjaka, krede. U čistom sastavu je bela porozna masa, spec. tež. 3,2—3,3 kg/dm³; temp. topljenja oko 3 000°C. Jedini se sa vodom uz veliko oslobađanje toplote u kalcijum hidroksid, $Ca(OH)_2$. Ovaj nije mnogo rastvorljiv u vodi (na 18°C 1 tež. deo u 780 del. vode, na 100°C 1 tež. deo u 1280 del. vode) reaguje jako alkalno (krečna voda), rastvori se na vazduhu zamute usled toga što u sebe primaju ugljen dioksid (dokazivanje $CO_2$). Kreč se primenjuje u građevinske svrhe, v. pod »malter« str. 1101 i dalje.

**6. Amonijak,** $NH_3$, bezbojan gas, temperatura ključanja —33,5°C, (pri pritisku od 760 mm); temperatura očvršćavanja —75°C. Kritična temperatura + 132°; kritičan pritisak 114 kg/cm². Spec. tež. tečnog (bezvodnog) amonijaka 0,63 kg/dm³ na 0°C; 0,54 na 60°C, dakle on poseduje veliku moć širenja. Jedan 1 gasovitog amonijaka teži na 0°C i 760 Torr ( = mm Hg) 0,771 g. Na 15° napon amonijačne pare iznosi 7,4 kg/cm², 17—27%-ne smese amonijak-vazduha su eksplozivne. Tablica za pare amonijaka, v. str. 668. Voda jako apsorbuje gasoviti amonijak uz zagrevanje i povećanje zapremine: ona može da apsorbuje oko 1000 puta veću zapreminu gasovitog amonijaka (v. str. 620), pri čemu se stvara amonijum hidroksid, koji reaguje jako alkalno.

Vodeni rastvor (poznat kao liquor ammonii caustici) koncentrovan sadrži 30—33 tež.-% $NH_3$. »Ledeni salmijak« je 35%-ni rastvor $NH_3$ (v. i »Hlađenje« IV knj.).

**Tablica 9. Relativna težina i sadržaj razblaženih rastvora amonijaka na 15°**

| Spec. težina kg/dm³ na 15° | 100 g rastvora sadrže g $NH_3$ | 100 cm³ rastvora sadrže g $NH_3$ | Spec. težina kg/dm³ na 15° | 100 g rastvora sadrže g $NH_3$ | 100 cm³ rastvora sadrže g $NH_3$ | Spec. težina kg/dm³ na 15° | 100 g rastvora sadrže g $NH_3$ | 100 cm³ rastvora sadrže g $NH_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,990 | 2,31 | 2,29 | 0,950 | 12,74 | 12,10 | 0,910 | 24,99 | 22,74 |
| 0,980 | 4,80 | 4,70 | 0,940 | 15,63 | 14,69 | 0,900 | 28,33 | 25,50 |
| 0,970 | 7,31 | 7,09 | 0,930 | 18,64 | 17,34 | 0,890 | 31,75 | 28,26 |
| 0,960 | 9,91 | 9,51 | 0,920 | 21,75 | 20,01 | 0,882 | 34,95 | 30,83 |

Lužine za beljenje v. str. 1230.

## C. Soli

**1. Nišador,** $NH_4Cl$, amonijum hlorid, bezbojna materija, bez mirisa i slanog ukusa. Spec. tež. 1,52 kg/dm³. Zagrevan blizu crvenog usijanja suv nišador sublimira a da se ne topi; isparava polako već na 100°C. U vodi se lako rastvara, pri čemu snižava temperaturu. 100 delova vode rastvara na 10° 33, a na 100° 75 delova nišadora. Malo je otrovan. Nalazi primenu u tehnici kao so za galvanske elemente i za lemljenje metala (na toploti razlaže metalne okside).

**2. Šalitra.** Pod ovim se imenom najčešće podrazumeva kalijum nitrat $KNO_3$; gradi bezbojne kristale spec. težine 2,11 kg/dm³ na 16°; topi se na 337°. Čilska šalitra (nazvana »Caliche«) je natrijum nitrat (kockasta šalitra); ona je higroskopna, zbog čega nije podesna za izradu crnoga baruta. Spec. težina na 15° iznosi 2,265 kg/dm³. Topi se na 308°. Smesa od 54,5 tež. dela $KNO_3$ i 45,5 tež. dela $NaNO_3$ topi se već na 218° (eutektikum). Rastvorljivost obadveju vrsta šalitre v. u sledećoj tablici.

**Tablica 10. U 100 tež. delova vode rastvara se**

| na temperaturi °C | 0 | 10 | 20 | 30 | 50 | 80 | 100 | 114 | 119 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tež. delova $KNO_3$ | 13,3 | 21,0 | 31,4 | 45,9 | 86,0 | 172 | 247 | 284 | |
| Tež. delova $NaNO_3$ | 73 | 80,5 | 88 | 96,2 | 114 | 148 | 175,5 | | 209 |

**3. Natrijum tiosulfat,** $Na_2S_2O_3 + 5H_2O$, natrijum hiposulfit, gradi bezbojne kristale (crvenkasta obojenost ukazuje na prisustvo arsena), koji se na vazduhu na 33°C raspadaju a na 48° tope, spec. tež. 1,734 kg/dm³. Na 215° so postaje bezvodna a na 223° se razlaže. Lako se rastvara u vodi sa umerenim hlađenjem. 100 tež. delova vode rastvaraju na:

| 0 | 10 | 20 | 50 | 80 | 100 ° |
|---|---|---|---|---|---|
| 52 | 61 | 70 | 170 | 248 | 266 tež. delova bezvodne soli. |

Služi kao »antihlor« pri bojenju i belenju, vezuje suvišni hlor iz tkanina, i kao »so za fiksiranje« (u fotografskoj tehnici) za rastvaranje ostatka halogenida srebra iz sloja osetljivog prema svetlosti.

Rastvori se dodavanjem kiselina razlažu, pri čemu se izdvaja sumpor.

**4. Hlorni kreč**, kreč za beljenje, dobiva se uvođenjem hlora u gašeni kreč. On nije jedinstven hemiski proizvod, već smesa kalijum hlorida, kalcijum hidroksda i malo vode, — beo prah koji miriše na hipohlorastu kiselinu i hlor; hlorni kreč se polako raspada u zatvorenim sudovima, a brže na vazduhu usled dejstva vode i ugljen dioksida, pri čemu masa postaje testasta. Trgovački proizvod sadrži 35—40% aktivnog hlora. Vrednost hlornog kreča procenjuje se prema težinskim procentima hlora ili prema Gay-Lussac-ovim stepenima. Ovim stepenima se daje količina hlora u litrima, koja se može dobiti iz jednog kilograma hlornog kreča.

**Tablica 11. Uporedni pregled po Pattinson-u**

| Stepeni po Gay-Lussac-u | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 127 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| % aktivnog hlora | 20,65 | 22,24 | 23,83 | 25,42 | 27,01 | 28,60 | 30,19 | 31,78 | 33,36 | 34,95 | 36,54 | 38,13 | 39,72 | 40,3 |

Vodeni rastvor je bezbojan i opora ukusa; granica ukusa: jedan deo hlornog kreča rastvoren u 1,5 do 2 mil. tež. delova vode još se oseća. Upotrebljava se za beljenje, dezinfekciju, dobivanje hloroforma.

**5. Lužina za beljenje** je vodeni rastvor poglavito natrijum hipohlorita. Dobiva se elektrolizom kuhinjske soli ili uvođenjem sode u rastvor hlor-kreč (taloži se kalcijum karbonat) a često se naziva »Eau de Javelle« (ustvari rastvor kalijum hipohlorita).

**6. So za površinsko otvrdnjavanje.** To je obično žuti kalijum ferocijanid, $K_4Fe(CN)_6$, u običnom životu zove se kratko »kali«. Pomoću nje se gvožđe površinski otvrdnjava sagorevanjem soli na površini, na otvorenoj vatri (površinski sloj postaje bogatiji ugljenikom).

U tu se svrhu upotrebljavaju smese, na pr., za gvožđe: 88 delova kuhinjske soli, 9 cijankalijuma, 1 kalijum bihromata, 1 kalijum nitrata, i 1 deo staklenog praha, ili za čelik: smesa od 24 dela drvenog uglja, 4 opiljaka roga, 7 tutkala, 10 kalijumove šalitre i 55 kuhinjske soli, a osim toga i masne paste itd.

**7. Vodeno staklo** (str. 1127), rastvara se polako u hladnoj vodi, a brže u toploj. Rastvori vodenog stakla su hidrolitički razloženi i usled toga dejstvuju alkalno. U trgovini uobičajeni rastvori, označeni i kao »vodeno staklo«, imaju najčešće spec. tež. 1,3 (38 step.); označavaju se kao neutralni (sa $Na_2O : SiO_2 = 1 : 3,3$) ili kao alkalni (1 : 2).

U trgovinu dolazi »alkasil« čvrsto vodeno staklo koje je K-Na- monosilikat ($K\,Na\,SiO_3 \cdot 9\,H_2O$). Rastvore vodenog stakla treba zaštititi od apsorpcije ugljen dioksida (koji može da dejstvuje želatinirajući) sprečavanjem dodira sa vazduhom. Želatinirani rastvori postaju zagrevanjem ponovo tečni.

## D. Organske materije

**1. Karbid.** Mada mnogi metali grade karbide (str. 1217 i 1235, sredstva za brušenje), to se pod ovim imenom podrazumeva uvek kalcijum karbid, $CaC_2$. Čist karbid je bezbojan, providan, kristaličan, spec. tež. na 18°C iznosi 2,22 kg/dm³. Tehnički karbid (85—90%-ni) je siv i sadrži 5—10% kreča (CaO), ugljena i drugih nečistoća. Sa vodom karbid razvija acetilen uz jako zagrevanje. Jedan kg tehničkog karbida treba da dâ najmanje 300 l acetilena (čist 349 l).

**2. Acetilen,** $C_2H_2$, relativ. težina 0,906 u odnosu na vazduh. Na 0°C pod pritiskom od 21,5 kg/cm² prelazi u tečno stanje. Čist gas ima slab miris; neprijatan i škodljiv miris potiče od različitih fosfornih i sumpornih jedinjenja, koja se kao nečistoće nalaze u tehničkim produktima.

Uklanjanje se vrši prečišćavanjem, na pr., sa »akaginom« (smesa kalcijevog hipohlorita i olovnog hromata), »heratol-om« (infuzoriska zemlja natopljena hromnom kiselinom), »frankolin-om« (infuzoriska zemlja natopljena rastvorom bakarnog hlorida u sonoj kiselini). Acetilen je pod normalnim pritiskom i bez vazduha, bezopasan. No već pod pritiskom od 3 kg/cm², a osobito na većim temperaturama, ili naročito u tečnom stanju, može malom nepažnjom doći do jake eksplozije. Acetilen sa vazduhom (3—80% acetilena) stvara eksplozivne smese. Acetilen se rastvara u vodi približno u jednakim odnosima, manje u stalnim rastvorima; vrlo se lako rastvara u acetonu (na 15° 25 puta, na — 80° 2000 puta veća zapremina), ovakav rastvor nije eksplozivan.

Za tehničku primenu pune se acetilenom čelične boce (pod pritiskom od 15 kg/cm²); u bocama se nalazi porozna masa natopljena acetonom (Dissous-gas). Jedna boca od 40 l sadrži oko 5,5 m³ acetilena i teži 84 kg. Donja toplotna moć ($H_u$) acetilena iznosi 13 600 kcal/m³. Temperatura plamena smese acetilen-vazduh iznosi 1900°C, a temperatura plamena smese acetilen-kiseonik penje se do 2700°C. Ova smesa se upotrebljava za autogeno sečenje čelika i zavarivanje (II knj.; odeljak Mašine alatke, postupci zavarivanja).

Acetilen sagoreva svetlim i bleštećim čađavim plamenom; naročitim plamnicima može se sprečiti obrazovanje čađi. Moć osvetljavanja acetilena je 15 puta veća od iste zapremine gasa komenog uglja (v. II knj., odeljak Svetlosna tehnika).

**3. Formaldehid,** HCHO, metanal, formalin, formol, metilaldehid. Formaldehid je na običnoj temperaturi i pod običnim pritiskom gasovita materija nadražujućeg mirisa koja nagriza organe za disanje. Temp. ključanja — 21°C, temp. topljenja — 92°C; spec. tež. (tečan) na — 21°C iznosi 0,8153 kg/dm³. Naginje ka polimerizaciji i tada prelazi u čvrsto stanje. Formaldehid se do 52% rastvara u vodi; 40 (zaprem.)%-ni vodeni rastvor 36 (tež.) %-ni — u trgovini kao formalin ili formol — sadrži 12—15% metilnog alkohola da bi sprečio izdvajanje polimerizovanih materija. Upotrebljava se u hemiskoj industriji za dezinfekciju.

**4. Metilalkohol,** $CH_3OH$, metanol, drvna žesta, drvni alkohol, karbinol. Na običnoj temperaturi bezbojna tečnost koja ključa na 65°C, a otvrdnjava na — 97°C. Spec. toplota između 10 i 15°C iznosi 0,586 kcal/kg. Spec. tež. na 15°C iznosi 0,80 kg/dm³ (v. tabl. 16, Organski rastvarači, str. 1236). Lako gori. Sa vodom se može

mešati u svim odnosima. Jako je otrovan. Čist je slabog mirisa, sličan etilnom alkoholu. Dolazi u trgovinu kao tehnički metil alkohol sa 80% (zapr.) i sadrži od stranih materija uglavnom aceton, alilni alkohol i »drvno ulje« (ketoni sa visokom temperaturom ključanja).

**Tablica 12. Specifična težina smesa metilalkohol-voda**

| Tež. - % metil alkohola | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Spec.tež. na 15,56° kg/dm³ | 0,983 | 0,968 | 0,954 | 0,937 | 0,919 | 0,898 | 0,875 | 0,850 | 0,824 | 0,796 |

**5. Alkohol,** $C_2H_5OH$, etilni alkohol, špiritus. Bezbojna tečnost, skoro bez mirisa, palećeg ukusa, ključa na 78,3°C, relativna tež. na 15°C u odnosu na vodu od 15°C = 0,794. Temperatura očvršćavanja — 112°C. Spec. toplota iznosi 0,59 kcal/kg° (v. tabl. 16, Organski rastvarači, str. 1236). Jako upija vodu i sa njom se meša u svim odnosima, pri tome se razvija toplota i smanjuje zapremina. Meša se i sa eterom, glicerinom, hloroformom i dr. Lako je zapaljiv. Ako se pije koncentrovan deluje otrovno. Temperature na kojoj mrzne mešavine vode i alkohola date su u tablici na str. 619. O alkoholu kao gorivu v. str. 711. i dalje.

**Tablica 13. Spec. težina i odnosi smesa vodenih rastvora alkohola na $15^5/_9$° C (po B r i x-u)**

| Spec. tež. kg/dm³ | | 0,999 | 0,993 | 0,987 | 0,981 | 0,976 | 0,971 | 0,966 | 0,959 | 0,952 | 0,944 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 zapr. delova sadrže | zapr. del. alkohola | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| | zapr. del. vode | 99,06 | 95,31 | 90,71 | 86,19 | 81,71 | 77,23 | 72,71 | 68,11 | 63,41 | 58,59 |

| Spec. tež. kg/dm³ | | 0,934 | 0,924 | 0,913 | 0,902 | 0,890 | 0,877 | 0,864 | 0,850 | 0,834 | 0,816 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 zapr. delova sadrže | zapr. del. alkohola | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 |
| | zapr. del. vode | 53,70 | 48,72 | 43,66 | 38,56 | 33,38 | 28,14 | 22,82 | 17,42 | 11,88 | 6,15 |

Kada se zapr. delovi alkohola podele sa odnosnom spec. težinom i pomnože sa 0,7946 dobivaju se odnosni težinski delovi alkohola.

**6. Glicerin.**[1]) $C_3H_5(OH)_3$ (str. 615). U čistom stanju je slatka, bezbojna, gusta tečnost spec. tež. 1,26 kg/dm³ na 15° (= 30° Bé); zapreminski koeficijent širenja 0,00049; u bezvodnom stanju na 0°C mrzne kristališući polako [smese glicerin-voda mrznu tek znatno ispod 0°C: 10%-ni (težinski) glicerin na — 1°C, 20%-ni na — 2,5°C, 30%-ni na — 6,2°C, 40%-ni na — 17,2°C, 45%-ni na — 26,2°C, 50%-ni na — 32°C, 60%-ni ispod — 35°C] ključa na 290° uz slabo razlaganje; spec. toplota 0,55 kcal/kg°. Sa vodom i alkoholom meša se u svima odnosima; u etru, masnim rastvaračima i masnim uljima se ne rastvara. Gori. Vrlo je higroskopan. U manjim količinama unesen u organizam nije škodljiv.

Na tržištu se razlikuje tehnički glicerin, dinamit glicerin i hemiski čist glicerin. Prema načinu dobivanja tehnički glicerin (sirov) može biti saponifikat-glicerin, destilat- ili podlužinski - glicerin, nečistoće mogu biti različite. Boje je žute do mrke. Saponifikat-glicerin sadrži malo stranih primesa (oko $^1/_2$% pepela, koji sadrži mnogo kalcijuma i

[1]) V. B l ü c h e r s Auskunftsbuch f. d. chem. Industrie, Berlin u. Leipzig 1938, de Gruyter.

magnezijuma), ukusa je slatkog. Destilat-glicerin je neprijatnog mirisa i oštro-kiselog ukusa (sadrži do 3,5% pepela). Podlužinski-glicerin je najnečistiji, ukusa je slanog, sadrži 10% pepela (kuhinjsku so, sodu itd.) i mnoge organske nečistoće (lepka, smole itd.). Tehnički glicerin sadrži 80 do 86% glicerina. Dinamit-glicerin ne sme da sadrži ukupno više od 0,35% pepela i org. materijala. Hemiski čist glicerin ne sme da sadrži više od 0,03% pepela i isto toliko organskih materija.

Količina glicerina u vodenom rastvoru određuje se ili spec. tež. (pomoću areometra) ili optički (pomoću indeksa prelamanja).

**Tablica 14. Spec. težine i indeksi prelamanja smesa glicerin-voda, po Lenz-u**

| % bezvodnog glicerina | Spec. tež. na 12—14°C kg/dm³ | Indeks prelamanja na 12,5—12,8° | % bezvodnog glicerina | Spec. tež. na 12—14°C kg/dm³ | Indeks prelamanja na 12,5—12,8° |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,0000 | 1,3330 | 55 | 1,1455 | 1,4079 |
| 5 | 1,0123 | 1,3392 | 60 | 1,1582 | 1,4140 |
| 10 | 1,0245 | 1,3454 | 65 | 1,1733 | 1,4231 |
| 15 | 1,0374 | 1,3520 | 70 | 1,1889 | 1,4321 |
| 20 | 1,0498 | 1,3585 | 75 | 1,2016 | 1,4395 |
| 25 | 1,0635 | 1,3652 | 80 | 1,2159 | 1,4467 |
| 30 | 1,0771 | 1,3719 | 85 | 1,2292 | 1,4540 |
| 35 | 1,0907 | 1,3785 | 90 | 1,2425 | 1,4613 |
| 40 | 1,1045 | 1,3860 | 95 | 1,2557 | 1,4636 |
| 45 | 1,1183 | 1,3935 | 100 | 1,2591 | 1,4758 |
| 50 | 1,1320 | 1,4007 | | | |

**7. Etar.** Pod tim imenom se podrazumeva grupa heminski sličnih organskih materija. Tehnički najvažniji je etil etar (trgovinski naziv: sumporni etar ili »etar«), $(C_2H_5)_2O$. Svojstva: bezbojna jako zapaljiva tečnost, spec. težina na 0°C, iznosi 0,74, na 15°C, 0,72 kg/dm³; ključa na 34,6°C; stvrdnjava na — 129°C; topi se na — 117°C; spec. toplota iznosi 0,57 kcal/kg° (v. i tabl. 16, Organski rastvarači str. 1236). Smese pare etra i vazduha su jako eksplozivne. Pare etra su teže od vazduha (str. 970, tabl. 7). Voda rastvara 9% etra, a etar 2% vode; sa alkoholom se meša. Primena: kao rastvarač za mnoge organske materije (ulja i masti).

Trgovački proizvodi: tri vrste. 1. vrsta, relativ. težina 0,720; 2. vrsta, relativ. težina 0,72 do 0,722; 3. vrsta, relativ. težina 0,728 sve na 15° C u odnosu na vodu na 15° C.

**8. Aceton,** $(CH_3)_2 \cdot CO$, dimetil keton, sirćetni špirit, je bezbojna tečnost eteričnog mirisa; očvršćava na — 95°C, spec. toplota iznosi 0,513 kcal/kg: toplota isparavanja za 1 kg iznosi 125,3 kcal. (na 56,1°C). Druga fizička svojstva v. tabl. 16 Organski rastvarači (str. 1236). Meša se sa vodom, alkoholom, etrom i hloroformom.

**Tablica 15. Smese aceton-voda**

| % acetona . . . | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zaprem. težine . . | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,95 | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,87 | 0,84 | 0,80 kg/dm³ |

**9. Benzol,** $C_6H_6$, (str. 1168) je lako isparljiva, bezbojna tečnost, gori čađavim plamenom, očvršćava na 0°C, a topi se na 5,4°C. Meša se sa alkoholom, etrom, acetonom itd.; u vodi je vrlo slabo (0,1%) rastvorljiv; prima vrlo malo vode (oko 0,05%). Koeficijent zapreminskog širenja = 0,00123 (na 0° do 30°), spec. toplota = 0,41

kcal/kg°. Druga fizička svojstva v. str. 615, 711, i tabl. 16 na str. 1236. Pare deluju štetno po zdravlje, pod izvesnim okolnostima i smrtonosno.

**10. Anilin,** $C_6H_5 \cdot NH_2$, amino-benzol, fenil-amin, je žućkasta, uljasta tečnost, koja se na vazduhu oboji mrko, spec. tež 1,022 kg/dm³ (20°C), ključa na 184°C, očvršćava na —6°C, spec. toplota = 0,52 kcal/kg° (20—50°C). Koeficijent širenja = 0,00084, sagorljiv je. Rastvara se oko 3% u vodi, a apsorbuje oko 5% vode. Meša se sa alkoholom, etrom i drugim rastvaračima. Mada ključa na visokoj temperaturi destiliše sa vodenom parom. Anilin je ishodna materija za mnoge boje.

**11. Fenol,** $C_6H_5OH$, karbolna kiselina, oksibenzol, fenilalkohol, kreozot katrana kamenog uglja. Dobiva se iz katrana kamenog uglja ili sintetički i ima obično oštar miris karbola; međutim, sasvim čist vrlo slabo miriše. Kristali su bezbojni ili crvenkasti, higroskopni, spec tež. 1,066 kg/dm³ na 15°C, topi se na 40°C ključa na 181°C. Rastvorljiv u 15 tež. delova vode, meša se sa alkoholom, etrom, benzolom, glicerinom i mastima. Na tržište dohaza nečist u tečnom stanju ili čist u kristalima. Jako nagriza organske materije, otrovan je, sprečava trulenje, antiseptičan je.

**12. Lizol** je smesa od 50% krezola sa visokom temp. ključanja (ima ga u katranu kamenog i drvenog uglja) sa alkalijama i kalijevog sapuna od lanenog ulja. Rastvara se u vodi i kao slične materije je važno dezinfekcisko sredstvo. Razblažen dejstvuje nagrizajući, sa vodom razblažen je slabo otrovan.

**13. Ugljentetrahlorid,** $CCl_4$, tetrahlormetan, perhlormetan; trgovinski naziv: tetra ili benzinoform. Lako je isparljiv, bezbojna je tečnost sladunjavog mirisa, očvršćava na —23°C, spec. toplota = 0,23 kcal/kg°, temp. isparavanja = 63,95 kcal/kg. Druga fizička svojstva v. tabl. 16, Organski rastvarači (str. 1236). Nije zapaljiv i sa vazduhom ne daje eklplozivne smese. U vodi nije sasvim (0,1%) nerastvorljiv; meša se sa mnogim organskim rastvaračima u svim odnosima. Ugljentetrahlorid slabo nagriza metale, naročito bakar; za tehničku bezvodnu primenu dovoljno su postojani aluminijum, gvožđe, cink, kalaj, olovo a naročito hromni- i nikal-čelik. U prisustvu vode polako se raspada u ugljenu i sonu kiselinu, pa jače nagriza metale.

**14. Ugljendisulfid,** $CS_2$, je lako isparljiva, bezbojna i lako zapaljiva tečnost. Topi se na —112°C, spec. toplota = 0,242 kcal/kg° na 30°C. Druga fizička svojstva v. tabl. 16, Organski rastvarači (str. 1236). U čistom stanju ima slab sladunjav miris; međutim, nečisti i ustajali ugljendisulfid miriše vrlo neprijatno, Naročito je opasan zbog lake upaljivosti; njegova temp. samopaljivosti (ne temp. paljenja) leži između 150 i 180°C, dakle, oko 400°C niže nego kod upotrebljavanih sagorljivih materija. Sa vazduhom daje lako zapalive eksplozivne smese (cevi za paru, pregrejana ležišta). Pare opijaju i vrlo su otrovne. Meša se sa alkoholom, etrom, hloroformom, benzolom itd.

**15. Parafin** je u tehničkom smislu smesa zasićenih alifatičnih ugljovodonika koji ključaju na višim temperaturama, opšte

formule $C_nH_{2n+2}$, koji su na normalnoj temperaturi čvrsti. Razlikuje se tvrdi parafin, koji se topi na 52 do 58°C, spec. tež. 0,90 do 0,915 kg/dm³ (za sveće) i meki parafin, koji se topi na 44 do 48°C, spec. tež. 0,88 do 0,89 kg/dm³. Toplota topljenja iznosi 36 kcal/kg. Parafinsko ulje ima spec. tež. 0,880 do 0,895 kg/dm³, ključa na temp. iznad 300°C; zapreminski koeficijent širenja = 0,000764. Čisti parafini su bez boje, mirisa i ukusa, ne napadaju ih kiseli i alkalni rastvori.

## E. Rastvarači [1])

Tablični pregled, vidi str. 1236.

Organski rastvarači pripadaju različitim hemiskim grupama; to su uopšte žitke, lako do umereno isparljive materije. Većinom su upaljivi, neki čak jako upaljivi. Udahnute pare ili uticaj na kožu deluje na organizam fiziološki štetno. Moć rastvaranja se često povećava mešanjem dva ili više rastvarača.

Proizvodi koji se pod raznim trgovinskim nazivima nalaze na tržištu obično su smese više materija. Cesto je isto sredstvo označeno sa više oznaka, kraćenica ili trgovinskim nazivima (v. objašnjenje uz tabl. 16). Materije za koje je označeno da nisu rastvorljive u vodi, rastvaraju se u veoma malim količinama u vodi i primaju veoma malo vode. Gasovi svih sagorljivih materija čine sa vazduhom eksplozivne smese.

Kao o m e k š i v a č i se označavaju u mnogim industriskim granama različite materije, od kojih neke nisu srodne sa organskim rastvaračima. To su poglavito tečne ili čvrste materije srodne organskim rastvaračima, koje nisu isparljive ili vrlo slabo isparljive. Oni se dodaju rastvaračima pri spravljanju bojenih premaza, lakova, veštačkih materija i dr., da bi se gotovi proizvod učinio mekšim i elastičnijim. Sredstva za omekšavanje su isto tako upaljive materije.

## F. Sredstva za brušenje i glačanje

**Korund,** šmirgla, $Al_2O_3$ je kristalizirana glinica. Nalazi se često kao bezbojni ili žućkasti mineral. Šmirgla sa ostrva Naksosa ima tvrdoću 8 (po Mohs-u, vidi Dodatak), kanadski korund tvrdoću 9, veštački 9,3. Topi se na oko 2000°C.

Ima mnoge trgovinske oznake, na pr., alundum, abrazit, elektrit, elektrorubin itd. Kordun služi za izradu šmirgl-papira i brusnih ploča, dalje za vatrostalni materijal. Topi se na oko 2000° C.

**Silicijum karbid,** SiC, v. str. 1217.

**Borkarbid,** $B_2C_2$, v. Stoffhütte, 2 izd., str. 922.

**Wolframkarbid,** WC i $W_2C$, v. str. 1072.

**Tripel,** škriljac za glačanje sa Tripel-gore u Češkoj je silikat za glačanje metala, kamena i dr., slični su tripol, srebrni tripol.

**Kolkotar,** $Fe_2O_3$, gvozdeni oksid, ferioksid. Naziva se još i »caput mortuum«, englesko crvenilo i gvozdena crvena boja. Boje je svetlo crvene do ljubičaste, što zavisi od strukture i načina dobivanja. Služi za glačanje stakla, metala i kamena; upotrebljava se i kao bojeni premaz (venecijansko i pompejsko crvenilo).

---

[1]) Vidi Stoffhütte, 2 izd. str. 817 i dalje.

## Tablica 16. Organski

| Naziv v. i poslednji stubac[1]) | Formula | Rel. težina 24°/4° | Temp. ključanja[2]) Stepeni | Relat. težina pare Vazduh = 1 | Relat. isparljivost[3]) Etar = 1 |
|---|---|---|---|---|---|
| Aceton | $(CH_3)_2$ CO | 0,792 | 51,1; 55—56 | 2,01 | 2 |
| Acetonsko ulje | — | 0,81—0,86 | lako 75—125 teško 120—150 | — | — |
| Amilacetat | $C_7$ $H_{14}$ $O_2$ | 0,87 | 139; 135—140 | 4,50 | 13 |
| Amilalkohol | $CH_3 \cdot (CH_2)_4 \cdot OH$ | 0,82 | 131; 128—132 | 3,05 | 62 |
| Benzin | $C_n H_{2n+2}$ | 0,661—0,681 | 67—100 | | 3 |
| Benzol | $C_6$ $H_6$ | 0,877 | 80,4; 80—81 | 2,70 | 3 |
| n-Butilacetat | $C_4 H_9 \cdot CO_2 \cdot CH_3$ | 0,878 | 125; 121—127 | 4,02 | 12 |
| n-Butilalkohol | $C_4$ $H_9 \cdot OH$ | 0,805 | 117; 114—118 | 2,56 | 33 |
| Cikloheksan | $C_6$ $H_{12}$ | 0,783 | 81 | 2,91 | 2,8 |
| Cikloheksanol | $C_6$ $H_{11}$ OH | 0,946 | 161; 155—165 | 3,46 | 403 |
| Cikloheksanon | $C_6$ $H_{10}$ O | 0,950 | 155; 150—156 | 3,39 | 40 |
| Cikloheksilacetat | $C_6 H_{11} \cdot CO_2 CH_3$ | 0,967 | 170—175 | 4,92 | 77 |
| Dekahidronaftalin | $C_{10}$ $H_{18}$ | 0,890 | 180—190 | 4,78 | 94 |
| Diacetonalkohol | $C_6$ $H_{12}$ $O_2$ | 0,931 | 164; 150—165 | 4,02 | 147 |
| Dioksan | $C_4$ $H_8$ $O_2$ | 1,033 | 101; 94—110 | 3,05 | 7,5 |
| Etilacetat | $C_4$ $H_8$ $O_2$ | 0,9005 | 74; 74—77 | 3,05 | 2,8 |
| Etilalkohol | $C_2$ $H_5 \cdot OH$ | 0,7894 | 78,3 | 1,59 | 8,5 |
| Etilen (di) hlorid | $(CH_2$ $Cl)_2$ | 1,25 | 83,6; 81—87 | 3,43 | 4 |
| Etiletar | $(C_2$ $H_5)_2$ O | 0,7135 | 34,6; 34—35 | 2,56 | 1 |
| Etilglikol | $C_4$ $H_{10}$ $O_2$ | 0,932 | 137; 126—138 | 3,12 | 43 |
| Etillaktat | $C_5$ $H_{10}$ $O_3$ | 1,031 | 154,5; 145—155 | 4,09 | 80 |
| Glikol | $C_2$ $H_4$ $(OH)_2$ | 1,108 | 197; 191—200 | 2,15 | 2625 |
| Glikolacetat (mono) | $C_4$ $H_8$ $O_3$ | 1,109 | 182; 178—195 | 3,60 | 606 |
| Hlorbenzol | $C_6$ $H_5 \cdot Cl$ | 1,106 | 132; 130—132 | 3,91 | 13 |
| Hloroform | CH $Cl_3$ | 1,489 | 61,2 | 4,14 | 2,5 |
| Izopropilni alkohol | $C_3$ $H_8$ O | 0,790 | 82; 80—82 | 2,80 | 21 |
| Ksilol | $C_6 H_4 \cdot (CH_3)_2$ | 0,863 | 138; 137—139 | 3,67 | 14 |
| Metilacetat | $C_3$ $H_6$ $O_2$ | 0,934 | 57; 56—62 | 2,56 | 2,2 |
| Metilalkohol | $CH_3$ OH | 0,792 | 65; 64—65 | 1,11 | 6,3 |
| Metilcikloheksanol | $C_7$ $H_{14}$ O | 0,922 | orto 167 166—180 | 3,95 | 807 |
| Metilcikloheksanon | $C_7$ $H_{12}$ O | 0,919 | 165—171 | 3,88 | 47 |
| Metilenglikol | $C_3$ $H_8$ $O_2$ | 0,967 | 115—130 | 2,62 | 35 |
| Metilenhlorid | $CH_2$ $Cl_2$ | 1,336 | 41; 40—42 | 2,94 | 1,8 |
| Petroletar | — | 0,634—0,665 | 40—60 | | 1 |
| Petroleum | — | 0,76—0,86 | 150—300 | | oko 120 |
| Propilalkohol | $C_3$ $H_7 \cdot OH$ | 0,804 | 97,2; 96—98 | 2,08 | 11 |
| Terpent. ulje | — | 0,86—0,88 | 160—185 | | oko 23 |
| Tetrahidronaftalin | $C_{10}$ $H_{12}$ | 0,973 | 206 | 4,57 | 190 |
| Tetrahloretan | $C_2$ $H_2$ $Cl_4$ | 1,601 | 145 | 5,81 | 33 |
| Toluol | $C_6$ $H_5 \cdot CH_3$ | 0,866 | 110,5 | 3,19 | 6 |
| Trihloretilen | $C_2$ $HCl_3$ | 1,468 | 87; 85—87 | 4,55 | 4 |
| Ugljendisulfid | $CS_2$ | 1,263 | 46,3 | 2,64 | 1,8 |
| Ugljentetrahlorid | C $Cl_4$ | 1,594 | 76,8 | 5,33 | 3 |

[2]) Pojedini brojevi odnose se na čiste materije, a brojni razmaci na
[3]) U stupcu »relativna isparljivost« navedeni broj određuje koliko je trajanja isparavànja etiletra (trajanje isparavanja etiletra uzeto je = 1).
[4]) lz = lako zapaljiv; g — gori, n — ne gori. Temperature paljenja: za 65 do 85° C, za ulje za loženje 110 do 150° C. U stručnoj literaturi se za rastvarače nalazi uopšte između 350 do 600° C; vrlo je niska za ugljen-
[5]) m — može se mešati sa vodom u svim odnosima, nr — nerastvor.
[6]) Materije koje su navedene kao rastvorljive dobro se rastvaraju;

Legenda:

Ac — acetilceluloza
Bi — bitumen
Boje — org. boje
Etu — eterična ulja
Gu — gutaperka
Ka — kamfor
Kau — kaučuk
Kol — kolodijum pamuk
Ln — linoksin = visoko oksidacioni i polimerizacioni proizvod lanenog ulja
M — masti

## rastvarači

| Upaljivost[4]) | Rastvorljivost u vodi[5]) | Rastvarač[6]) za |
|---|---|---|
| lz | m | Ntc Ac Sm U M |
| g | malo | Sm Bi Pe |
| g | nr | Kol |
| g | 3% | U M delim. Sm |
| lz | nr | Pa U M |
| lz | nr | U M Pa Gu Ka Kau Ln Pe |
| g | 1% | Kol U delim. Sm |
| g | 8% | U M delim. Sm |
| g | nr | U M Kau Bi V |
| g | 3% | U M Sm Kau |
| g | 8% | Kol Ac Sm M |
| g | nr | Ntc Sm U |
| g | nr | U M Sm Kau Ln |
| g | m | Ntc Ac |
| g | m | Ntc Ac U M Sm Etu |
| lz | 8% | Kol M U Sm |
| g | m | Ric Mk boje |
| slabo g | 2% | U M Sm Kau |
| lz | 7% | U M (+ alkohol: Kol) |
| g | m | Ntc (Sm U) |
| g | m | Ntc Ac |
| g | m | boje |
| g | m | Ntc Ac Etu |
| g | 2% | U M Sm Kau |
| n | nr | U M Bi Sm Kau Gu |
| g | m | U M Sm boje |
| g | nr | U M Pa Gu Ka Ln Pe |
| g | oko 25% | Ntc Ac Sm U M (Acet.-zam.) |
| g | m | Ntc boje |
| g | nr | U M Sm Kau |
| g | nr | Kol Ac Sm M |
| g | m | Ntc Ac Se |
| n | 2% | U M Sm Ln Bi Pe |
| lz | nr | Pa M U |
| g | nr | Pa M miner. U |
| g | m | Sm delim. U |
| lz | nr | U M V Sm Kau Gu Ka Te |
| g | nr | U M Sm Kau Ln |
| n | nr | U M Cellit |
| g | nr | U M Pa Gu Ka Ln Pe |
| n | nr | U M Sm Bi Pe |
| lz | nr | U M V Sm Kau Gu Ka Te |
| n | nr | U M V Bi Sm Pe |

[1]) U tablici su dati tačni ili najviše upotrebljavani nazivi. Drugi upotrebljavani nazivi ili skraćenice za materije koje su date u tablici su ove:

Dvostruke oznake za rastvarače navedene u tablici (delom zaštićeni trg. nazivi)

| | |
|---|---|
| Aceton-zamena | = Metilacetat |
| Adronolacetat | = Cikloheksilacetat |
| Alkohol | = Etilalkohol |
| Anol | = Cikloheksanol |
| Anon | = Cikloheksanon |
| Benzinoform | = Ugljentetrahlorid |
| Butanol | = Butilalkohol |
| Cikloheksanol-acetat | = Cikloheksilacetat |
| Dekalin | = Dekahidronaftalin |
| Etar | = Etiletar |
| Etilenglikol | = Glikol |
| Etilester mleč. kisel. | = Etil-laktat |
| Eusolvan | = Etil-laktat |
| Glikolmonoetiletar | = Etilglikol |
| Glikolmonometiletar | = Metilglikol |
| Heksahidrobenzol | = Cikloheksan |
| Heksahidrofenol | = Cikloheksanol |
| Heksalin | = Cikloheksanol |
| Heksalinacetat | = Cikloheksilacetat |
| Heptalin | = Metilcikloheksanol |
| Hidralin | = Nečisti cikloheksanol |
| Karbinol | = Metilalkohol |
| Katarin | = Ugljentetrahlorid |
| Ketonska ulja | = Acetonska ulja |
| Kristalno ulje | = Benzin |
| Metanol | = Metilni alkohol |
| Metilanol | = Metilcikloheksanol |
| Metilanon | = Metilcikloheksanon |
| Metilheksalin | = Metilcikloheksanol |
| Perspirit | = Izopropilalkohol |
| Piranton | = Diacetonalkohol |
| Sirć. etar-sirć. estar | = Etilacetat |
| Solaestin | = Metilenhlorid |
| Sumporni etar | = Etiletar |
| Tetra, Tetraform, Tetrakol | = Ugljentetrahlorid |
| Tetralin | = Tetrahidronaftalin |
| Tri | = Trihloretilen |
| Vestron | = Tetrahloretan. |

tehničke proizvode.

puta trajanje isparavanja jednake količine odnosne materije duže od

benzin 55 do 25° C, za petroleum za osvetlenje iznad 21° C, za gasno ulje nalaze veoma različiti podaci za temperaturu samoupaljenja ona se disulfid (170° C), eter (oko 170° C), terpentinsko ulje (oko 250° C).

ljiv u vodi, tj. rastvorljivost u vodi $< 1\%$.

pored toga mogu delimično da se rastvaraju i druge materije.

Mk — masne kiseline
Ntc — nitroceluloze
Pa — parafini
Pe — ostatak kod destilacije katrana kamenog uglja
Ric — ricinusovo ulje
Sm — smole
Še — šelak
Te — katran kameng uglja
U — ulja
V — vosak

**Krečnjak za glačanje** je čisti kalcijum karbonat ili sveže žareni kreč bez zrna (bečki kreč); treba ga čuvati od vazduha; upotrebljava se pomešan sa alkoholom ili parafinskim ulje za glačanje metala.

**Plovućac** je aluminijum silikat vulkanskog porekla, koji sadrži i alkalne metale. Njegova spec. težina iznosi oko 2,3 kg/dm³; u velikim komadima pliva na vodi usled poroznosti (zapreminska težina se kreće od 0,4 do 0,9 kg/dm³). Upotrebljava se za glačanje i poliranje i kao dodatak sapunu i za filtrovanje vode.

**Brusna hartija i platno.** Dobiva se na taj način što se lanene tkanine i hartija od apretiranog lana, kepera, odnosno hartija, premažu lakom i kada ovaj očvrsne hlađenjem u komorama, one se pospu zrnastom brusnom sirovinom (silicijum karbid, korund, šmirgla, flint, staklo, granat ili granit). Da bi brusna sirovina dublje prodrla u podlogu, one se vode preko toplih ploča, pa se posle očvršćavanja ponovo premažu lepkom[1]).

Finoća zrna[2]): 240, 220, 180, 150, 120, 100, 90, 80, 60, 50, 40, 30, 24, 20, 18.
Sila za ispitivanje[3]): 220, 200, 150, 120, 100, 90, 80, 60, 50, 40, 35, 25, 20, 18, 16.

## G. Sapuni. Sredstva za pranje

Pod sapunima se podrazumevaju uopšte soli masnih kiselina sa metalima, posebno sa alkalnim metalima: natrijumom i kalijumom. Natrijumovi sapuni su tvrdi; razlikuju se »jezgro sapuni«, »polujezgro sapuni« i »sapuniski lepak« (najlošija vrsta sadrži mnogo vode a pored toga glicerina i punila, na pr. vodeno staklo, sodu, glinu).

Kalijumovi sapuni su meki (mazivni sapuni); razlikuju se prozračni sapuni, jezgro sapuni i pilirani (rezani u ljuske) sapuni. Lako se rastvaraju u vodi pri čemu se hidrolitički razlažu, tako da rastvori reaguju alkalno. U alkoholu su sapuni različito rastvorljivi; kalijumstearat je na 10°C rastvorljiv do 0,43%, natrijumstearat do 0,2%. Lako rastvorljivi u alkoholu su kalijumovi sapuni, sapuni od ricinusova ulja, kokosa itd.

Sapunske pahuljice su osušeni i izgnječeni sapun. Veoma laki sapun sadrži veliki broj šupljika (vazdušnih i gasnih). Benzinski sapun (benzitsapun) sadrži 8—12% benzina ili nekog drugog organskog rastvarača (str. 1236). Oni se rastvaraju kao i drugi sapuni u vodi i dobro dejstvuju na rastvaranje ulja, masti, smola i dr.

Sapunski prašak, prašak za pranje su najčešće smese fino isitnjenog sapuna, sode i vodenog stakla, kojima su dodata, sredstva za beljenje (oksidaciona sredstva) — perborati ili perkarbonati. Drugi sapuni sadrže koloidna sredstva za pranje, raspadnute belančevine, trip-fermente i dr.

Uslove za isporuku sapuna i sapunskog praška propisao je »Reichsausschuss für Lieferbedingungen (RAL)«.

## H. Sredstva za sušenje i atsorpciju

Da bi se iz gasova ili nevodenih tečnosti koje sadrže malo vode (etar, hloroform itd.) oduzela vlaga, upotrebljavaju se jako higroskopne materije; najčešće se koristi bezvodni kalci-

[1]) Kleinschmidt: Schleif- und Poliermittel-Kalender ‚Düsseldorf 1930. — [2]) Finoću zrna propisao je »Ver. Deutscher Schleifmittelwerke« kao zamenu za predašnje i američke polubrojeve. — [3]) Broj sita = broju otvora po dužnom cm (DIN 1171).

jumhlorid ($CaCl_2$) (za etar: bezvodna soda; za apsolutni etar: metalni natrijum). Ova so, koja kristališe sa 4 mola kristalne vode, laganim zagrevanjem (pri čemu se na 29°C prvo topi) preko 200°C, kalcinira, i tada se može upotrebiti. I žareni kreč (str. 1104) ili koncentrovana sumporna kiselina služe kao jaka sredstva za izdvajanje vode. Najjače sredstvo za sušenje je fosforni pentoksid ($P_2O_5$). Dobiva se sagorevanjem fosfora. On oduzima gasovima i najmanje tragove vode.

Pri upotrebi $P_2O_5$ potrebno je prethodno dobro sušenje, u protivnom se fosforni pentoksid brzo prevlači gustim slojem fosforne kiseline, usled čega njegovo dejstvo prestaje. Sa vodom se jedini uz jako razvijanje toplote, zbog toga se voda ne sme sipati u $P_2O_5$. Za čišćenje cevi ili posuda koje sadrže $P_2O_5$ treba ih otvoriti i ostaviti da stoje, dok masa, upijanjem vlage iz vazduha, ne postane staklasta, posle toga treba masu rastvoriti u vodi. Sredstva za sušenje bojenih premaza v. sikativi str. 1134.

**Atsorpcija** je vezivanje gasova ili rastvorenih materija za površine, pri čemu ne nastupaju hemiske reakcije. Materije sa velikom površinom (jako porozne ili isitnjene) su najbolja atsorpciona sredstva: aktivni ugalj (Stoffhütte, 2 izd. str. 837), infuzorna zemlja, silikogel, zemlja za beljenje.

Za vezivanje ostataka gasova u ispražnjenim sudovima upotrebljava se užareni ugalj od kokosovih ljuski; za bistrenje i obezbojavanje tečnosti upotrebljava se životinjski ili koštani ugalj. Gelovi silicijumove kiseline (silikagel) su pogodna atsorpciona sredstva za sušenje vazduha i gasova; oni se mogu regenerirati zagrevanjem na oko 200° C (»plavi gel« fabrike Gebr. Herrmann, Köln).

**Infuzorna zemlja** se po prethodnoj pripremi upotrebljava za filtriranje, bistrenje i obezbojavanje tečnosti.

**Zemlja za beljenje** je prirodni Mg-Al-silikat; uopšte se tim imenom označavaju i silikati slični glini; dolaze na tržište pod različitim imenima (tonsil, alsil, kolacit itd.), a upotrebljavaju se za bistrenje i obezbojavanje tečnosti ili ulja.

## Hemiske zaštitne mere. Sredstva za gašenje požara

U pogonu, gde se upotrebljavaju hemiska sredstva u velikim količinama, moraju se na vidnim tablama označiti postojeće proizvodne opasnosti i pravilno ponašanje u nesrećnim slučajevima. Pri telesnim ozledama od nagrizajućih tečnosti (lužine i kiseline) kao najbolja mera je brzo i efikasno ispiranje čistom vodom. Kod razlivanja kiselina ili lužina treba po pravilu isto tako brzo obaviti razblaživanje sa mnogo vode; ako je to koncentrovana sumporna kiselina onda treba naglo dodati veliku količinu vode (najmanje 10 puta veću) inače nastupa zagrevanje do ključanja i može doći do ozleda usled prskanja kiseline. Ako su u pitanju veće količine koncentrovane sumporne kiseline bolje je da ih upije suvi pesak. Neutralisanje (za kiseline: krečom, sodom, amonijakom; za baze: sirćetom ili drugim razblaženim kiselinama) treba izvršiti posle prethodnog razblaženja, jer inače mogu nastupiti jake reakcije sa jakim zagrevanjem.

Najbolja zaštita od otrovnih gasova — naročito su opasni cijanovodonična kiselina (miris gorkih badema), ugljen monoksid (neosetljiv čulima), ugljed disulfid (otrovan i jako zapaljiv) — je dobro provetravanje; ostale mere, sem gasmaske[1]), su dosta neefikasne.

[1]) Vidi Branding-Rumpf: Gasschutz, Berlin 1928, Mittler & Sohn. — Syrup: Handbuch des Arbeiterschutzes und der Betriebssicherheit, Berlin 1926, Reimar Hobbing, I. Bd., str. 695 i 712. — Vidi IV. knj. odeljak, Rudarstvo i dubinsko bušenje »Aparati za spasavanje« i »Tehnika gašenja požara«. U pripremi je standardizovanje ovih proizvoda. — Blüchers Auskunftsbuch f. d. chem. Industrie, Berlin u. Lepizig 1938, de Gruyter, str. 289.

**Zaštita od požara i sredstva za gašenje.** Sagorljive tečnosti mogu se gasiti samo onda sa vodom, ako se mešaju sa njom (aceton, alkohol) ili ako su od nje specifično teže. U svim ostalim slučajevima najbolja su specijalna sredstva za gašenje požara, kao »tetra« (ugljentetrahlorid) ili pena, međutim, i pesak ili sprečavanje dovoda vazduha (pokrivanje posude, pokrivanje čebadi) dovodi do cilja.

Etar, benzin, benzol, toluol i sva ulja lakša od vode ne mogu se gasiti vodom.

---

# XX. Standardizovani trgovački proizvodi i razno

Obradio ing. F. Ludloff, Berlin*

## A. Gvožđe i čelik

### a) Opšte

**Podela čeličnih i valjaoničkih proizvoda[1])**
(Ranije postavio Savez fabrika čelika)

Ukupne čelične i valjaoničke proizvode Savez fabrika čelika deli u dve grupe: Proizvodi A i Proizvodi B.

**Proizvodi A.**

a) Grupa polufabrikati: sirovi i prethodno valjani blokovi i brame, trupčići i ploče (platine), pljosnato gvožđe i gvožđe dobiveno pudlovanjem.

b) Grupa za gornji stroj železnica: železničke šine, kao i šine sa žljebom i ostale šine, železnički pragovi, podvezice i podložne pločice, kukaste ploče, upravljači i t. sl.;

c) Grupa fasonskog čelika: I- i ⊔- čelici 80 mm visine i Zores-čelik.

Primedba. Proizvodi koji imaju drugo ime, ali se izrađuju ili mogu izrađivati na istim valjaoničkim prugama kao i napred pobrojani proizvodi, i po svojoj prirodi pripadaju jednom od gornjih proizvoda, bez obzira da li se radi o već poznatim profilima ili vrstama, ili takvim koji će se tek kasnije uvesti, također su proizvodi A i ulaze u grupu, kojoj pripadaju prema napred izloženom.

**Proizvodi B.**

a) Grupa šipkasto gvožđe: pljosnato gvožđe (širine 8 do 150 mm, debljine 3 do 100 mm) sem trakastog čelika; otsečci traka za cevi i ploče za skretnice; ○-, □-, šestougani - čelik; ostali šipkasti i fasonski čelik, zatim valjani profili, ukoliko takve profile ne valjaju specijalne valjaonice;

b) Grupa limovi: debeli limovi (limovi za rezervoare, konstrukcije, brodogradnju, kotlove, cevi, limovi od tvrdog čelika, koritasti limovi i udubljene ploče, debljine 4,76 mm i više, brazdasti i bradavičasti limovi, kao i limovi sa drugim reljefom valjanja, sa osnovnom debljinom ≧ 3 mm). Srednji limovi (limovi debeli 3 do ispod 4,76 mm). Tanki limovi (limovi svih vrsta, debljie ispod 3 mm);

c) Grupa delova od livenog čelika i kovanih čeličnih delova: železničke osovine, točkovi i bandaže, kovani delovi, delovi od čeličnog liva, čelični valjci i drugi čelični proizvodi, koji nisu naznačeni u nekoj od prednjih grupa;

---

*) U saradnji sa redakcijom.

[1]) Opširan pregled u »Stahl im Hochbau« izdanje VDEh. 10 izdanje, Düsseldorf 1938 — Vidi Odeljak: Eisen und Stahl, str. 820 i dalje.

d) Grupa valjane žice: svi toplovaljani valjaonički proizvodi u kolutima od točenog čelika, u trgovačkom kvalitetu Thomas i Siemens-Martin, kao i u specijalnim kvalitetima;
e) Grupa cevi: bešavne čelične cevi za vodu, paru, gas i vazduh (cevovodi), cevi za građevinske stubove i konstrukcije.

**Oznaka marke:**

Primer 1: Za gvožđe za zakivke prema DIN 1613 sa najmanjom jačinom pri zatezanju od 34 kg/mm²:

St 34 · 13.

Primer 2: Za čelik za poboljšavanje prema DIN 1661 sa srednjom sadržinom ugljenika od 0,35%:

St C 35 · 61.

Objašnjenje: Za oznake materijala služe skraćenice, na pr., za točeni čelik St, čelični liv Stg, liveno gvožđe Ge, temperliv Te itd.

Prva grupa brojeva označava uopšte najmanju jačinu pri zatezanju (Primer 1, $\sigma_B = 34$ kg/mm²). Kod specijalnih i legiranih čelika naznači se sadržina C ili legirajući sastojak. U rrimeru 2, C 35 označava srednju sadržinu C od 0,35%. Kod trgovačkih kvaliteta bez garantije, prva grupa brojeva označi se sa 00.

Druga grupa brojeva. Desetica označava jednu od 10 glavnih grupa (0—9, Tablica 1); primer 1, pokazuje grupu 1: »Točeni čelik, opšti građevinski čelik«. Jedinica označava podgrupu, dakle podgrupu 3: »Gvožđe za zavrtnje, gvožđe za zakivke«. Listovi standarda za čelik i gvožđe imaju brojeve od 1600—1699. Kad se broj 16 stavi pred drugu grupu brojeva, dobije se odgovarajući list standarda. Primer 1: DIN 1613, gvožđe za zaortnje, gvožđe za zakivke.

Podela i oznaka marke prema »Werkstoffnormen für Stahl und Eisen«:

**Tablica 1. Pregled standarda za čelik i gvožđe prema DIN 1600[1])**

| DIN | Naziv i oznaka marke |
|---|---|
| | Grupa 0. Opšte |
| 1600 | Čelik i gvožđe, pregled, oznaka marke. |
| 1602 | Ispitivanje materijala, pojmovi (ispitivanje jačine). |
| 1604 | Ispitivanje materijala, uputstava za ispitivanje mašina i aparata za prijemne probe. |
| 1605 | Ispitivanje materijala, mehaničko ispitivanje metala. List 1, opšte i prijem. List 2, ispitivanje zatezanjem na sobnoj temperaturi. List 3, ispitivanje pritiskom loptičom prema Brinell-u. List 4, ispitivanje previjanjem. |
| 1606 | Točeni čelik kovan ili valjan. objašnjenja za DIN 1611 i 1661. |
| | Grupa 1. Točeni čelik |
| | Opšti građevinski čelik |
| 1611 | Točeni čelik kovan ili valjan, nelegiran, čelik za konstrukciju mašina (St 00 · 11, St 34 · · 11, St 37 · 11, St 42 · 11, St 50 · · 11, St 60 · 11, St 70 · 11). |
| 1612 | Valjani točeni čelik, fasonski čelik, šipkasti čelik, široki pljosnati čelik (St 00 · 12, St 34 · 12, St 37 · 12, St 42 · 12, St 44 · 12). |
| 1613 | Valjani točeni čelik, gvožđe za grube zavrtnje, gvožđe za zakivke (St 34 · 13, St 38 · · 13). |
| Privremeni standard 266 | Izbor materijala, šipke i žice za svetle zavrtnje, navrtke i slične delove (St Az, ST 37 · 12 z, St 42 · 11 z, St C 16 · · 61 z, St C 25 · 61 z, St C 35 · · 61 z, VCN 15 hz, VCN 35 hz). |
| Privr. stand. Kr 550 | Označavanje zavrtnjeva i navrtki od vrlo otpornog čelika (konstrukcija automobila) v. DIN privr. standard Kr 550. |
| | Grupa 2. Točeni čelik. Limovi. Cevi i sl. |
| 1620 | Valjani točeni čelik, čelični lim (gvozdeni limovi), opšte. |
| 1621 | Valjani točeni čelik, čelični lim (gvozdeni limovi), propisi za kvalitet (St 00 · 21, St 37 · 21, St 42 · 21). |

[1]) Vidi str. 1240. Primedba [1]).

## Tabl. 1. Pregled standarda za čelik i gvožđe prema Din 1600

| DIN | Naziv i oznaka marke |
|---|---|
| 1622 | Valjani točeni čelik, čelični lim od 3 do 4,75 mm (srednji lim), tehnički uslovi za isporuke (St 00 · 22, St 00 · 22 S, St 34 · 22 P, St 34 · 22 R, St 37 · · 22, St 37 · 22 S, St 42 · 22, St 50 · 22, St 60 · 22, St 70 · 22). |
| 1623 | Valjani točeni čelik, čelični lim tanji od 3 mm (tanki lim), tehnički uslovi za isporuke (St I 23, St II 23, St III 23, St V 23, St VI 23, St VII 23, St VIII 23 t, St VIII 23 k, St IX 23, St X 23, St 34 · · 23, St 37 · 23, St 42 · 23, St 50 · · 23, St 60 · 23, St 70 · 23). |
| 1638 | Sa preklapanjem zavarene cevi od točenog čelika i fasonski delovi, tehnički uslovi za isporuke (St 34 · 28). |
| 1629 | Bešavne cevi od točenog čelika, tehnički uslovi za isporuke (St 00 · 29, St 35 · 29, St 45 · 29, St 55 · 29, St 65 · 29). |
| | Grupa 3. Točeni čelik. Materijal za železnički gornji stroj |
| 1631 | Šine Vignol i šine sa jezičkom (St 60 · 31) — Sporazumi za isporuke |
| 1632 | Čelični pragovi (St 37 · 32) — Sporazumi za isporuke |
| | Grupa 4. Točeni čelik, Materijali za vozila |
| — | — |
| | Grupa 5. Razno |
| 1659 | Bešavne obložne cevi (cevi za bušenje) za bušenje za naftu po obrtnom (Rotary) postupku. Tehnički uslovi za isporuke (St 55 · 59, St 65 · · 59, St L · 59). |

| DIN | Naziv i oznaka marke |
|---|---|
| | Grupa 6. Točeni čelik. Specijalni celik |
| 1661 | Točeni čelik kovan ili valjan, nelegiran, čelik za cementiranje i termički poboljšan čelik (St C 10 · 61, St C 16 · 61, St C 25 · 61, St C 35 · 61, St C 45 · 61, St C 60 · 61). |
| 1662 | Nikal- i hrom-nikal čelik za mehanički jako napregnute delove. Uz ovo uputstva za termičku obradu, dopunski listovi 1 do 11 (EN 15, ECN 25, ECN 35, ECN 45, VCN 15 w, VCN 15 h, VCN 25 w, VCN 35 w, VCN 35 h, VCN 45). |
| Privremeni standard 1663 | Hrom-čelik, hrom-molibden-čelik. Uz ovo uputstva za termičku obradu. Dopunski listovi 1 do 9 (EC 30, EC 60, EC MO 80, EC MO 100, VC MO 125, VC 135, VC MO 135, VC MO 140, VC MO 240). |
| | Grupa 7. Točeni čelik. Alatni čelik |
| — | — |
| | Grupa 8. Čelični liv |
| 1681 | Čelični liv (Stg 38 · 81, Stg 38 · · 81 R, St 45 · 81, Stg 50 · 81 R, Stg 52 · 81, Stg 60 · 81, Stg 38 · · 81 S, Stg 45 · 81 S, Stg 52 · · 81 S, Stg 38 · 81 D, Stg 45 · · 81 D). |
| | Grupa 9. Liveno gvožđe (takokođe temperliv i sirovo gvožđe) |
| 1691 | Liveno gvožđe (Ge 12 · 91, Ge 14 · 91, Ge 18 · 91, Ge 22 · 91, Ge 26 · 91, Ge 12 · 91 D). |
| 1692 | Temperliv (Te 32 · 92, Te 38 · 92, Te 38 · 92 D, Te 35 · 92, Te 35 · · 92 D). |

**Oznaka za porudžbinu:**

Primer 1: Za gvožđe za zakivke prema DIN 1613 sa prečnikom 22 mm i najmanjom jačinom pri kidanju od 34 kg/mm²:

**1. Gvožđe za zakivke 22 ⌀ St 34 · 13 DIN 1613.**

Primer 2: za žaren čelik za poboljšavanje prema DIN 1661 sa srednjom sadržinom ugljenika od 0,35%:

**Čelik za poboljšavanje St C 35 · 61 DIN 1661 žaren.**

Pri porudžbinama stavlja se ispred oznake marke naziv materijala ili valjanog proizvoda, a iza oznake marke potpun broj DIN. Ako ima više raznih stanja u kojima se materijal isporučuje, onda stanje koje se želi treba naznačiti na kraju u obrascu za porudžbinu (na pr., žareno). Ako se mora označiti postupak izrade, onda treba označiti pojedine čelike neposredno pozadi druge grupe brojevima oznake marke, sledećim slovima: Bessemer — B, Thomas — Th, Martin — M, Tigl — T,

elektročelik — E. Oznake za žaren, u elektropeći izrađen čelik za poboljšanje prema DIN 1661 sa srednjim sadržajem ugljenika od 0,35%:

**Čelik za poboljšavanje St 85 · 61 E DIN 1661 žaren.**

Za sirove blokove i izlivene brame nije predviđena nikakva oznaka marke.

**Uslovi za isporuke**, svojstva materijala, ispitivanje i prijem, otstupanja od dimenzija i težine v. u odnosnim listovima standarda, a takođe u Stoffhütte, II izd., str. 252 i dalje, 282 i dalje, vrednosti jačine v. takođe na str. 920 i dalje. Normalni uslovi za isporuku građevinskih objekata od čelika nalaze se u DIN 1000[1]), delimično u Stoffhütte, 2 izd., str. 313 i dalje.

## b) Trgovački proizvodi od točenog čelika

(Cevi pod C)

**Program valjanja**: Uvek se ne mogu dobiti sve standardizovane debljine limova, profili itd. Zbog toga treba nabaviti programe valjanja koji važe u to vreme. Priručnik DIN 9 sadrži, na pr., program valjanja za normalne profile (izvori za nabavke normalnih profila, sastavljeni prema podacima Saveza čeličana i prema podacmia fabrika koje je imenovao Savez čeličana).

Savez čeličana, Düsseldorf, izdao je: profile fasonskog gvožđa (izdanje 1927 sa dodatkom 1930), sadrži I-, ⊏ - gvožđe i gvožđe za oblaganje; lake šine (izdanje 1929), sadrži šine, podvezice za šine, pragove; teške šine (izdanje 1930); šine sa žljebom (izdanje 1929), sadrži šine sa žljebom, specijalne šine sa žljebom, pljosnate šine, podvezice za šine itd.; podložne ploče (izdanje 1930), sadrži ploče s nosem i rebraste ploče za drvene i čelične pragove.

**1. Šipkasti čelici. Fasonski čelici** [$d$ = debljina, prečnik, otvor ključa (mm), $b$ = širina (mm), $l$ = dužina (mm), $W$ = materijal, $Wb$ = materijal koji treba naznačiti pri porudžbini, $St$ = čelik, $Tč$ = točeni čelik (nemački *Flst* = Flussstahl)].

**Pljosnati čelik** valjan, privremeni standard DIN 1017; $Wb$: $Tč$ prema DIN 1611 B ili 1612 $b \cdot d = 10 \cdot 5$ do $150 \cdot 60$; $l = 3$ do 12;
vučen, DIN 174; $Wb$: $Tč$; $b \cdot d = 4 \cdot 2$ do $100 \cdot 25$; $l$ do 7.

**Široki pljosnati čelik** valjan, privremeni standard DIN WAN 501; $W$ : St 37 · 12. $b \cdot d = 160 \cdot 5$ do $1000 \cdot 15$; $l = 3$ do 12.
Težina pljosnatih čelika v. tabl. 2, str. 1244.

**Okrugli čelik** valjan, privremeni standard DIN 1013; $Wb$: $Tč$ prema DIN 1611 B ili 1612; $d = 5$ do 250; $l$ nije manje od 3, do 12, 10, 8, 6, 5 u zavisnosti od $d$;
valjan za armiran beton, DIN 488; $W$ prema zvaničnim odredbama; $d = 5$ do 50; $l = 13$ do 15; vučen ili brušen, DIN 660 i 671; $Wb$: $Tč$; $d = 1$ do 60; $l = 2$ do 4;
svetlo vučen ili na strugu obrađen, DIN 668; $Wb$: $Tč$, za zavrtnje i slično prema privremenom standardu DIN 266; $d = 1$ do 100; $l$ do 7.
Precizni okrugli valjani čelik, DIN 175, svetlo vučen ili poliran; $W$: alatni liveni čelik sa najmanje 1,1% C, najviše 0,05% S i P; $d = 0{,}5$ do 30; $l$ do 2.

**Čelične osovine** vučene ili na strugu obrađene, izravnate i polirane, DIN 669; $Wb$ : $Tč$; $d = 6$ do 160; $l = 5$ do 7.

**Kvadratni čelik** valjan, privremeni standard DIN 1014; $Wb$: $Tč$ prema DIN 1611 B ili 1612; $d = 5$ do 250; $l$ nije ispod 3 do 12, 10, 8, 6, 5 u zavisnosti od $d$.

**Četvorougaoni čelik** svetlo vučen, DIN 178; $Wb$: $Tč$; $d = 3$ do 80; $l$ do 7.

**Šestougaoni čelik** valjan, privremeni standard DIN 1015: $Wb$: $Tč$ prema Din 1611 B ili 1612; $d = 5$ do 100; $l$ prema sporazumu; svetlo vučen, DIN 176:, $Wb$ : $Tč$; $d = 4$ do 80; $l$ do 7.
Težine kvadratnog, četvorougaonog, okruglog i šestougaonog čelika v. tabl. 3, str. 1247.

[1]) Propisao Savez udruženja nemačkih arhitekta i inženjera VDI, VDEh, i Nemački savez za čelične konstrukcije.

## Tablica 2. Težina traka i pljosnatih

Spec. težina $s$ u kg/dm³ = 7,85. Za druge metale treba tablične vrednosti pomnožiti sa brojem $n$, koji je za:
Aluminijum ($s = 2{,}7$) $n = 0{,}344$, legura aluminijuma ($s = 2{,}8$) $n = 0{,}357$,

| Debljina mm | Širina u mm | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 18 | 20 | 22 | 23 | 25 | 26 | 28 |
| 1 | 0,0785 | 0,0942 | 0,102 | 0,110 | 0,118 | 0,126 | 0,141 | 0,157 | 0,173 | 0,181 | 0,196 | 0,204 | 0,220 |
| 1,5 | 0,118 | 0,141 | 0,153 | 0,165 | 0,177 | 0,188 | 0,212 | 0,236 | 0,259 | 0,271 | 0,294 | 0,306 | 0,330 |
| 2 | 0,157 | 0,188 | 0,204 | 0,220 | 0,236 | 0,251 | 0,283 | 0,314 | 0,345 | 0,361 | 0,393 | 0,408 | 0,440 |
| 2,5 | 0,196 | 0,236 | 0,255 | 0,275 | 0,294 | 0,314 | 0,353 | 0,393 | 0,432 | 0,451 | 0,491 | 0,510 | 0,550 |
| 3 | 0,236 | 0,283 | 0,306 | 0,330 | 0,353 | 0,377 | 0,424 | 0,471 | 0,518 | 0,542 | 0,589 | 0,612 | 0,659 |
| 3,5 | 0,275 | 0,330 | 0,357 | 0,385 | 0,412 | 0,440 | 0,495 | 0,550 | 0,604 | 0,632 | 0,687 | 0,714 | 0,769 |
| 4 | 0,314 | 0,377 | 0,408 | 0,440 | 0,471 | 0,502 | 0,565 | 0,628 | 0,691 | 0,722 | 0,785 | 0,816 | 0,879 |
| 4,5 | 0,353 | 0,424 | 0,459 | 0,495 | 0,530 | 0,565 | 0,636 | 0,706 | 0,777 | 0,812 | 0,883 | 0,918 | 0,989 |
| 5 | 0,393 | 0,471 | 0,510 | 0,550 | 0,589 | 0,628 | 0,706 | 0,785 | 0,864 | 0,903 | 0,981 | 1,02 | 1,10 |
| 5,5 | 0,432 | 0,518 | 0,561 | 0,604 | 0,648 | 0,691 | 0,777 | 0,864 | 0,950 | 0,993 | 1,08 | 1,12 | 1,21 |
| 6 | 0,471 | 0,565 | 0,612 | 0,659 | 0,706 | 0,754 | 0,848 | 0,942 | 1,04 | 1,08 | 1,18 | 1,22 | 1,32 |
| 6,5 | 0,510 | 0,612 | 0,663 | 0,714 | 0,765 | 0,816 | 0,919 | 1,02 | 1,12 | 1,17 | 1,28 | 1,33 | 1,43 |
| 7 | 0,550 | 0,659 | 0,714 | 0,769 | 0,824 | 0,879 | 0,989 | 1,10 | 1,21 | 1,26 | 1,37 | 1,43 | 1,54 |
| 7,5 | 0,588 | 0,706 | 0,765 | 0,824 | 0,883 | 0,942 | 1,06 | 1,18 | 1,30 | 1,35 | 1,47 | 1,53 | 1,65 |
| 8 | 0,628 | 0,754 | 0,816 | 0,879 | 0,942 | 1,01 | 1,13 | 1,26 | 1,38 | 1,44 | 1,57 | 1,63 | 1,76 |
| 8,5 | 0,667 | 0,801 | 0,867 | 0,934 | 1,00 | 1,07 | 1,20 | 1,33 | 1,47 | 1,53 | 1,67 | 1,71 | 1,87 |
| 9 | 0,706 | 0,848 | 0,918 | 0,989 | 1,06 | 1,13 | 1,27 | 1,41 | 1,55 | 1,62 | 1,77 | 1,84 | 1,98 |
| 9,5 | 0,746 | 0,895 | 0,969 | 1,04 | 1,12 | 1,19 | 1,34 | 1,49 | 1,64 | 1,72 | 1,86 | 1,94 | 2,09 |
| 10 | 0,785 | 0,942 | 1,02 | 1,10 | 1,18 | 1,26 | 1,41 | 1,57 | 1,73 | 1,81 | 1,96 | 2,04 | 2,20 |
| 11 | 0,864 | 1,04 | 1,12 | 1,21 | 1,30 | 1,38 | 1,55 | 1,73 | 1,90 | 1,99 | 2,16 | 2,25 | 2,42 |
| 12 | 0,942 | 1,13 | 1,22 | 1,32 | 1,41 | 1,51 | 1,70 | 1,88 | 2,07 | 2,17 | 2,36 | 2,45 | 2,64 |
| 13 | 1,02 | 1,22 | 1,33 | 1,43 | 1,53 | 1,63 | 1,84 | 2,04 | 2,25 | 2,35 | 2,55 | 2,65 | 2,86 |
| 14 | 1,10 | 1,32 | 1,43 | 1,54 | 1,65 | 1,76 | 1,98 | 2,20 | 2,42 | 2,53 | 2,75 | 2,86 | 3,08 |
| 15 | 1,18 | 1,41 | 1,53 | 1,65 | 1,77 | 1,88 | 2,12 | 2,36 | 2,59 | 2,71 | 2,94 | 3,06 | 3,30 |
| 16 | 1,26 | 1,51 | 1,63 | 1,76 | 1,88 | 2,01 | 2,26 | 2,51 | 2,76 | 2,89 | 3,14 | 3,27 | 3,52 |
| 17 | 1,33 | 1,60 | 1,73 | 1,87 | 2,00 | 2,14 | 2,40 | 2,67 | 2,94 | 3,07 | 3,34 | 3,42 | 3,74 |
| 18 | 1,41 | 1,70 | 1,84 | 1,98 | 2,12 | 2,26 | 2,54 | 2,83 | 3,11 | 3,25 | 3,53 | 3,67 | 3,96 |
| 19 | 1,49 | 1,79 | 1,94 | 2,09 | 2,24 | 2,39 | 2,68 | 2,98 | 3,28 | 3,43 | 3,73 | 3,88 | 4,18 |
| 20 | 1,57 | 1,88 | 2,04 | 2,20 | 2,36 | 2,51 | 2,83 | 3,14 | 3,45 | 3,61 | 3 93 | 4,08 | 4,40 |
| 21 | 1,65 | 1,98 | 2,14 | 2,31 | 2,47 | 2,64 | 2,97 | 3,30 | 3,63 | 3,79 | 4,12 | 4,29 | 4,62 |
| 22 | 1,73 | 2 07 | 2,25 | 2,42 | 2,59 | 2,76 | 3,11 | 3,45 | 3,80 | 3,97 | 4,32 | 4,49 | 4,84 |
| 23 | 1,81 | 2,17 | 2,35 | 2,53 | 2,71 | 2,89 | 3,25 | 3,61 | 3,97 | 4,15 | 4,51 | 4,69 | 5,06 |
| 24 | 1,88 | 2,26 | 2,45 | 2,63 | 2,83 | 3,01 | 3,39 | 3,77 | 4,14 | 4,33 | 4,71 | 4,90 | 5,28 |
| 25 | 1,96 | 2,36 | 2,55 | 2,75 | 2,94 | 3,14 | 3,53 | 3,93 | 4,32 | 4,51 | 4,91 | 5,10 | 5,50 |
| 26 | 2,04 | 2,45 | 2,65 | 2,86 | 3,06 | 3,27 | 3,67 | 4,08 | 4,49 | 4,69 | 5,10 | 5,31 | 5,71 |
| 27 | 2,12 | 2,54 | 2,76 | 2,97 | 3,18 | 3,39 | 3,82 | 4,24 | 4,66 | 4,87 | 5,30 | 5,51 | 5,93 |
| 28 | 2,20 | 2,64 | 2,86 | 3,08 | 3,30 | 3,52 | 3,96 | 4,40 | 4,84 | 5,06 | 5,50 | 5,71 | 6,15 |
| 29 | 2,28 | 2,73 | 2,96 | 3,19 | 3,41 | 3,64 | 4,10 | 4,55 | 5,00 | 5,24 | 5,69 | 5,92 | 6,37 |
| 30 | 2,36 | 2,83 | 3,06 | 3,30 | 3,53 | 3,77 | 4,24 | 4,71 | 5,18 | 5,42 | 5,89 | 6,12 | 6,59 |
| 31 | 2,43 | 2,92 | 3,16 | 3,41 | 3,65 | 3,89 | 4,38 | 4,87 | 5,35 | 5,60 | 6,08 | 6,33 | 6,81 |
| 32 | 2,51 | 3,01 | 3,27 | 3,52 | 3,77 | 4,02 | 4,52 | 5,02 | 5,53 | 5,78 | 6,28 | 6,53 | 7,03 |
| 33 | 2,59 | 3,11 | 3,37 | 3,63 | 3,89 | 4,14 | 4,66 | 5,18 | 5,70 | 5,96 | 6,48 | 6,74 | 7,25 |
| 34 | 2,67 | 3,20 | 3,47 | 3,74 | 4,00 | 4,27 | 4,80 | 5,34 | 5,87 | 6,13 | 6,67 | 6,94 | 7,47 |
| 35 | 2,75 | 3,30 | 3,57 | 3,85 | 4,12 | 4,40 | 4,95 | 5,50 | 6,04 | 6,32 | 6,87 | 7,14 | 7,69 |
| 36 | 2,83 | 3,39 | 3,67 | 3,96 | 4,24 | 4,52 | 5,09 | 5,65 | 6,22 | 6,50 | 7,06 | 7,35 | 7,91 |
| 37 | 2,90 | 3,49 | 3,78 | 4,07 | 4,36 | 4,65 | 5,23 | 5,81 | 6,39 | 6,68 | 7,26 | 7,55 | 8,13 |
| 38 | 2,98 | 3,58 | 3,88 | 4,18 | 4,47 | 4,77 | 5,37 | 5,97 | 6,56 | 6,86 | 7,46 | 7,76 | 8,35 |
| 39 | 3,06 | 3,67 | 3,98 | 4,29 | 4,59 | 4,90 | 5,51 | 6,12 | 6,74 | 7,04 | 7,65 | 7,96 | 8,57 |
| 40 | 3,14 | 3,77 | 4,08 | 4,40 | 4,71 | 5,02 | 5,65 | 6,28 | 6,91 | 7,22 | 7,85 | 8,16 | 8,79 |

Težina traka koje nisu sadržane u tablici dobiju se kad se širina

## šipki od točenog čelika u kg/m

bakar ($s = 8{,}9$) $n = 1{,}234$, bronza ($s = 8{,}6$,) $n = 1{,}096$, mesing ($s = 8{,}5$) $n = 1{,}083$, legura magnezijuma ($s = 1{,}82$) $n = 0{,}232$, cink ($s = 7{,}2$) $n = 0{,}917$, olovo ($s = 11{,}34$) $n = 1{,}445$

| Širina u mm | | | | | | | | | | | | | Debljina mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 32 | 35 | 38 | 40 | 42 | 45 | 48 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | |
| 0,236 | 0,251 | 0,275 | 0,298 | 0,314 | 0,330 | 0,353 | 0,377 | 0,392 | 0,432 | 0,471 | 0,510 | 0,549 | 1 |
| 0,353 | 0,377 | 0,412 | 0,447 | 0,471 | 0,494 | 0,530 | 0,542 | 0,589 | 0,648 | 0,706 | 0,765 | 0,824 | 1 5 |
| 0,471 | 0,502 | 0,550 | 0,597 | 0,628 | 0,659 | 0,706 | 0,754 | 0,785 | 0 864 | 0,942 | 1,02 | 1,10 | 2 |
| 0,589 | 0,628 | 0,687 | 0,746 | 0,785 | 0,824 | 0,883 | 0,942 | 0,981 | 1,08 | 1,18 | 1,28 | 1,37 | 2,5 |
| 0,707 | 0,754 | 0,824 | 0,895 | 0,942 | 0,989 | 1,06 | 1,13 | 1,18 | 1,30 | 1,41 | 1,53 | 1,65 | 3 |
| 0,824 | 0,879 | 0,962 | 0,989 | 1,10 | 1,15 | 1,24 | 1,32 | 1,37 | 1,51 | 1,65 | 1,79 | 1,92 | 3,5 |
| 0,942 | 1,00 | 1,10 | 1,19 | 1,26 | 1,32 | 1,41 | 1,51 | 1,57 | 1,73 | 1,88 | 2,04 | 2,20 | 4 |
| 1,06 | 1,13 | 1,24 | 1,34 | 1,41 | 1,48 | 1,59 | 1,70 | 1,77 | 1,94 | 2·12 | 2,30 | 2,47 | 4 5 |
| 1,18 | 1,26 | 1,37 | 1,49 | 1,57 | 1,65 | 1,77 | 1,88 | 1,96 | 2,16 | 2·36 | 2,55 | 2,75 | 5 |
| 1,30 | 1,38 | 1,51 | 1,64 | 1,73 | 1,81 | 1,94 | 2,07 | 2,16 | 2,37 | 2·59 | 2,81 | 3,02 | 5,5 |
| 1,41 | 1,51 | 1,65 | 1,79 | 1,88 | 1,98 | 2,12 | 2,26 | 2,36 | 2,59 | 2,83 | 3,06 | 3,30 | 6 |
| 1,53 | 1,63 | 1,79 | 1,94 | 2 04 | 2,14 | 2,30 | 2,45 | 2,55 | 2,81 | 3,06 | 3,32 | 3,57 | 6,5 |
| 1,65 | 1,76 | 1,92 | 2,09 | 2,20 | 2,31 | 2,47 | 2,64 | 2,75 | 3,02 | 3,30 | 3,57 | 3,85 | 7 |
| 1,77 | 1,88 | 2,06 | 2,24 | 2,36 | 2,47 | 2,65 | 2,83 | 2,94 | 3,24 | 3,53 | 3,83 | 4,12 | 7,5 |
| 1,88 | 2,01 | 2,20 | 2,39 | 2,51 | 2,64 | 2,83 | 3,01 | 3,14 | 3,45 | 3,77 | 4,08 | 4,40 | 8 |
| 2,00 | 2,14 | 2,34 | 2,54 | 2,67 | 2,80 | 3,00 | 3,20 | 3,34 | 3,67 | 4,00 | 4,34 | 4,67 | 8,5 |
| 2,12 | 2 26 | 2,47 | 2,68 | 2,83 | 2,97 | 3,18 | 3,39 | 3,53 | 3,89 | 4,24 | 4,59 | 4,95 | 9 |
| 2,24 | 2,39 | 2,61 | 2,83 | 2,93 | 3,13 | 3,36 | 3,58 | 3,73 | 4,10 | 4,47 | 4,85 | 5,22 | 9 5 |
| 2,36 | 2,51 | 2,75 | 2,98 | 3,14 | 3,30 | 3,53 | 3,77 | 3,92 | 4 32 | 4,71 | 5,10 | 5,50 | 10 |
| 2,59 | 2,76 | 3,02 | 3,28 | 3,45 | 3,63 | 3,89 | 4,14 | 4,32 | 4,75 | 5,18 | 5,61 | 6,04 | 11 |
| 2,83 | 3,01 | 3,30 | 3,58 | 3,77 | 3,96 | 4,24 | 4,52 | 4,71 | 5,18 | 5.65 | 6,12 | 6,59 | 12 |
| 3,06 | 3,27 | 3,57 | 3,88 | 4,08 | 4,29 | 4,59 | 4,90 | 5,10 | 5,61 | 6,12 | 6,63 | 7,14 | 13 |
| 3,30 | 3,52 | 3,85 | 4,18 | 4,40 | 4,62 | 4,95 | 5,28 | 5,50 | 6,04 | 6,59 | 7,14 | 7,69 | 14 |
| 3,53 | 3,77 | 4,12 | 4,47 | 4,71 | 4,95 | 5,30 | 5,65 | 5,89 | 6,48 | 7,06 | 7,65 | 8,24 | 15 |
| 3,77 | 4,02 | 4,40 | 4,77 | 5,02 | 5,28 | 5,65 | 6,03 | 6,28 | 6,91 | 7,54 | 8,16 | 8,79 | 16 |
| 4,00 | 4,27 | 4,67 | 5,07 | 5,34 | 5,60 | 6,01 | 6,41 | 6,67 | 7,34 | 8,01 | 8,67 | 9,34 | 17 |
| 4,24 | 4,52 | 4,95 | 5,37 | 5,65 | 5,94 | 6,36 | 6,78 | 7,06 | 7,77 | 8,48 | 9,19 | 9,89 | 18 |
| 4,47 | 4,77 | 5,22 | 5,67 | 5,97 | 6,26 | 6,71 | 7,16 | 7,46 | 8,20 | 8,95 | 9,69 | 10,4 | 19 |
| 4,71 | 5,02 | 5,50 | 5,97 | 6,28 | 6 59 | 7,06 | 7,54 | 7,85 | 8,64 | 9,42 | 10,2 | 11,0 | 20 |
| 4,95 | 5,28 | 5,77 | 6,26 | 6,59 | 6,92 | 7,42 | 7,91 | 8,24 | 9,07 | 9,89 | 10,7 | 11,5 | 21 |
| 5,18 | 5,53 | 6,04 | 6,56 | 6,91 | 7,25 | 7,77 | 8,29 | 8,64 | 9,50 | 10,4 | 11,2 | 12,1 | 22 |
| 5,42 | 5,78 | 6,32 | 6,86 | 7,22 | 7,58 | 8,12 | 8,67 | 9,03 | 9,93 | 10,8 | 11,7 | 12,6 | 23 |
| 5,65 | 6,03 | 6,59 | 7,16 | 7,54 | 7,91 | 8,48 | 9,04 | 9,42 | 10,4 | 11,3 | 12,2 | 13.2 | 24 |
| 5,89 | 6,28 | 6,87 | 7,46 | 7,85 | 8,24 | 8,83 | 9,42 | 9,81 | 10,8 | 11,8 | 12,8 | 13,7 | 25 |
| 6,12 | 6,53 | 7,14 | 7,76 | 8,16 | 8,57 | 9,18 | 9,80 | 10,2 | 11,2 | 12,2 | 13,3 | 14,3 | 26 |
| 6,36 | 6,78 | 7,42 | 8,05 | 8,48 | 8,90 | 9 54 | 10,2 | 10,6 | 11,7 | 12,7 | 13,8 | 14,8 | 27 |
| 6,59 | 7,03 | 7,69 | 8,35 | 8,79 | 9,23 | 9.89 | 10,6 | 11,0 | 12,1 | 13,2 | 14,3 | 15,4 | 28 |
| 6,83 | 7,28 | 7,97 | 8,65 | 9,11 | 9,56 | 10,2 | 10,9 | 11,4 | 12,5 | 13,7 | 14.8 | 15,9 | 29 |
| 7,06 | 7,54 | 8,24 | 8,95 | 9,42 | 9,89 | 10,6 | 11,3 | 11,8 | 13,0 | 14,1 | 15,3 | 16,5 | 30 |
| 7,30 | 7,79 | 8,52 | 9,25 | 9,73 | 10,2 | 11,0 | 11,7 | 12,2 | 13,4 | 14,6 | 15,8 | 17,0 | 31 |
| 7,54 | 8,04 | 8,79 | 9,55 | 10,0 | 10,6 | 11,3 | 12,1 | 12,6 | 13,8 | 15,1 | 16,3 | 17,6 | 32 |
| 7,77 | 8,29 | 9,07 | 9,84 | 10,4 | 10,9 | 11,7 | 12,4 | 13,0 | 14,2 | 15,5 | 16,8 | 18,1 | 33 |
| 8,01 | 8,54 | 9,34 | 10,1 | 10,7 | 11,2 | 12,0 | 12,8 | 13,3 | 14,7 | 16,0 | 17,3 | 18,7 | 34 |
| 8,24 | 8,79 | 9,62 | 10,4 | 11,0 | 11,5 | 12,4 | 13,2 | 13,7 | 15,1 | 16,5 | 17,9 | 19,2 | 35 |
| 8,48 | 9,04 | 9,89 | 10,7 | 11,3 | 11,9 | 12,7 | 13,6 | 14,1 | 15,5 | 17,0 | 18,4 | 19,8 | 36 |
| 8,71 | 9,29 | 10,2 | 11,0 | 11,6 | 12,2 | 13,1 | 13,9 | 14,5 | 16,0 | 17,4 | 18,9 | 20,3 | 37 |
| 8,95 | 9,55 | 10,4 | 11,3 | 11,9 | 12,5 | 13.4 | 14.3 | 14,9 | 16,4 | 17.9 | 19.4 | 20,9 | 38 |
| 9,18 | 9,80 | 10,7 | 11,6 | 12,2 | 12,9 | 13.8 | 14,7 | 15,3 | 16,8 | 18.4 | 19.9 | 21,4 | 39 |
| 9,42 | 10,0 | 11,0 | 11,9 | 12,6 | 13,2 | 14,1 | 15,1 | 15,7 | 17,3 | 18,8 | 20,4 | 22,0 | 40 |

ili debljina pomnoži sa pogodnim brojem $z$, na pr., 2, $^1/_2$, 10, $^1/_{10}$, pa tako dobivene dimenzije potraže u tablici i nađena težina podeli sa brojem $z$.

## Tablica 2. Težina traka i pljosnatih šipki od točenog čelika u kg/m

(nastavak)

Voditi računa o primedbama na prethodnim dvema stranama

| Debljina mm | Širina u mm | | | | | | | | | | | | | | Debljina mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 115 | 125 | 135 | 145 | 150 | 170 | 175 | |
| 1 | 0,589 | 0,628 | 0,667 | 0,706 | 0,746 | 0,785 | 0,824 | 0,903 | 0,981 | 1,06 | 1,14 | 1,18 | 1,33 | 1,37 | 1 |
| 1,5 | 0,883 | 0,942 | 1,00 | 1,06 | 1,12 | 1,18 | 1,24 | 1,35 | 1,47 | 1,59 | 1,71 | 1,77 | 2,00 | 2,06 | 1,5 |
| 2 | 1,18 | 1,26 | 1,33 | 1,41 | 1,49 | 1,57 | 1,65 | 1,81 | 1,96 | 2,12 | 2,28 | 2,36 | 2,67 | 2,75 | 2 |
| 2.5 | 1,47 | 1,57 | 1,67 | 1,77 | 1,86 | 1,96 | 2,06 | 2,26 | 2,45 | 2,65 | 2 85 | 2,94 | 3,24 | 3,43 | 2.5 |
| 3 | 1,77 | 1,88 | 2,00 | 2,12 | 2,24 | 2,36 | 2,47 | 2,71 | 2,94 | 3,18 | 3,42 | 3,53 | 4,00 | 4,12 | 3 |
| 3,5 | 2,06 | 2,20 | 2,33 | 2,47 | 2,61 | 2,75 | 2,88 | 3,16 | 3.43 | 3,71 | 3,98 | 4,12 | 4,67 | 4,81 | 3.5 |
| 4 | 2,36 | 2,51 | 2.67 | 2,83 | 2,98 | 3,14 | 3,30 | 3,61 | 3,92 | 4,24 | 4,55 | 4,71 | 5,34 | 5,50 | 4 |
| 4,5 | 2,65 | 2,83 | 3,00 | 3,18 | 3,36 | 3,53 | 3,76 | 4,06 | 4,41 | 4,77 | 5,12 | 5,30 | 6,00 | 6,18 | 4,5 |
| 5 | 2,94 | 3,14 | 3.34 | 3 53 | 3,73 | 3,93 | 4,12 | 4,51 | 4,91 | 5,30 | 5,69 | 5,89 | 6,67 | 6,87 | 5 |
| 5,5 | 3,24 | 3,45 | 3,67 | 3,89 | 4,10 | 4,32 | 4,53 | 4,96 | 5,40 | 5,83 | 6,26 | 6,48 | 7,34 | 7,56 | 5,5 |
| 6 | 3,53 | 3,77 | 4,00 | 4,24 | 4,47 | 4,71 | 4,95 | 5,42 | 5,89 | 6,36 | 6,83 | 7,06 | 8,01 | 8,24 | 6 |
| 6,5 | 3,83 | 4,08 | 4,34 | 4,59 | 4,85 | 5,10 | 5.36 | 5,87 | 6,38 | 6.89 | 7,40 | 7,65 | 8 67 | 8,93 | 6,5 |
| 7 | 4,12 | 4,40 | 4,67 | 4,95 | 5,22 | 5,50 | 5,77 | 6,32 | 6 87 | 7,42 | 7,97 | 8,24 | 9,34 | 9,62 | 7 |
| 7,5 | 4,42 | 4,71 | 5,00 | 5,30 | 5,59 | 5,88 | 6,18 | 6,77 | 7,36 | 7,95 | 8,54 | 8,83 | 10,0 | 10,3 | 7,5 |
| 8 | 4,71 | 5,02 | 5,34 | 5,65 | 5,97 | 6,28 | 6,59 | 7,22 | 7,85 | 8,48 | 9,11 | 9,42 | 10,7 | 11,0 | 8 |
| 8,5 | 5,00 | 5,34 | 5,67 | 6,01 | 6,34 | 6,67 | 7,00 | 7,67 | 8,34 | 9,01 | 9.68 | 10,0 | 11,3 | 11,7 | 8,5 |
| 9 | 5,30 | 5,65 | 6,00 | 6 36 | 6,71 | 7,06 | 7,42 | 8,12 | 8,83 | 9,54 | 10,2 | 10,6 | 12,0 | 12,4 | 9 |
| 9,5 | 5,59 | 5,97 | 6,34 | 6,71 | 7,08 | 7,46 | 7,83 | 8,58 | 9,32 | 10,0 | 10,8 | 11,2 | 12,7 | 13,1 | 9,5 |
| 10 | 5,89 | 6,28 | 6,67 | 7,06 | 7,46 | 7,85 | 8,24 | 9,03 | 9,81 | 10,6 | 11,4 | 11,8 | 13,3 | 13,7 | 10 |
| 11 | 6,48 | 6,91 | 7,34 | 7,77 | 8,20 | 8,64 | 9,07 | 9,93 | 10,8 | 11,7 | 12,5 | 13,0 | 14,7 | 15,1 | 11 |
| 12 | 7,06 | 7,54 | 8,01 | 8,48 | 8,95 | 9,42 | 9,89 | 10,8 | 11,8 | 12,7 | 13,7 | 14,1 | 16,0 | 16,5 | 12 |
| 13 | 7,65 | 8,16 | 8,67 | 9,18 | 9,69 | 10,2 | 10,7 | 11,7 | 12,8 | 13,8 | 14,8 | 15,3 | 17,3 | 17,9 | 13 |
| 14 | 8,24 | 8,79 | 9,34 | 9,89 | 10,4 | 11,0 | 11,5 | 12,6 | 13,7 | 14,8 | 15,9 | 16,5 | 18,7 | 19,2 | 14 |
| 15 | 8,83 | 9,42 | 10,0 | 10,6 | 11,2 | 11,8 | 12,4 | 13,5 | 14,7 | 15,9 | 17,1 | 17,7 | 20,0 | 20,6 | 15 |
| 16 | 9,42 | 10,1 | 10,7 | 11,3 | 11,9 | 12,6 | 13,2 | 14,4 | 15,7 | 17,0 | 18,2 | 18,8 | 21,4 | 22,0 | 16 |
| 17 | 10,0 | 10,7 | 11,3 | 12,0 | 12,7 | 13,3 | 14.0 | 15,3 | 16,7 | 18,0 | 19,4 | 20,0 | 22,7 | 23,4 | 17 |
| 18 | 10,6 | 11,3 | 12,0 | 12,7 | 13,4 | 14,1 | 14,8 | 16,2 | 17,7 | 19,1 | 20,5 | 21,2 | 24,0 | 24,7 | 18 |
| 19 | 11,2 | 11,9 | 12,7 | 13,4 | 14,2 | 14,9 | 15,7 | 17,2 | 18,6 | 20,1 | 21,6 | 22,4 | 25,4 | 26,1 | 19 |
| 20 | 11,8 | 12,6 | 13,3 | 14,1 | 14,9 | 15,7 | 16,5 | 18,1 | 19,6 | 21,2 | 22,8 | 23,6 | 26,7 | 27,5 | 20 |
| 21 | 12,4 | 13,2 | 14,0 | 14,8 | 15,7 | 16,5 | 17,3 | 19,0 | 20,6 | 22,3 | 23,9 | 24,7 | 28,0 | 28,8 | 21 |
| 22 | 13,0 | 13,8 | 14,7 | 15,5 | 16,4 | 17,3 | 18,1 | 19,9 | 21,6 | 23,3 | 25,0 | 25,9 | 29,4 | 30,2 | 22 |
| 23 | 13 5 | 14,4 | 15,3 | 16,2 | 17,2 | 18,1 | 19,0 | 20,8 | 22,6 | 24,4 | 26,2 | 27,1 | 30,7 | 31,6 | 23 |
| 24 | 14,1 | 15,1 | 16,0 | 17,0 | 17,9 | 18,8 | 19,8 | 21,7 | 23,6 | 25,4 | 27,3 | 28,3 | 32,0 | 33,0 | 24 |
| 25 | 14,7 | 15,7 | 16,7 | 17,7 | 18,6 | 19,6 | 20,6 | 22,6 | 24,5 | 26,5 | 28,5 | 29,4 | 33,4 | 34,3 | 25 |
| 26 | 15,3 | 16,3 | 17,3 | 18,4 | 19,4 | 20,4 | 21,4 | 23,5 | 25,5 | 27,6 | 29,6 | 30,6 | 34,7 | 35,7 | 26 |
| 27 | 15,9 | 17,0 | 18,0 | 19,1 | 20,1 | 21,2 | 22,3 | 24,4 | 26,5 | 28,6 | 30,7 | 31,8 | 36,0 | 37,1 | 27 |
| 28 | 16,5 | 17,6 | 18,7 | 19,8 | 20,9 | 22,0 | 23,1 | 25,3 | 27,5 | 29,7 | 31,9 | 33,0 | 37,4 | 38,5 | 28 |
| 29 | 17,1 | 18,2 | 19,4 | 20,5 | 21,6 | 22,8 | 23,9 | 26,2 | 28,5 | 30,7 | 33,0 | 34,1 | 38,7 | 39,8 | 29 |
| 30 | 17,7 | 18,8 | 20,0 | 21,2 | 22,4 | 23,6 | 24,7 | 27,1 | 29,4 | 31,8 | 34,2 | 35,3 | 40.0 | 41,2 | 30 |
| 31 | 18,3 | 19,5 | 20,7 | 21,9 | 23,1 | 24,3 | 25,6 | 28,0 | 30,4 | 32,9 | 35,3 | 36,5 | 41,4 | 42,6 | 31 |
| 32 | 18,8 | 20,1 | 21,4 | 22,6 | 23,9 | 25,1 | 26,4 | 28.9 | 31,4 | 33,9 | 36,4 | 37,7 | 42,7 | 44,0 | 32 |
| 33 | 19,4 | 20,7 | 22,0 | 23,3 | 24,6 | 25,9 | 27,2 | 29,8 | 32,4 | 35,0 | 37,6 | 38,9 | 44.0 | 45,3 | 33 |
| 34 | 20,0 | 21,4 | 22,7 | 24,0 | 25,4 | 26,7 | 28,0 | 30,7 | 33,4 | 36,0 | 38.7 | 40,0 | 45,4 | 46,7 | 34 |
| 35 | 20,6 | 22.0 | 23,4 | 24,7 | 26,1 | 27,5 | 28,8 | 31,6 | 34,3 | 37,1 | 39,8 | 41.2 | 46,7 | 48,1 | 35 |
| 36 | 21,2 | 22,6 | 24,0 | 25,4 | 26,8 | 28,3 | 29,7 | 32,5 | 35,3 | 38,2 | 41,0 | 42,4 | 48,0 | 49,5 | 36 |
| 37 | 21,8 | 23,2 | 24,7 | 26,1 | 27,6 | 29,0 | 30,5 | 33,4 | 36,3 | 39,2 | 42,1 | 43 6 | 49,4 | 50,8 | 37 |
| 38 | 22,4 | 23,9 | 25,4 | 26,8 | 28,3 | 29,8 | 31,3 | 34,3 | 37,3 | 40,3 | 43,3 | 44,7 | 50,7 | 52,2 | 38 |
| 39 | 23,0 | 24,5 | 26,0 | 27.6 | 29,1 | 30,6 | 32.1 | 35,2 | 38,3 | 41,3 | 44,4 | 45,9 | 52,0 | 53,6 | 39 |
| 40 | 23,6 | 25,1 | 26,7 | 28,3 | 29,8 | 31,4 | 33,0 | 36,1 | 39,2 | 42,4 | 45,5 | 47,1 | 53,4 | 55,0 | 40 |

Težina limova od točenog čelika u kg/m² dobiju se iz kolone »100« kad se tablična vrednost pomnoži sa 10.

**Klinasti čelik** vučen, DIN 497, 498, 500. **Suplji pljosnati čelik** DIN 499.
**Trapezni čelik** sirov, DIN 460. **Čelici za dleta** DIN 767. **Čelici za sečenje**, okrugli, kvadratni, četvorougaoni, DIN 770.
**Čelik za opruge** ravan, DIN Kr W 420 i DIN Kr 4151, rebrast, DIN 1570.
**Fasonski čelik za zglobove** DIN 1581.
Zatim poluokrugli čelik, čelik sa dve grbe (Hespenstahl), čelik za rešetke vatrišta, čelik viljuškastog oblika, gvožđe za potkovice, gvožđe za eksere, gvožđe za lance, automatni čelik, čelik za hladno i toplo presovanje navrtki itd.
**Specijalni čelici za beton**, razne vrste: čelik Oberhütten, Peiner, čelik krstastog profila (Drillwulststahl), čelik Röchling - Nocken, Krup-Isteg-čelik od dve okrugle čelične šipke iste debljine uvijena jedna oko druge; $d = 5$ do 20.

## Tablica 3

### Težine kvadratnog, okruglog i šestougaonog čelika u kg/dm³

Specifična težina $s$ točenog čelika u kg/dm³ = 7,85

| d mm | □ | ○ | ⬡ | d mm | □ | ○ | ⬡ | d mm | □ | ○ | ⬡ | d mm | □ | ○ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0078 | 0,0062 | 0,0068 | 26 | 5,31 | 4,17 | 4,60 | 65 | 33,2 | 26,0 | 28,7 | 105 | 86,5 | 68,0 |
| 2 | 0,0314 | 0 0247 | 0,0272 | 27 | 5,72 | 4,50 | 4,96 | 68 | 36,3 | 28,5 | 31,4 | 110 | 95,0 | 74,6 |
| 3 | 0,0706 | 0,0555 | 0,0612 | 28 | 6,15 | 4,83 | 5,33 | 70 | 38,5 | 30,2 | 33,3 | 115 | 104 | 81,5 |
| 4 | 0 126 | 0,0987 | 0,109 | 29 | 6,60 | 5,19 | 5,72 | 73 | 41,8 | 32,9 | 36,2 | 120 | 113 | 88,8 |
| 5 | 0,196 | 0,154 | 0,170 | 30 | 7,06 | 5,55 | 6,12 | 75 | 44,2 | 34,7 | 38,2 | 125 | 123 | 96,3 |
| 6 | 0,283 | 0,222 | 0,245 | 32 | 8,04 | 6,31 | 6,96 | 78 | 47,8 | 37,5 | 41,4 | 130 | 133 | 104 |
| 7 | 0,385 | 0,302 | 0,333 | 33 | 8,55 | 6,71 | 7,40 | 80 | 50,2 | 39,5 | 43,5 | 135 | 143 | 112 |
| 8 | 0,502 | 0,395 | 0,435 | 34 | 9,07 | 7,13 | 7,86 | 83 | 54,1 | 42,5 | 46,8 | 140 | 154 | 121 |
| 9 | 0,636 | 0,499 | 0,551 | 35 | 9,62 | 7,55 | 8,33 | 85 | 56,7 | 44,5 | 49,1 | 145 | 165 | 130 |
| 10 | 0,785 | 0,617 | 0,680 | 36 | 10,2 | 7,99 | 8,81 | 90 | 63,6 | 49,9 | 55,1 | 150 | 177 | 139 |
| 11 | 0,950 | 0,746 | 0,823 | 38 | 11,3 | 8,90 | 9,82 | 95 | 70,8 | 55,6 | 61,4 | 155 | 189 | 148 |
| 12 | 1,13 | 0,888 | 0,979 | 40 | 12,6 | 9,87 | 10,9 | 100 | 78,5 | 61,7 | 68,0 | 160 | 201 | 158 |
| 13 | 1,33 | 1,04 | 1,15 | 41 | 13,2 | 10,4 | 11,4 | | | | | 165 | 214 | 168 |
| 14 | 1,54 | 1,21 | 1.33 | 42 | 13,8 | 10,9 | 12,0 | | | | | 170 | 227 | 178 |
| 15 | 1,77 | 1,39 | 1,53 | 43 | 14,5 | 11,4 | 12,6 | | | | | 175 | 240 | 189 |
| 16 | 2,01 | 1,58 | 1,74 | 44 | 15,2 | 11,9 | 13,2 | | | | | 180 | 254 | 200 |
| 17 | 2,27 | 1,78 | 1,96 | 45 | 15,9 | 12,5 | 13,8 | | | | | 185 | 269 | 211 |
| 18 | 2.54 | 2,00 | 2.20 | 46 | 16,6 | 13,0 | 14,4 | | | | | 190 | 283 | 223 |
| 19 | 2,83 | 2,23 | 2 45 | 48 | 18,1 | 14,2 | 15,7 | | | | | 195 | 298 | 234 |
| 20 | 3,14 | 2,47 | 2,72 | 50 | 19,6 | 15,4 | 17,0 | | | | | 200 | 314 | 247 |
| 21 | 3,46 | 2.72 | 3,00 | 53 | 22,1 | 17,3 | 19,1 | | | | | 210 | 346 | 272 |
| 22 | 3.80 | 2,98 | 3,29 | 55 | 23,7 | 18,7 | 20,6 | | | | | 220 | 380 | 298 |
| 23 | 4.15 | 3,26 | 3,60 | 58 | 26,4 | 20,7 | 22,9 | | | | | 230 | 415 | 326 |
| 24 | 4,52 | 3 55 | 3 92 | 60 | 28,3 | 22,2 | 24,5 | | | | | 240 | 452 | 355 |
| 25 | 4,91 | 3,85 | 4.25 | 63 | 31,2 | 24,5 | 27,0 | | | | | 250 | 491 | 385 |

Površina poprečnog preseka

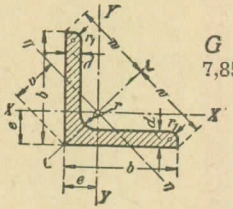
Prečnik opisanog kruga $D$, prečnik upisanog kruga $d$

$$F = \begin{cases} \text{Kvadrat} & \text{Krug} & \text{Šestougaonik} \\ 0{,}5\ D^2 & 0{,}7854\ D^2 & 0{,}6495\ D^2 \\ d^2 & 0{,}7854\ d^2 & 0{,}8660\ d^2. \end{cases}$$

Za druge metale, specifične težine $s$ u kg/dm³, treba tablične vrednosti pomnožiti sa brojem $z$. Taj broj iznosi za:

| Čelik za zavariv. | Aluminium | Legura Al | Legura Mg | Bakar | Bronza | Mesing | Cink | Olovo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $s$=7,8 | 2,7 | 2,8 | 1,82 | 8,9 | 8,6 | 8,5 | 7,2 | 11,34 |
| $z$=0,994 | 0,344 | 0,357 | 0,232 | 0,134 | 1,096 | 1,083 | 0,917 | 1,445 |

## Nemački normalni profili za valjani čelik [1])



Primedba: U tablicama označene težine $G$ u kg/m važe za točeni čelik (specifična težina 7,85 kg/dm³).

### Tablica 4

### Ravnokraki ⌊ - čelik prema DIN 1028

$J$ — Moment inercije
$W$ — Otporni moment
$i$ — Poluprečnik inercije
} u odnosu na odgovarajuću osu

$r_1 = r/2$, (zaokrugljeno na pola mm)
Osa $\xi-\xi$ je simetrala ugla.

| Oznaka ⌊ $b \cdot b \cdot d$ | $r$ | Površ. preseka $F$ | Težina $G$ | Otstojanja od osa | | | Za osu $X-X=Y-Y$ | | | Za osu $\xi-\xi$ | | Za osu $\eta-\eta$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $e$ | $w$ | $v$ | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_\xi$ | $i_\xi$ | $J_\eta$ | $W_\eta$ | $i_\eta$ |
| mm | mm | cm² | kg/m | cm | cm | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm | cm⁴ | cm³ | cm |
| 15.15. 3 | 3,5 | 0,82 | 0,64 | 0,48 | 1,06 | 0,67 | 0,15 | 0,15 | 0,43 | 0,24 | 0,54 | 0,06 | 0,09 | 0,27 |
| 15.15. 4 | | 1,05 | 0,82 | 0,51 | | 0,73 | 0,19 | 0,19 | 0,42 | 0,29 | 0,53 | 0,08 | 0,11 | 0,28 |
| 20.20. 3 | 3,5 | 1,12 | 0,88 | 0,60 | 1,41 | 0,85 | 0,39 | 0,28 | 0,59 | 0,62 | 0,74 | 0,15 | 0,18 | 0,37 |
| 20.20. 4 | | 1,45 | 1,14 | 0,64 | | 0,90 | 0,48 | 0,35 | 0,58 | 0,77 | 0,73 | 0,19 | 0,21 | 0,36 |
| 25.25. 3 | 3,5 | 1,42 | 1,12 | 0,73 | 1,77 | 1,03 | 0,79 | 0,45 | 0,75 | 1,27 | 0,95 | 0,31 | 0,30 | 0,47 |
| 25.25. 4 | | 1,85 | 1,45 | 0,76 | | 1,08 | 1,01 | 0,58 | 0,74 | 1,61 | 0,93 | 0,40 | 0,37 | 0,47 |
| 25.25. 5 | | 2,26 | 1,77 | 0,80 | | 1,13 | 1,18 | 0,69 | 0,72 | 1,87 | 0,91 | 0,50 | 0,44 | 0,47 |
| 30.30. 3 | 5 | 1,74 | 1,36 | 0,84 | 2,12 | 1,18 | 1,41 | 0,65 | 0,90 | 2,24 | 1,14 | 0,57 | 0,48 | 0,57 |
| 30.30. 4 | | 2,27 | 1,78 | 0,89 | | 1,24 | 1,81 | 0,86 | 0,89 | 2,85 | 1,12 | 0,76 | 0,61 | 0,58 |
| 30.30. 5 | | 2,78 | 2,18 | 0,92 | | 1,30 | 2,16 | 1,04 | 0,88 | 3,41 | 1,11 | 0,91 | 0,70 | 0,57 |
| 35.35. 4 | 5 | 2,67 | 2,10 | 1,00 | 2,47 | 1,41 | 2,96 | 1,18 | 1,05 | 4,68 | 1,33 | 1,24 | 0,88 | 0,68 |
| 35.35. 6 | | 3,87 | 3,04 | 1,08 | | 1,53 | 4,14 | 1,71 | 1,04 | 6,50 | 1,30 | 1,77 | 1,16 | 0,68 |
| 40.40. 4 | 6 | 3,08 | 2,42 | 1,12 | 2,83 | 1,58 | 4,48 | 1,56 | 1,21 | 7,09 | 1,52 | 1,86 | 1,18 | 0,78 |
| 40.40. 5 | | 3,79 | 2,97 | 1,16 | | 1,64 | 5,43 | 1,91 | 1,20 | 8,64 | 1,51 | 2,22 | 1,35 | 0,77 |
| 40.40. 6 | | 4,48 | 3,52 | 1,20 | | 1,70 | 6,33 | 2,26 | 1,19 | 9,98 | 1,49 | 2,67 | 1,57 | 0,77 |
| 45.45. 5 | 7 | 4,30 | 3,38 | 1,28 | 3,18 | 1,81 | 7,83 | 2,43 | 1,35 | 12,4 | 1,70 | 3,25 | 1,80 | 0,87 |
| 45.45. 7 | | 5,86 | 4,60 | 1,36 | | 1,92 | 10,4 | 3,31 | 1,33 | 16,4 | 1,67 | 4,39 | 2,29 | 0,87 |
| 50.50. 5 | 7 | 4,80 | 3,77 | 1,40 | 3,54 | 1,98 | 11,0 | 3,05 | 1,51 | 17,4 | 1,90 | 4,59 | 2,32 | 0,98 |
| 50.50. 6 | | 5,69 | 4,47 | 1,45 | | 2,04 | 12,8 | 3,61 | 1,50 | 20,4 | 1,89 | 5,24 | 2,57 | 0,96 |
| 50.50. 7 | | 6,56 | 5,15 | 1,49 | | 2,11 | 14,6 | 4,15 | 1,49 | 23,1 | 1,88 | 6,02 | 2,85 | 0,96 |
| 50.50. 9 | | 8,24 | 6,47 | 1,56 | | 2,21 | 17,9 | 5,20 | 1,47 | 28,1 | 1,85 | 7,67 | 3,47 | 0,97 |
| 55.55. 6 | 8 | 6,31 | 4,95 | 1,56 | 3,89 | 2,21 | 17,3 | 4,40 | 1,66 | 27,4 | 2,08 | 7,24 | 3,28 | 1,07 |
| 55.55. 8 | | 8,23 | 6,46 | 1,64 | | 2,32 | 22,1 | 5,72 | 1,64 | 34,8 | 2,06 | 9,35 | 4,03 | 1,07 |
| 55.55.10 | | 10,1 | 7,90 | 1,72 | | 2,43 | 26,3 | 6,97 | 1,62 | 41,4 | 2,02 | 11,3 | 4,65 | 1,06 |
| 60.60. 6 | 8 | 6,91 | 5,42 | 1,69 | 4,24 | 2,39 | 22,8 | 5,29 | 1,82 | 36,1 | 2,29 | 9,43 | 3,95 | 1,17 |
| 60.60. 8 | | 9,03 | 7,09 | 1,77 | | 2,50 | 29,1 | 6,88 | 1,80 | 46,1 | 2,26 | 12,1 | 4,84 | 1,16 |
| 60.60.10 | | 11,1 | 8,69 | 1,85 | | 2,62 | 34,9 | 8,41 | 1,78 | 55,1 | 2,23 | 14,6 | 5,57 | 1,15 |
| 65 65. 7 | 9 | 8,70 | 6,83 | 1,85 | 4,60 | 2,62 | 33,4 | 7,18 | 1,96 | 53,0 | 2,47 | 13,8 | 5,27 | 1,26 |
| 65.65. 9 | | 11,0 | 8,62 | 1,93 | | 2,73 | 41,3 | 9,01 | 1,94 | 65,4 | 2,44 | 17,2 | 6,30 | 1,25 |
| 65.65.11 | | 13,2 | 10,3 | 2,00 | | 2,83 | 48,8 | 10,8 | 1,91 | 76,8 | 2,42 | 20,7 | 7,31 | 1,25 |

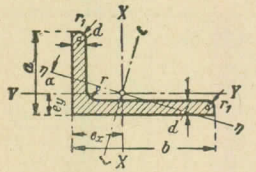
Položaj ose zakivaka v. DIN 997, otstojanja zakivaka v. DIN 999, v. i III knj., odeljak: Mostogradnja.

[1]) Dopune za listove standarda i druge nestandardizovane valjane profile v. u »Stahl im Hochbau«, 10. izd., Düsseldorf 1938.

**Tablica 4. Ravnokraki ⌊ - čelik prema DIN 1028 (nastavak)**

| Oznaka ⌊ $b \cdot b \cdot d$ | $r$ | Povr. preseka $F$ | Težina $G$ | Otstojanja od osa | | | $X-X=Y-Y$ | | | Za osu $\xi-\xi$ | | $\eta-\eta$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $e$ | $w$ | $v$ | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_\xi$ | $i_\xi$ | $J_\eta$ | $W_\eta$ | $i_\eta$ |
| mm | mm | cm² | kg/m | cm | cm | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm | cm⁴ | cm³ | cm |
| 70. 70. 7 | 9 | 9,40 | 7,38 | 1,97 | 4,95 | 2,79 | 42,4 | 8,43 | 2,12 | 67,1 | 2,67 | 17,6 | 6,31 | 1,37 |
| 70. 70. 9 | | 11,9 | 9,34 | 2,05 | | 2,90 | 52,6 | 10,6 | 2,10 | 83,1 | 2,64 | 22,0 | 7,59 | 1,36 |
| 70. 70.11 | | 14,3 | 11,2 | 2,13 | | 3,01 | 61,8 | 12,7 | 2,08 | 97,6 | 2,61 | 26,0 | 8,64 | 1,35 |
| 75. 75. 7 | 10 | 10,1 | 7,94 | 2,09 | 5,30 | 2,95 | 52,4 | 9,67 | 2,28 | 83,6 | 2,88 | 21,1 | 7,15 | 1,45 |
| 75. 75. 8 | | 11,5 | 9,03 | 2.13 | | 3,01 | 58,9 | 11,0 | 2.26 | 93,3 | 2,85 | 24,4 | 8,11 | 1,46 |
| 75. 75.10 | | 14,1 | 11,1 | 2,21 | | 3,12 | 71,4 | 13,5 | 2,25 | 113 | 2,83 | 29,8 | 9,55 | 1,45 |
| 75. 75.12 | | 16,7 | 13,1 | 2,29 | | 3,24 | 82,4 | 15,8 | 2,22 | 130 | 2,79 | 34,7 | 10,7 | 1,44 |
| 80. 80. 8 | 10 | 12,3 | 9,66 | 2,26 | 5,66 | 3,20 | 72,3 | 12,6 | 2,42 | 115 | 3,06 | 29,6 | 9,25 | 1,55 |
| 80. 80.10 | | 15,1 | 11,9 | 2,34 | | 3,31 | 87,5 | 15,5 | 2,41 | 139 | 3,03 | 35,9 | 10,9 | 1,54 |
| 80. 80.12 | | 17,9 | 14,1 | 2,41 | | 3,41 | 102 | 18,2 | 2,39 | 161 | 3,00 | 43,0 | 12,6 | 1,53 |
| 80. 80.14 | | 20,6 | 16,1 | 2,48 | | 3,51 | 115 | 20,8 | 2,36 | 181 | 2,96 | 48,6 | 13,9 | 1,54 |
| 90. 90. 9 | 11 | 15,5 | 12,2 | 2,54 | 6,36 | 3,59 | 116 | 18,0 | 2,74 | 184 | 3,45 | 47,8 | 13,3 | 1,76 |
| 90. 90.11 | | 18,7 | 14,7 | 2,62 | | 3,70 | 138 | 21,6 | 2,72 | 218 | 3,41 | 57,1 | 15,4 | 1,75 |
| 90. 90.13 | | 21,8 | 17,1 | 2,70 | | 3,81 | 158 | 25,1 | 2,69 | 250 | 3,39 | 65,9 | 17,3 | 1,74 |
| 90. 90.16 | | 26,4 | 20,7 | 2,81 | | 3,97 | 186 | 30,1 | 2,66 | 294 | 3,34 | 79,1 | 19,9 | 1,73 |
| 100.100.10 | 12 | 19,2 | 15,1 | 2,82 | 7,07 | 3,99 | 177 | 24,7 | 3,04 | 280 | 3,82 | 73,3 | 18,4 | 1,95 |
| 100.100.12 | | 22,7 | 17,8 | 2,90 | | 4,10 | 207 | 29,2 | 3.02 | 328 | 3,80 | 86,2 | 21,0 | 1,95 |
| 100.100.14 | | 26,2 | 20,6 | 2,98 | | 4,21 | 235 | 33,5 | 3,00 | 372 | 3,77 | 98,3 | 23,4 | 1,94 |
| 100.100.20 | | 36,2 | 28,4 | 3,20 | | 4,54 | 311 | 45,8 | 2,93 | 488 | 3,67 | 134 | 29,5 | 1,93 |
| 110.110.10 | 12 | 21,2 | 16,6 | 3,07 | 7,78 | 4,34 | 239 | 30,1 | 3,36 | 379 | 4,23 | 98,6 | 22,7 | 2,16 |
| 110.110.12 | | 25,1 | 19,7 | 3,15 | | 4,45 | 280 | 35,7 | 3,34 | 444 | 4,21 | 116 | 26,1 | 2,15 |
| 110.110 14 | | 29,0 | 22,8 | 3,21 | | 4,54 | 319 | 41,0 | 3,32 | 505 | 4,18 | 133 | 29,3 | 2,14 |
| 120.120.11 | 13 | 25,4 | 19,9 | 3,36 | 8,49 | 4,75 | 341 | 39,5 | 3,66 | 541 | 4,62 | 140 | 29,5 | 2,35 |
| 120.120.13 | | 29,7 | 23,3 | 3,44 | | 4,86 | 394 | 46.0 | 3,64 | 625 | 4,59 | 162 | 33,3 | 2,34 |
| 120.120.15 | | 33,9 | 26,6 | 3.51 | | 4,96 | 446 | 52,5 | 3,63 | 705 | 4,56 | 186 | 37,5 | 2,34 |
| 120.120.20 | | 44,2 | 34,7 | 3,70 | | 5,24 | 562 | 67,7 | 3,57 | 887 | 4,48 | 236 | 45,0 | 2,31 |
| 130.130.12 | 14 | 30,0 | 23,6 | 3,64 | 9,19 | 5,15 | 472 | 50,4 | 3,97 | 750 | 5,00 | 194 | 37,7 | 2,54 |
| 130.130.14 | | 34,7 | 27,2 | 3,72 | | 5,26 | 540 | 58,2 | 3,94 | 857 | 4,97 | 223 | 42,4 | 2.53 |
| 130.130.16 | | 39,3 | 30,9 | 3.80 | | 5,37 | 605 | 65,8 | 3,92 | 959 | 4,94 | 251 | 46,7 | 2,52 |
| 140.140.13 | 15 | 35,0 | 27,5 | 3,92 | 9,90 | 5,54 | 638 | 63,3 | 4,27 | 1010 | 5,38 | 262 | 47,3 | 2,74 |
| 140.140.15 | | 40,0 | 31,4 | 4,00 | | 5,66 | 723 | 72,3 | 4,25 | 1150 | 5,36 | 298 | 52,7 | 2,73 |
| 140.140.17 | | 45,0 | 35,3 | 4,08 | | 5,77 | 805 | 81,2 | 4,23 | 1280 | 5,33 | 334 | 57,9 | 2,72 |
| 150.150.14 | 16 | 40,3 | 31,6 | 4,21 | 10,6 | 5,95 | 845 | 78,2 | 4,58 | 1340 | 5,77 | 347 | 58.3 | 2,94 |
| 150.150.16 | | 45,7 | 35,9 | 4,29 | | 6,07 | 949 | 88,7 | 4,56 | 1510 | 5,74 | 391 | 64,4 | 2,93 |
| 150.150.18 | | 51,0 | 40,1 | 4,36 | | 6,17 | 1050 | 99,3 | 4,54 | 1670 | 5,70 | 438 | 71,0 | 2,93 |
| 160.160.15 | 17 | 46,1 | 36,2 | 4,49 | 11,3 | 6,35 | 1100 | 95,6 | 4,88 | 1750 | 6,15 | 453 | 71,3 | 3,14 |
| 160.160.17 | | 51,8 | 40,7 | 4,57 | | 6,46 | 1230 | 108 | 4,86 | 1950 | 6.13 | 506 | 78,3 | 3,13 |
| 160.160.19 | | 57,5 | 45,1 | 4,65 | | 6,58 | 1350 | 118 | 4,84 | 2140 | 6,10 | 558 | 84,8 | 3,12 |
| 180.180.16 | 18 | 55,4 | 43,5 | 5,02 | 12,7 | 7,11 | 1680 | 130 | 5,51 | 2690 | 6,96 | 679 | 95,5 | 3,50 |
| 180.180.18 | | 61,9 | 48,6 | 5,10 | | 7,22 | 1870 | 145 | 5,49 | 2970 | 6,93 | 757 | 105 | 3,49 |
| 180.180.20 | | 68,4 | 53,7 | 5,18 | | 7,33 | 2040 | 160 | 5,47 | 3260 | 6,90 | 830 | 113 | 3,49 |
| 200.200.16 | 18 | 61,8 | 48,5 | 5,52 | 14,1 | 7,80 | 2340 | 162 | 6,15 | 3740 | 7,78 | 943 | 121 | 3,91 |
| 200.200.18 | | 69,1 | 54,3 | 5,60 | | 7,92 | 2600 | 181 | 6,13 | 4150 | 7,75 | 1050 | 133 | 3,90 |
| 200.200.20 | | 76,4 | 59,9 | 5,68 | | 8,04 | 2850 | 199 | 6,11 | 4540 | 7,72 | 1160 | 144 | 3,89 |

## Tablica 5. Raznokraki ⌊ - čelik (prema DIN 1029)




$J$ — Moment inercije
$W$ — Otporni moment
$i$ — Polupreč nik inercije
} u odnosu na odgovarajuću osu

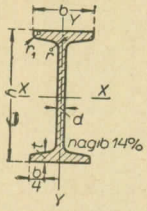
$r_1 = r/2$ (zaokrugljeno na polovine, odnosno na cele mm)

Položaj osa zakivaka v. DIN 997, otstojanje zakivaka v. DIN 999, list 1 do 3, v i III knj., odeljak: Mostogradnja.

| Oznaka ⌊ $a \cdot b \cdot d$ | $r$ | Površ. preseka $F$ | Težina $G$ | Otstojanja od osa $e_x$ | $e_y$ | Položaj ose $\eta$—$\eta$ | Za osu $X$—$X$ $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | Za osu $Y$—$Y$ $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ | Za osu $\xi$—$\xi$ $J_\xi$ | $i_\xi$ | Za osu $\eta$—$\eta$ $J_\eta$ | $i_\eta$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mm | mm | cm² | kg/m | mm | mm | tg α | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm | cm⁴ | cm |
| 20 . 30 . 3 | 3,5 | 1,42 | 1,11 | 0,99 | 0,50 | 0,431 | 1,25 | 0,62 | 0,94 | 0,44 | 0,29 | 0,56 | 1,43 | 1.00 | 0,25 | 0,42 |
| 20 . 30 . 4 | | 1,85 | 1,45 | 1,03 | 0,54 | 0,423 | 1,59 | 0,81 | 0,93 | 0,55 | 0,38 | 0,55 | 1,81 | 0,99 | 0,33 | 0,42 |
| 20 . 30 . 5 | | 2,26 | 1,77 | 1,07 | 0,58 | 0,412 | 1,90 | 0,99 | 0,92 | 0,66 | 0,46 | 0,54 | 2,15 | 0,98 | 0,40 | 0,42 |
| 20 . 40 . 3 | 3,5 | 1,72 | 1,35 | 1,43 | 0,44 | 0,259 | 2,79 | 1,08 | 1,27 | 0,47 | 0,30 | 0,52 | 2,96 | 1,31 | 0,30 | 0,42 |
| 20 . 40 . 4 | | 2,25 | 1,77 | 1,47 | 0,48 | 0,252 | 3,59 | 1,42 | 1,26 | 0,60 | 0,39 | 0,52 | 3,79 | 1,30 | 0,39 | 0,42 |
| 30 . 45 . 3 | 4,5 | 2,19 | 1,72 | 1,43 | 0,70 | 0,441 | 4,48 | 1,46 | 1,43 | 1,60 | 0,70 | 0,86 | 5,17 | 1,54 | 0,91 | 0,64 |
| 30 . 45 . 4 | | 2,87 | 2,25 | 1,48 | 0,74 | 0,436 | 5,78 | 1,91 | 1,42 | 2,05 | 0,91 | 0,85 | 6,65 | 1,52 | 1,18 | 0,64 |
| 30 . 45 . 5 | | 3,53 | 2,77 | 1,52 | 0,78 | 0,430 | 6,99 | 2,35 | 1,41 | 2,47 | 1,11 | 0,84 | 8,02 | 1,51 | 1,44 | 0,64 |
| 30 . 60 . 5 | 6 | 4,29 | 3,37 | 2,15 | 0,68 | 0,256 | 15,6 | 4,04 | 1,90 | 2,60 | 1,12 | 0,78 | 16,5 | 1,96 | 1,69 | 0,63 |
| 30 . 60 . 7 | | 5.85 | 4,59 | 2,24 | 0,76 | 0,248 | 20,7 | 5,50 | 1,88 | 3,41 | 1,52 | 0,76 | 21,8 | 1,93 | 2,28 | 0,62 |
| 40 . 50 . 3 | 4 | 2,63 | 2,06 | 1,48 | 0,99 | 0,632 | 6,58 | 1,87 | 1,58 | 3,76 | 1,25 | 1,20 | 8,46 | 1,79 | 1,89 | 0,85 |
| 40 . 50 . 4 | | 3,46 | 2,71 | 1,52 | 1,03 | 0,629 | 8,54 | 2,47 | 1,57 | 4,86 | 1,64 | 1,19 | 10,9 | 1,78 | 2,46 | 0,84 |
| 40 . 50 . 5 | | 4,27 | 3,35 | 1,56 | 1,07 | 0,625 | 10,4 | 3,02 | 1,56 | 5,89 | 2,01 | 1,18 | 13,3 | 1,76 | 3,02 | 0,84 |
| 40 . 60 . 5 | 6 | 4,79 | 3,76 | 1,96 | 0,97 | 0,437 | 17,2 | 4,25 | 1,89 | 6,11 | 2,02 | 1,13 | 19,8 | 2,03 | 3,50 | 0,86 |
| 40 . 60 . 6 | | 5,68 | 4,46 | 2,00 | 1,01 | 0,433 | 20,1 | 5,03 | 1,88 | 7,12 | 2,38 | 1,12 | 23,1 | 2,02 | 4,12 | 0,85 |
| 40 . 60 . 7 | | 6,55 | 5,14 | 2,04 | 1,05 | 0,429 | 23,0 | 5,79 | 1,87 | 8,07 | 2,74 | 1,11 | 26,3 | 2,00 | 4,73 | 0,85 |
| 40 . 80 . 4 | 7 | 4,69 | 3,68 | 2,76 | 0,80 | 0,265 | 31,1 | 5,93 | 2,57 | 5,32 | 1,66 | 1,07 | 33,0 | 2,65 | 3,38 | 0,85 |
| 40 . 80 . 6 | | 6,89 | 5,41 | 2,85 | 0,88 | 0,259 | 44,9 | 8,73 | 2,55 | 7,59 | 2,44 | 1,05 | 47,6 | 2,63 | 4,90 | 0,84 |
| 40 . 80 . 8 | | 9,01 | 7,07 | 2,94 | 0,95 | 0,253 | 57,6 | 11,4 | 2,53 | 9,68 | 3,18 | 1,04 | 60,9 | 2,60 | 6,41 | 0,84 |
| 50 . 65 . 5 | 6,5 | 5,54 | 4,35 | 1,99 | 1,25 | 0,583 | 23,1 | 5,11 | 2,04 | 11,9 | 3,18 | 1,47 | 28,8 | 2,28 | 6,21 | 1,06 |
| 50 . 65 . 7 | | 7,60 | 5,97 | 2,07 | 1,33 | 0,574 | 31,0 | 6,99 | 2,02 | 15,8 | 4,31 | 1,44 | 38,4 | 2,25 | 8,37 | 1,05 |
| 50 . 65 . 9 | | 9,58 | 7,52 | 2,15 | 1,41 | 0,567 | 38,2 | 8,77 | 2,00 | 19,4 | 5,39 | 1,42 | 47,0 | 2,22 | 10,5 | 1,05 |
| 50 . 100 . 6 | 9 | 8,73 | 6,85 | 3,49 | 1,04 | 0,263 | 89,7 | 13,8 | 3,20 | 15,3 | 3,86 | 1,32 | 95,2 | 3,30 | 9,78 | 1,06 |
| 50 . 100 . 8 | | 11,5 | 8,99 | 3,59 | 1,13 | 0,258 | 116 | 18,0 | 3,18 | 19,5 | 5,04 | 1,31 | 123 | 3,28 | 12,6 | 1,05 |
| 50 . 100 . 10 | | 14,1 | 11,1 | 3,67 | 1,20 | 0,252 | 141 | 22,2 | 3,16 | 23,4 | 6,17 | 1,29 | 149 | 3,25 | 15,5 | 1,04 |
| 55 . 75 . 5 | 7 | 6.30 | 4,95 | 2,31 | 1,33 | 0,530 | 35,5 | 6,84 | 2,37 | 16,2 | 3,89 | 1,60 | 43,1 | 2,61 | 8,68 | 1,17 |
| 55 . 75 . 7 | | 8,66 | 6,80 | 2,40 | 1,41 | 0,525 | 47,9 | 9,39 | 2,35 | 21,8 | 5,32 | 1,59 | 57,9 | 2,59 | 11,8 | 1,17 |
| 55 . 75 . 9 | | 10,9 | 8,59 | 2,47 | 1,48 | 0,518 | 59,4 | 11,8 | 2,33 | 26,8 | 6,66 | 1,57 | 71,3 | 2,55 | 14,8 | 1,16 |
| 60 . 90 . 6 | 7 | 8,69 | 6,82 | 2,89 | 1,41 | 0,442 | 71,7 | 11,7 | 2,87 | 25,8 | 5,61 | 1,72 | 82,8 | 3,09 | 14,6 | 1,30 |
| 60 . 90 . 8 | | 11,4 | 8,96 | 2,97 | 1,49 | 0,437 | 92,5 | 15,4 | 2,85 | 33,0 | 7,31 | 1,70 | 107 | 3,06 | 19,0 | 1,29 |
| 60 . 90 . 10 | | 14,1 | 11,0 | 3,05 | 1,56 | 0,431 | 112 | 18,8 | 2,82 | 39,6 | 8,92 | 1,68 | 129 | 3,02 | 23,1 | 1,28 |
| 65 . 75 . 6 | 8 | 8,11 | 6,37 | 2,19 | 1,70 | 0,740 | 44,0 | 8,30 | 2,33 | 30,7 | 6,39 | 1,94 | 60,2 | 2,73 | 14,4 | 1,34 |
| 65 . 75 . 8 | | 10,6 | 8,31 | 2,28 | 1,78 | 0,736 | 56,7 | 10,9 | 2,31 | 39,4 | 8.34 | 1,92 | 77,3 | 2,70 | 18,8 | 1,33 |
| 65 . 75 . 10 | | 13,1 | 10,3 | 2,35 | 1,86 | 0,732 | 68,4 | 13,3 | 2,29 | 47,3 | 10,2 | 1,90 | 92,7 | 2,66 | 23,0 | 1,33 |
| 65 . 80 . 6 | 8 | 8.41 | 6,60 | 2,39 | 1,65 | 0,649 | 52,8 | 9,41 | 2,51 | 31,2 | 6,44 | 1,93 | 68,5 | 2,85 | 15,6 | 1 36 |
| 65 . 80 . 8 | | 11,0 | 8,66 | 2,47 | 1,73 | 0,645 | 68,1 | 12,3 | 2,49 | 40,1 | 8,41 | 1,91 | 88,0 | 2,82 | 20,3 | 1,36 |
| 65 . 80 . 10 | | 13,6 | 10,7 | 2,55 | 1,81 | 0,640 | 82,2 | 15,1 | 2,46 | 48.3 | 10,3 | 1,89 | 106 | 2,79 | 24,8 | 1,35 |
| 65 . 80 . 12 | | 16,0 | 12,6 | 2,63 | 1,88 | 0,634 | 95,4 | 17,8 | 2,44 | 55,8 | 12,1 | 1,87 | 122 | 2,76 | 29,2 | 1,35 |
| 65 . 100 . 7 | 10 | 11,2 | 8,77 | 3,23 | 1,51 | 0,419 | 113 | 16,6 | 3,17 | 37,6 | 7,54 | 1,84 | 128 | 3,39 | 21,6 | 1,39 |
| 65 . 100 . 9 | | 14,2 | 11,1 | 3,32 | 1,59 | 0,415 | 141 | 21,0 | 3,15 | 46,7 | 9,52 | 1,82 | 160 | 3,36 | 27,2 | 1,39 |
| 65 . 100 . 11 | | 17,1 | 13,4 | 3,40 | 1,67 | 0,410 | 167 | 25,3 | 3,13 | 55,1 | 11,4 | 1,80 | 190 | 3,34 | 32,6 | 1,38 |

## Tablica 5. Raznokraki L-čelik (prema DIN 1029) (nastavak)

| Oznaka L a · b · d | r | Površina pres. F | Tež. G | Odstojanja od osa $e_x$ | $e_y$ | Položaj osе η—η | Za osu X—X | | | Y—Y | | | ξ—ξ | | η—η | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ | $J_\xi$ | $i_\xi$ | $J_\eta$ | $i_\eta$ |
| mm | mm | cm² | kg/m | cm | cm | tg α | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm | cm⁴ | cm |
| 65 . 115 . 6 | 8 | 10,5 | 8,25 | 3,85 | 1,38 | 0,327 | 145 | 18,9 | 3,71 | 34,4 | 6.71 | 1,81 | 158 | 3,88 | 21,1 | 1,42 |
| 65 . 115 . 8 | | 13,8 | 10,9 | 3,94 | 1,46 | 0,324 | 188 | 24,8 | 3,69 | 44,2 | 8,78 | 1,79 | 205 | 3,85 | 27,4 | 1,41 |
| 65 . 111 . 10 | | 17,1 | 13,4 | 4,02 | 1,54 | 0,321 | 229 | 30,6 | 3,66 | 53,3 | 10,8 | 1,77 | 249 | 3,82 | 33,2 | 1,40 |
| 65 . 130 . 8 | 11 | 15,1 | 11,9 | 4,56 | 1,37 | 0,263 | 263 | 31,1 | 4,17 | 44,8 | 8,72 | 1,72 | 280 | 4,31 | 28,6 | 1,38 |
| 65 . 130 . 10 | | 18,6 | 14,6 | 4,65 | 1,45 | 0,259 | 321 | 38,4 | 4,15 | 54,2 | 10,7 | 1,71 | 340 | 4,27 | 35,0 | 1,37 |
| 65 . 130 . 12 | | 22,1 | 17,3 | 4,74 | 1,53 | 0,255 | 376 | 45,5 | 4,12 | 63,0 | 12,7 | 1,69 | 397 | 4,24 | 41,2 | 1,37 |
| 75 . 90 . 7 | 8,5 | 11,1 | 8,74 | 2,67 | 1,93 | 0,683 | 881 | 13,9 | 2,81 | 55,5 | 9,98 | 2,23 | 117 | 3,24 | 27,1 | 1,56 |
| 75 . 90 . 9 | | 14,1 | 11,1 | 2,76 | 2,01 | 0,679 | 110 | 17,6 | 2,79 | 69,1 | 12,6 | 2,21 | 145 | 3,21 | 34,1 | 1,56 |
| 75 . 90 . 11 | | 17,0 | 13,4 | 2,83 | 2,09 | 0,675 | 130 | 21,1 | 2,77 | 81,7 | 18,5 | 2,19 | 171 | 3,17 | 40,9 | 1,55 |
| 75 . 100 . 7 | 10 | 11,9 | 9,32 | 3,06 | 1,88 | 0,553 | 118 | 17,0 | 3,15 | 56,9 | 10,0 | 2,19 | 145 | 3,49 | 30,1 | 1,59 |
| 75 . 100 . 9 | | 15,1 | 11,8 | 3,15 | 1,91 | 0,549 | 148 | 21,5 | 3,13 | 71,0 | 12,7 | 2,17 | 181 | 3,47 | 37,8 | 1,59 |
| 75 . 100 . 11 | | 18,2 | 14,3 | 3,23 | 1,99 | 0,545 | 176 | 25,9 | 3,11 | 84,0 | 15,3 | 2,15 | 214 | 3,44 | 45,4 | 1,58 |
| 75 . 130 . 8 | 10,5 | 15,9 | 12,5 | 4,36 | 1,65 | 0,339 | 276 | 31,9 | 4,17 | 68,3 | 11,7 | 2,03 | 303 | 4,37 | 41,3 | 1,61 |
| 75 . 130 . 10 | | 19,6 | 15,4 | 4,45 | 1,73 | 0,336 | 337 | 39,4 | 4,14 | 82,9 | 14,4 | 2,06 | 369 | 4,34 | 50,6 | 1,61 |
| 75 . 130 . 12 | | 23,3 | 18,3 | 4,53 | 1,81 | 0,332 | 395 | 46,6 | 4,12 | 96,5 | 17,0 | 2,04 | 432 | 4,31 | 59,6 | 1,60 |
| 75 . 150 . 9 | 10,5 | 19,5 | 15,3 | 5,28 | 1,57 | 0,265 | 455 | 46,8 | 4,83 | 78,3 | 13,2 | 2,00 | 484 | 4,98 | 50,0 | 1,60 |
| 75 . 150 . 11 | | 23,6 | 18,6 | 5,37 | 1,65 | 0,261 | 545 | 56,6 | 4,80 | 93,0 | 15,9 | 1,98 | 578 | 4,95 | 59,8 | 1,59 |
| 75 . 150 . 13 | | 27,7 | 21,7 | 5,45 | 1,73 | 0,258 | 631 | 66,1 | 4,78 | 107 | 18,5 | 1,96 | 668 | 4,91 | 69,4 | 1,58 |
| 75 . 170 . 10 | 11,5 | 23,7 | 18,6 | 6,21 | 1,52 | 0,214 | 709 | 65,7 | 5,47 | 88,2 | 14,8 | 1,95 | 739 | 5,59 | 58,5 | 1,57 |
| 75 . 170 . 12 | | 28,1 | 22,1 | 6,30 | 1,60 | 0,210 | 834 | 78,0 | 5,45 | 103 | 17,4 | 1,91 | 868 | 5,56 | 68,9 | 1,57 |
| 75 . 170 . 14 | | 32,5 | 25,5 | 6,39 | 1,68 | 0,207 | 955 | 90,0 | 5,42 | 117 | 20,0 | 1,89 | 992 | 5,53 | 79,0 | 1,56 |
| 75 . 170 . 16 | | 36,8 | 28,9 | 6,47 | 1,76 | 0,204 | 1070 | 10,2 | 5,39 | 130 | 22,6 | 1,88 | 1110 | 5,50 | 88,8 | 1,55 |
| 80 . 120 . 8 | 11 | 15,5 | 12,2 | 3,83 | 1,87 | 0,441 | 226 | 27,6 | 3,82 | 80,8 | 13,2 | 2,29 | 261 | 4,10 | 45,8 | 1,72 |
| 80 . 120 . 10 | | 19,1 | 15,0 | 3,92 | 1,95 | 0,438 | 276 | 34,1 | 3,80 | 98,1 | 16,2 | 2,27 | 318 | 4,07 | 56,1 | 1,71 |
| 80 . 120 . 12 | | 22,7 | 17,8 | 4,00 | 2,03 | 0,433 | 323 | 40,4 | 3,77 | 114 | 19,1 | 2,25 | 371 | 4,04 | 66,1 | 1,71 |
| 80 . 120 . 14 | | 26,2 | 20,5 | 4,08 | 2,10 | 0,429 | 368 | 46,4 | 3,75 | 130 | 22,0 | 2,23 | 421 | 4,01 | 75,8 | 1,71 |
| 90 . 110 . 9 | 11 | 17,3 | 13,6 | 3,30 | 2,32 | 0,652 | 204 | 25,5 | 3,43 | 122 | 18,3 | 2,65 | 234 | 3,90 | 62,2 | 1,89 |
| 90 . 110 . 11 | | 20,9 | 16,4 | 3,38 | 2,40 | 0,650 | 243 | 31,9 | 3,41 | 146 | 22,1 | 2,64 | 315 | 3,88 | 74,3 | 1,88 |
| 90 . 110 . 13 | | 24,5 | 19,2 | ,46 | 2,48 | 0,648 | 281 | 37,2 | 3,39 | 168 | 25,7 | 2,62 | 362 | 3,85 | 86,0 | 1,88 |
| 90 . 130 . 10 | 12 | 21,2 | 16,6 | 4,15 | 2,18 | 0,472 | 358 | 40,5 | 4,11 | 141 | 20,6 | 2,58 | 420 | 4,46 | 78,5 | 1,93 |
| 90 . 130 . 12 | | 25,1 | 19,7 | 4,24 | 2,26 | 0,468 | 420 | 48,0 | 4,09 | 165 | 24,4 | 2,56 | 492 | 4,43 | 92,6 | 1,92 |
| 90 . 130 . 14 | | 29,0 | 22,8 | 4,32 | 2,34 | 0,465 | 480 | 55,3 | 4,07 | 187 | 28,1 | 2,54 | 560 | 4,40 | 105 | 1,91 |
| 90 . 150 . 10 | 12,5 | 23,2 | 18,2 | 4,99 | 2,03 | 0,363 | 532 | 53,1 | 4,79 | 146 | 21,0 | 2,51 | 591 | 5,05 | 87,3 | 1,94 |
| 90 . 150 . 12 | | 27,5 | 21,6 | 5,08 | 2,11 | 0,360 | 626 | 63,1 | 4,77 | 170 | 24,7 | 2,49 | 694 | 5,02 | 102 | 1,93 |
| 90 . 150 . 14 | | 31,8 | 25,0 | 5,16 | 2,19 | 0,357 | 716 | 72,8 | 4,75 | 194 | 28,4 | 2,47 | 792 | 4,99 | 118 | 1,92 |
| 90 . 250 . 10 | 12,5 | 33,2 | 26,0 | 9,49 | 1,57 | 0,156 | 2170 | 140 | 8,09 | 163 | 22,0 | 2,22 | 2220 | 8,18 | 113 | 1,84 |
| 90 . 250 . 12 | | 39,5 | 31,0 | 9,59 | 1,65 | 0,154 | 2570 | 167 | 8,03 | 191 | 26,0 | 2,20 | 2630 | 8,15 | 133 | 1,83 |
| 90 . 250 . 14 | | 45,8 | 36,0 | 9,68 | 1,74 | 0,152 | 2960 | 193 | 8,03 | 218 | 30,0 | 2,18 | 3020 | 8,12 | 152 | 1,82 |
| 90 . 250 . 16 | | 52,0 | 40,8 | 9,77 | 1,82 | 0,150 | 3330 | 219 | 8,01 | 243 | 33,8 | 2,16 | 3400 | 8,09 | 172 | 1,82 |
| 100 . 150 . 10 | 13 | 24,2 | 19,0 | 4,80 | 2,34 | 0,442 | 552 | 54,1 | 4,78 | 198 | 25,8 | 2,86 | 637 | 5,13 | 112 | 2,15 |
| 100 . 150 . 12 | | 28,7 | 22,6 | 4,89 | 2,42 | 0,439 | 650 | 64,2 | 4,76 | 232 | 30,6 | 2,84 | 749 | 5,10 | 132 | 2,15 |
| 100 . 150 . 14 | | 33,2 | 26,1 | 4,97 | 2,50 | 0,435 | 744 | 74,1 | 4,73 | 264 | 35,2 | 2,82 | 856 | 5,07 | 152 | 2,14 |
| 100 . 200 . 10 | 15 | 29,2 | 23,0 | 6,93 | 2,01 | 0,266 | 1220 | 93,2 | 6,46 | 210 | 26,3 | 2,68 | 1300 | 6,66 | 133 | 2,14 |
| 100 . 200 . 12 | | 34,8 | 27,3 | 7,03 | 2,10 | 0,264 | 1440 | 111 | 6,43 | 247 | 31,3 | 2,67 | 1530 | 6,63 | 158 | 2,13 |
| 100 . 200 . 14 | | 40,3 | 31,6 | 7,12 | 2,18 | 0,262 | 1650 | 128 | 6,41 | 282 | 36,1 | 2,65 | 1760 | 6,60 | 181 | 2,12 |
| 100 . 200 . 16 | | 45,7 | 35,9 | 7,20 | 2,26 | 0,259 | 1860 | 145 | 6,38 | 316 | 40,8 | 2,63 | 1970 | 6,57 | 204 | 2,11 |
| 100 . 200 . 19 | | 51,0 | 40,0 | 7,29 | 2,34 | 0,256 | 2060 | 162 | 6,36 | 347 | 45,3 | 2,61 | 2180 | 6,54 | 227 | 2,11 |




## Tablica 6. I-čelik (prema DIN 1025)

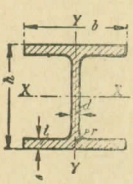
$J$ — Moment inercije
$W$ — Otporni moment
$i = \sqrt{J/F}$ polupreč. inercije
} u odnosu na odgovarajuću osu

$S_x$ — Statički moment polovine površine poprečnog preseka u odnosu na osu $X - X$

$s_x = J_x / S_x$ otstojanje središta pritiska i zatezanja od ose $X - X$

$r_1 \approx 0{,}6\ d$

| Oznaka | Dimenzije | | | | | Površina pres. | Težina | Za osu X—X | | | Za osu Y—Y | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $h$ | $b$ | $d$ | $t$ | $r$ | $F$ | $G$ | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ | $S_x$ | $s_x$ |
| I | mm | mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm³ | cm |
| 8 | 80 | 42 | 3,9 | 5,9 | 3,9 | 7,58 | 5,95 | 77,8 | 19,5 | 3,20 | 6,29 | 3,00 | 0,91 | 11,4 | 6,84 |
| 10 | 100 | 50 | 4,5 | 6,8 | 4,5 | 10,6 | 8,32 | 171 | 34,2 | 4,01 | 12,2 | 4,88 | 1,07 | 19,9 | 8,57 |
| 12 | 120 | 58 | 5,1 | 7,7 | 5,1 | 14,2 | 11,2 | 328 | 54,7 | 4,81 | 21,5 | 7,41 | 1,23 | 31,8 | 10,3 |
| 14 | 140 | 66 | 5,7 | 8,6 | 5,7 | 18,3 | 14,4 | 573 | 81,9 | 5,61 | 35,2 | 10,7 | 1,40 | 47,7 | 12,0 |
| 16 | 160 | 74 | 6,3 | 9,5 | 6,3 | 22,8 | 17,9 | 935 | 117 | 6,40 | 54,7 | 14,8 | 1,55 | 68,0 | 13,7 |
| 18 | 180 | 82 | 6,9 | 10,4 | 6,9 | 27,9 | 21,9 | 1 450 | 161 | 7,20 | 81,3 | 19,8 | 1,71 | 93,4 | 15,5 |
| 20 | 200 | 90 | 7,5 | 11,3 | 7,5 | 33,5 | 26,3 | 2 140 | 214 | 8,00 | 117 | 26,0 | 1,87 | 125 | 17,2 |
| 22 | 220 | 98 | 8,1 | 12,2 | 8,1 | 39,6 | 31,1 | 3 060 | 278 | 8,80 | 162 | 33,1 | 2,02 | 162 | 18,9 |
| 24 | 240 | 106 | 8,7 | 13,1 | 8,7 | 46,1 | 36,2 | 4 250 | 354 | 9,59 | 221 | 41,7 | 2,20 | 206 | 20,6 |
| 26 | 260 | 113 | 9,4 | 14,1 | 9,4 | 53,4 | 41,9 | 5 740 | 442 | 10,4 | 288 | 51,0 | 2,32 | 257 | 22,3 |
| 28 | 280 | 119 | 10,1 | 15,2 | 10,1 | 61,1 | 48,0 | 7 590 | 542 | 11,1 | 364 | 61,2 | 2,45 | 316 | 24,0 |
| 30 | 300 | 125 | 10,8 | 16,2 | 10,8 | 69,1 | 54,2 | 9 800 | 653 | 11,9 | 451 | 72,2 | 2,56 | 381 | 25,7 |
| 32 | 320 | 131 | 11,5 | 17,3 | 11,5 | 77,8 | 61,1 | 12 510 | 782 | 12,7 | 555 | 84,7 | 2,67 | 457 | 27,4 |
| 34 | 340 | 137 | 12,2 | 18,3 | 12,2 | 86,8 | 68,1 | 15 700 | 923 | 13,5 | 674 | 98,4 | 2,80 | 540 | 29,1 |
| 36 | 360 | 143 | 13,0 | 19,5 | 13,0 | 97,1 | 76,2 | 19 610 | 1090 | 14,2 | 818 | 114 | 2,90 | 638 | 30,7 |
| 38 | 380 | 149 | 13,7 | 20,5 | 13,7 | 107 | 84,0 | 24 010 | 1260 | 15,0 | 975 | 131 | 3,02 | 741 | 32,4 |
| 40 | 400 | 155 | 14,4 | 21,6 | 14,4 | 118 | 92,6 | 29 210 | 1460 | 15,7 | 1160 | 149 | 3,13 | 857 | 34,1 |
| 42½ | 425 | 163 | 15,3 | 23,0 | 15,3 | 132 | 104 | 36 970 | 1740 | 16,7 | 1440 | 176 | 3,30 | 1020 | 36,2 |
| 45 | 450 | 170 | 16,2 | 24,3 | 16,2 | 147 | 115 | 45 850 | 2040 | 17,7 | 1730 | 203 | 3,43 | 1200 | 38,3 |
| 47½ | 475 | 178 | 17,1 | 25,6 | 17,1 | 163 | 128 | 56 480 | 2380 | 18,6 | 2090 | 235 | 3,60 | 1400 | 40,4 |
| 50 | 500 | 185 | 18,0 | 27,0 | 18,0 | 180 | 141 | 68 740 | 2750 | 19,6 | 2480 | 268 | 3,72 | 1620 | 42,4 |
| 55 | 550 | 200 | 19,0 | 30,0 | 19,8 | 213 | 167 | 99 180 | 3610 | 21,6 | 3490 | 349 | 4,02 | 2120 | 46,8 |
| 60 | 600 | 215 | 21,6 | 32,4 | 21,6 | 254 | 199 | 139 000 | 4630 | 23,4 | 4670 | 434 | 4,30 | 2730 | 50,9 |
| IF | I- gvožđe za bondruk građevine | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 140 | 60 | 4 | 5,5 | 4 | 11,7 | 9,16 | 365 | 52,2 | 5,59 | 15,6 | 5,21 | 1,15 | 30,2 | 12,1 |



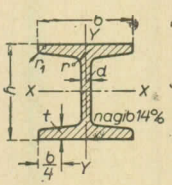

Sl. a

### I- Čelik sa širokim i paralelnim nožicama

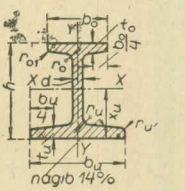
(Sl a)

(Objašnjenja za ovu tablicu vidi gore)

$r \approx 1{,}5\ d$




Sl. b




Sl. c

| Oznaka | Dimenzije | | | | | Površina pres. | Težina | Za osu X—X | | | Za osu Y—Y | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $h$ | $b$ | $d$ | $t$ | $r$ | $F$ | $G$ | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ | $S_x$ | $s_x$ |
| IP | mm | mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm³ | cm |
| 10 | 100 | 100 | 6,5 | 10 | 10 | 26,1 | 20,5 | 447 | 89,3 | 4,14 | 167 | 33,4 | 2,53 | 51,8 | 8,62 |
| 12 | 120 | 120 | 7 | 11 | 11 | 34,3 | 26,9 | 864 | 144 | 5,02 | 317 | 52,9 | 3,04 | 82,8 | 10,4 |
| 14 | 140 | 140 | 8 | 12 | 12 | 44,1 | 34,6 | 1 520 | 217 | 5,87 | 550 | 78,6 | 3,53 | 126 | 12,0 |
| 16 | 160 | 160 | 9 | 14 | 14 | 58,4 | 45,8 | 2 630 | 329 | 6,72 | 958 | 120 | 4,05 | 188 | 14,0 |
| 18 | 180 | 180 | 9 | 14 | 14 | 65,8 | 51,6 | 3 830 | 426 | 7,63 | 1360 | 151 | 4,55 | 241 | 15,9 |

## Tablica 6. I - čelik (nastavak)

| Oznaka | Dimenzije | | | | | Površina pres. | Težina | Za osu X–X | | | Za osu Y–Y | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h | b | d | t | r | F | G | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ | $S_x$ | $s_x$ |
| Ip | mm | mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm³ | cm |
| 20 | 200 | 200 | 10 | 16 | 15 | 82,7 | 64,9 | 5 950 | 595 | 8,48 | 2 140 | 214 | 5,08 | 337 | 17,7 |
| 22 | 220 | 220 | 10 | 16 | 15 | 91,1 | 71,5 | 8 050 | 732 | 9,37 | 2 840 | 258 | 5,59 | 412 | 19,5 |
| 24 | 240 | 240 | 11 | 18 | 17 | 111 | 87,4 | 11 690 | 974 | 10,5 | 4 150 | 346 | 6,11 | 549 | 21,3 |
| 26 | 260 | 260 | 11 | 18 | 17 | 121 | 94,8 | 15 050 | 1 160 | 11,2 | 5 280 | 406 | 6,61 | 649 | 23,2 |
| 28 | 280 | 280 | 12 | 20 | 18 | 144 | 113 | 20 720 | 1 480 | 12,0 | 7 320 | 523 | 7,14 | 831 | 24,9 |
| 30 | 300 | 300 | 12 | 20 | 18 | 154 | 121 | 25 760 | 1 720 | 12,9 | 9 010 | 600 | 7,65 | 959 | 26,8 |
| 32 | 320 | 300 | 13 | 22 | 20 | 171 | 135 | 32 250 | 2 020 | 13,7 | 9 910 | 661 | 7,60 | 1130 | 28,5 |
| 34 | 340 | 300 | 13 | 22 | 20 | 174 | 137 | 36 940 | 2 170 | 14,5 | 9 910 | 661 | 7,55 | 1220 | 30,3 |
| 36 | 360 | 300 | 14 | 24 | 21 | 192 | 150 | 45 120 | 2 510 | 15,3 | 10 810 | 721 | 7,51 | 1410 | 32,0 |
| 38 | 380 | 300 | 14 | 24 | 21 | 194 | 153 | 50 950 | 2 680 | 16,2 | 10 810 | 721 | 7,46 | 1510 | 33,8 |
| 40 | 400 | 300 | 14 | 26 | 21 | 209 | 164 | 60 640 | 3 030 | 17,0 | 11 710 | 781 | 7,49 | 1700 | 35,6 |
| 42½ | 425 | 300 | 14 | 26 | 21 | 212 | 166 | 69 480 | 3 270 | 18,1 | 11 710 | 781 | 7,43 | 1830 | 37,8 |
| 45 | 450 | 300 | 15 | 28 | 23 | 232 | 182 | 84 220 | 3 740 | 19,0 | 12 620 | 841 | 7,38 | 2110 | 40,0 |
| 47½ | 475 | 300 | 15 | 28 | 23 | 235 | 185 | 95 120 | 4 010 | 20,1 | 12 620 | 841 | 7,32 | 2250 | 42,2 |
| 50 | 500 | 300 | 16 | 30 | 24 | 255 | 200 | 113 200 | 4 530 | 21,0 | 13 530 | 902 | 7,28 | 2560 | 44,3 |
| 55 | 550 | 300 | 16 | 30 | 24 | 263 | 207 | 140 300 | 5 100 | 23,1 | 13 530 | 902 | 7,17 | 2880 | 48,7 |
| 60 | 600 | 300 | 17 | 32 | 26 | 289 | 227 | 180 800 | 6 030 | 25,0 | 14 440 | 962 | 7,07 | 3410 | 53,0 |
| 65 | 650 | 300 | 17 | 32 | 26 | 297 | 234 | 216 800 | 6 670 | 27,0 | 14 440 | 962 | 6,97 | 3780 | 57,4 |
| 70 | 700 | 300 | 18 | 34 | 27 | 324 | 254 | 270 300 | 7 720 | 28,9 | 15 350 | 1020 | 6,88 | 4400 | 61,5 |
| 75 | 750 | 300 | 18 | 34 | 27 | 333 | 261 | 316 300 | 8 430 | 30,8 | 15 350 | 1020 | 6,79 | 4800 | 65,8 |
| 80 | 800 | 300 | 18 | 34 | 27 | 342 | 268 | 366 400 | 9 160 | 32,7 | 15 350 | 1020 | 6,70 | 5220 | 70,2 |
| 85 | 850 | 300 | 19 | 36 | 30 | 372 | 292 | 443 900 | 10 440 | 34,6 | 16 270 | 1080 | 6,61 | 5980 | 74,2 |
| 90 | 900 | 300 | 19 | 36 | 30 | 381 | 299 | 506 000 | 11 250 | 36,4 | 16 270 | 1080 | 6,53 | 6450 | 78,4 |
| 95 | 950 | 300 | 19 | 36 | 30 | 391 | 307 | 573 000 | 12 060 | 38,3 | 16 270 | 1080 | 6,45 | 6930 | 82,7 |
| 100 | 1000 | 300 | 19 | 36 | 30 | 400 | 314 | 644 700 | 12 900 | 40,1 | 16 280 | 1080 | 6,37 | 7430 | 86,8 |

Kod I-čelika sa širokim nožicama, sa unutrašnjim površinama nožica pod nagibom od 9% (prema DIN 1025), je $r = t$ samo kod I 10 · 10 = 10 mm; $r_1 = 3$ mm; zaokrugljenje spoljnih ivica nožica sa $r_2 = 1{,}5$ mm samo kod I 10 · 10 i 12 · 12.

| I | Dimenzija | | | Povr. preseka | Težina | Za osu X–X | | | Za osu Y–Y | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h=b | d | t | F | G | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ | $S_x$ | $s_x$ |
| | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm³ | cm |
| 10.10 | 100 | 7,5 | 10,25 | 26,8 | 21,0 | 447 | 89,4 | 4,09 | 151 | 30,1 | 2,37 | 53 | 8,4 |
| 12.12 | 120 | 8 | 11 | 34,6 | 27,2 | 852 | 142 | 4,96 | 276 | 46,0 | 2,82 | 82 | 10,4 |
| 14.14 | 140 | 8 | 12 | 43,3 | 34,0 | 1490 | 213 | 5 86 | 475 | 67,8 | 3,31 | 122 | 12,2 |
| 16.16 | 160 | 9 | 14 | 57.4 | 45,0 | 2580 | 322 | 6,70 | 831 | 104 | 3,81 | 184 | 14,0 |
| 18.18 | 180 | 9 | 14 | 64,7 | 50,8 | 3750 | 417 | 7,62 | 1170 | 130 | 4,25 | 237 | 15,9 |

$r = d$

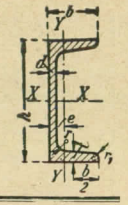
| Iw | Dimenzije | | | | | | Povr. preseka | Težina | Za osu X–X | | | Za osu Y–Y | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h | b | d | t | r | $r_1$ | F | G | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ |
| | mm | mm | mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm |
| I-čelik za vagone (sl. b i c) | | | | | | | | | | | | | | |
| 76/81 | 76 | 81 | 10 | 8,4 | 10 | 5 | 19,5 | 15,3 | 171 | 45,0 | 2,95 | 60,2 | 14,9 | 1,76 |
| 80 50/80 [1]) | 80 | 50 | 8 | 8 | 8 | 3,35 | 15,5 | 12,2 | 147 | 32,3 | 3,07 | 34,2 | 8,5 | 1,48 |
| | | 80 | | 8 | 8 | 4 | | | | | | | | |
| 100/85 | 100 | 85 | 7 | 9 | 7 | 4,5 | 20,8 | 16,4 | 343 | 68,7 | 4,01 | 75,1 | 17,7 | 1,90 |
| I-profili za električne konstrukcije (prema DIN 1031) | | | | | | | | | | | | | | |
| 100/85 | 100 | 85 | 7 | 9 | 7 | 4,5 | 20,8 | 16,4 | 343 | 68,7 | 4,01 | 75,1 | 17,7 | 1,90 |
| 100/100 | 100 | 100 | 7,5 | 10,25 | 10 | 3 | 26,8 | 21,0 | 447 | 89,4 | 4,09 | 151 | 30,1 | 2,37 |
| 120/120 | 120 | 120 | 8 | 11 | 11 | 3 | 34,6 | 27,2 | 852 | 142 | 4,96 | 276 | 46,0 | 2,82 |

[1]) Otstojanja horizontalne težinske ose: $x_u \approx 35$ mm.

## Tablica 7. ⊏ - čelik (prema DIN 1026)

Za ⊏ - čelik do ≤ 30 cm visine iznosi nagib 8%; preko 30 cm, sa izuzetkom ⊏ 38[1]) taj nagib iznosi 5%

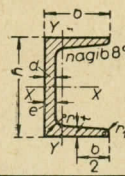
$J$ — Moment inercije
$W$ — Otporni moment
$i$ — $\sqrt{J/F}$ polupречnik inercije
} u odnosu na odgovarajuću osu



Položaj osa zakivaka v. DIN 997, v. III knj., odeljak: Mostogradnja

| Oznaka | Dimenzije | | | | | Površ. preseka | Težina | Za osu X—X | | | Za osu Y—Y | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ⊏ | $h$ | $b$ | $d$ | $t=r$ | $r_1$ | $F$ | $G$ | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ | $S_x$ | $s_x$ | $e$ |
| | mm | mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm³ | cm | cm |
| 3 | 30 | 33 | 5 | 7 | 3,5 | 5,44 | 4,27 | 6,39 | 4,26 | 1,08 | 5,33 | 2,68 | 0,99 | – | – | 1,31 |
| 4 | 40 | 35 | 5 | 7 | 3,5 | 6,21 | 4,87 | 14,1 | 7,05 | 1,50 | 6,68 | 3,08 | 1,04 | – | – | 1,33 |
| 5 | 50 | 38 | 5 | 7 | 3,5 | 7,12 | 5,59 | 26,4 | 10,6 | 1,92 | 9,12 | 3,75 | 1,13 | – | – | 1,37 |
| 6,5 | 65 | 42 | 5,5 | 7,5 | 4 | 9,03 | 7,09 | 57,5 | 17,7 | 2,52 | 14,1 | 5,07 | 1,25 | – | – | 1,42 |
| 8 | 80 | 45 | 6 | 8 | 4 | 11,0 | 8,64 | 106 | 26,5 | 3,10 | 19,4 | 6,36 | 1,33 | 15,9 | 6,65 | 1,45 |
| 10 | 100 | 50 | 6 | 8,5 | 4,5 | 13,5 | 10,6 | 206 | 41,2 | 3,91 | 29,3 | 8,49 | 1,47 | 24,5 | 8,42 | 1,55 |
| 12 | 120 | 55 | 7 | 9 | 4,5 | 17,0 | 13,4 | 364 | 60,7 | 4,62 | 43,2 | 11,1 | 1,59 | 36,3 | 10,0 | 1,60 |
| 14 | 140 | 60 | 7 | 10 | 5 | 20,4 | 16,0 | 605 | 86,4 | 5,45 | 62,7 | 14,8 | 1,75 | 51,4 | 11,8 | 1,75 |
| 16 | 160 | 65 | 7,5 | 10,5 | 5,5 | 24,0 | 18,8 | 925 | 116 | 6,21 | 85,3 | 18,3 | 1,89 | 68,8 | 13,3 | 1,84 |
| 18 | 180 | 70 | 8 | 11 | 5,5 | 28,0 | 22,0 | 1 350 | 150 | 6,95 | 114 | 22,4 | 2,02 | 89,6 | 15,1 | 1,92 |
| 20 | 200 | 75 | 8,5 | 11,5 | 6 | 32,2 | 25,3 | 1 910 | 191 | 7,70 | 148 | 27,0 | 2,14 | 114 | 16,8 | 2,01 |
| 22 | 220 | 80 | 9 | 12,5 | 6,5 | 37,4 | 29,4 | 2 690 | 245 | 8,48 | 197 | 33,6 | 2,30 | 146 | 18,5 | 2,14 |
| 24 | 240 | 85 | 9,5 | 13 | 6,5 | 42,3 | 33,2 | 3 600 | 300 | 9,22 | 248 | 39,6 | 2,42 | 179 | 20,1 | 2,23 |
| 26 | 260 | 90 | 10 | 14 | 7 | 48,3 | 37,9 | 4 820 | 371 | 9,99 | 317 | 47,7 | 2,56 | 221 | 21,8 | 2,36 |
| 28 | 280 | 95 | 10 | 15 | 7,5 | 53,3 | 41,8 | 6 280 | 448 | 10,9 | 399 | 57,2 | 2,74 | 266 | 23,6 | 2,53 |
| 30 | 300 | 100 | 10 | 16 | 8 | 58,8 | 46,2 | 8 030 | 535 | 11,7 | 495 | 67,8 | 2,90 | 316 | 25,4 | 2,70 |
| 32 | 320 | 100 | 14 | 17,5 | 8,75 | 75,8 | 59,5 | 10 870 | 679 | 12,1 | 597 | 80,6 | 2,81 | 413 | 26,3 | 2,60 |
| 35 | 350 | 100 | 14 | 16 | 8 | 77,3 | 60,6 | 12 840 | 734 | 12,9 | 570 | 75,0 | 2,72 | 459 | 28,6 | 2,40 |
| 38[1]) | 381 | 102 | 13,34 | 16 | 11,2 | 79,7 | 62,6 | 15 730 | 826 | 14,1 | 613 | 78,4 | 2,78 | 505 | 31,1 | 2,35 |
| 40 | 400 | 110 | 14 | 18 | 9 | 91,5 | 71,8 | 20 350 | 1020 | 14,9 | 846 | 102 | 3,04 | 618 | 32,9 | 2,65 |
| | ⊏ - čelik za bondruk građevine | | | | | | | | | | | | | | | |
| F 14 | 140 | 40 | 4 | 6 | 3 | 9,9 | 7,78 | $285_{a,e}$ | 40,6 | 5,36 | 12,5 | 4,21 | 1,12 | 24,2 | 11,8 | 1,02 |
| | ⊏- čelik za skeletne čelične građevine | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105/65 | 105 | 65 | 8 | 8 | 4 | 17,3 | 13,6 | 287 | 54,7 | 4,07 | 61,2 | 13,2 | 1,88 | — | — | 1,88 |

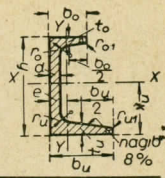
[1]) ⊏ 38 odgovara starom engleskom normalnom profilu BSC 27 (15 · 4″), sa unutrašnjim površinama nožica pod nagibom od 2°; $r = t$; $r_1 = 0{,}7\ t$.




## Tablica 7. ⊏ - čelik (prema din 1026)

(Nastavak)

Čelik za vagone i konstrukciju komandnih signalnih uređaja



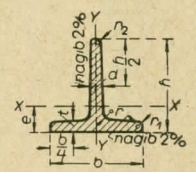

| Oznaka | Dimenzije | | | | | Površ. preseka | Težina | Za osu X—X | | | Za osu Y—Y | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ⊏ W | $h$ | $b$ | $d$ | $t=r$ | $r_1$ | $F$ | $G$ | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ | $e$ |
| | mm | mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm |
| | | | | ⊏ - čelik za vagone | | | | | | | | | | |
| 76/55 | 76 | 55 | 10 | 11 15 | 5,6 | 17,6 | 13,8 | 142 | 37,3 | 2,84 | 45,1 | 12,7 | 1 60 | 1,95 |
| 80 30/50 [1] | 80 | 30/50 | 8 | 8/8 | 4/4 | 11,5 | 9,02 | 97 | 21,2 | 2,91 | 18,2 | 4,90 | 1,26 | 1,25 |
| 91,5/26,5 | 91 5 | 26,5 | 8,5 | 10,7 | 5,35 | 11 8 | 9,27 | 119 | 26,0 | 3,18 | 5,40 | 3,00 | 0,68 | 0,85 |
| 105/65 | 105 | 65 | 8 | 8 | 4 | 17,3 | 13,6 | 287 | 54,7 | 4.07 | 61,2 | 13 2 | 1 88 | 1,88 |
| 145/60 | 145 | 60 | 8 | 8 | 4 | 19.8 | 15,6 | 585 | 80,7 | 5,43 | 53 6 | 11 9 | 1 65 | 1,50 |
| 235/90 | 235 | 90 | 10 | 12 | 6 | 42,4 | 33,3 | 3430 | 292 | 9,00 | 272 | 40,5 | 2.53 | 2,28 |
| 300/75 | 300 | 75 | 10 | 10 | 5 | 42,8 | 33,6 | 4930 | 328 | 10,7 | 145 | 24,2 | 1.84 | 1,50 |
| 300 78 | 300 | 78 | 10 | 13 | 6,5 | 47,6 | 37,4 | 5860 | 393 | 11,1 | 209 | 34,7 | 2,10 | 1,80 |
| ⊏ St | ⊏ - čelik za konstrukciju komandnih signalnih uređaja | | | | | | | | | | | | | |
| 121,5/35 | 121,5 | 35 | 5 | 6 | 3 | 9,65 | 7,58 | 193 | 31,7 | 4,47 | 8.50 | 3,20 | 0,94 | 0,85 |

[1]) Otstojanje horizontalne težine ose: $x_u \approx 34{,}5$ mm.

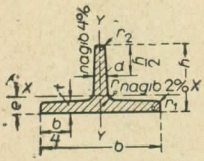
## Tablica 8. ⊥ - čelik (prema DIN 1024)

Čelik sa visokim rebrom $h : b = 1 : 1$

$J$ — Moment inercije
$W$ — Otporni moment
$i = \sqrt{J/F}$ poluprečnik inercije
} u odnosu na odgovarajuću osu




| Oznaka | Dimenzije | | | | Površ. preseka | Težina | | Za osu X—X | | | Za osu Y—Y | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ⊥ | $b=h$ | $d=t=r$ | $r_1$ | $r_2$ | $F$ | $G$ | $e$ | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ |
| | mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm |
| 1½ | 15 | 3 | 1 5 | 1 | 0,82 | 0,65 | 0,46 | 0,15 | 0,14 | 0.43 | 0,08 | 0.11 | 0,32 |
| 2 | 20 | 3 | 1,5 | 1 | 1,12 | 0,88 | 0.58 | 0.38 | 0,27 | 0 58 | 0,20 | 0,20 | 0,42 |
| 2½ | 25 | 3,5 | 2 | 1 | 1.64 | 1,29 | 0 73 | 0,87 | 0,49 | 0.73 | 0,43 | 0.34 | 0,51 |
| 3 | 30 | 4 | 2 | 1 | 2.26 | 1,77 | 0 85 | 1.72 | 0,80 | 0,87 | 0,87 | 0,58 | 0,62 |
| 3½ | 35 | 4,5 | 2.5 | 1 | 2.97 | 2,33 | 0,99 | 3,10 | 1,23 | 1.04 | 1,57 | 0.90 | 0.73 |
| 4 | 40 | 5 | 2,5 | 1 | 3,77 | 2,96 | 1,12 | 5.28 | 1,84 | 1,18 | 2,58 | 1,29 | 0,83 |
| 4½ | 45 | 5,5 | 3 | 1,5 | 4,67 | 3 67 | 1,26 | 8,13 | 2 51 | 1,32 | 4,01 | 1.78 | 0 93 |
| 5 | 50 | 6 | 3 | 1,5 | 5 66 | 4,44 | 1,39 | 12,1 | 3,36 | 1.46 | 6,06 | 2 42 | 1.03 |
| 6 | 60 | 7 | 3,5 | 2 | 7,94 | 6,23 | 1,66 | 23 8 | 5,48 | 1,73 | 12.2 | 4,07 | 1.24 |
| 7 | 70 | 8 | 4 | 2 | 10,6 | 8,32 | 1,94 | 44 5 | 8,79 | 2,05 | 22,1 | 6,32 | 1,44 |
| 8 | 80 | 9 | 4,5 | 2 | 13,6 | 10,7 | 2,22 | 73,7 | 12,8 | 2,33 | 37,0 | 9,25 | 1,65 |
| 9 | 90 | 10 | 5 | 2,5 | 17,1 | 13.4 | 2,48 | 119 | 18 2 | 2,64 | 58,5 | 13 0 | 1,85 |
| 10 | 100 | 11 | 5,5 | 3 | 20.9 | 16,4 | 2.74 | 179 | 24 6 | 2,92 | 88,3 | 17 7 | 2,05 |
| 12 | 120 | 13 | 6,5 | 3 | 29,6 | 23,2 | 3 28 | 366 | 42,0 | 3,51 | 178 | 29,7 | 2 45 |
| 14 | 140 | 15 | 7,5 | 4 | 39,9 | 31,3 | 3,80 | 660 | 64,7 | 4,07 | 330 | 47,2 | 2.89 |
| 16 | 160 | 15 | 7,5 | 4 | 45,8 | 35,9 | 4,20 | 1010 | 85,5 | 4,68 | 490 | 61,3 | 3,27 |




## Tablica 8. ⊥ - čelik (prema din 1024)

(Nastavak)

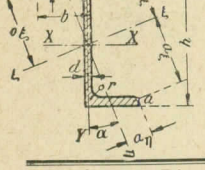
Čelik sa širokom nožicom $b : h = 2 : 1$

$J$ — Moment inercije
$W$ — Otporni moment
$i = \sqrt{J/F}$ polupreč nik inercije

} u odnosu na odgovarajuću osu

| Oznaka ⊥ | Dimenzije $b$ mm | $h$ mm | $d=t=r$ mm | $r_1$ mm | $r_2$ mm | Povr. pres. $F$ cm² | Težina $G$ kg/m | $e$ cm | Za osu X–X $J_x$ cm⁴ | $W_x$ cm³ | $t_x$ cm | Za osu Y–Y $J_y$ cm⁴ | $W_y$ cm³ | $i_y$ cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6. 3 | 60 | 30 | 5,5 | 3 | 1,5 | 4,64 | 3,64 | 0,67 | 2.58 | 1.11 | 0,75 | 8,62 | 2,87 | 1,36 |
| 7. 3½ | 70 | 35 | 6 | 3 | 1,5 | 5,94 | 4,66 | 0,77 | 4.49 | 1,65 | 0,87 | 15,1 | 4,31 | 1,59 |
| 8. 4 | 80 | 40 | 7 | 3,5 | 2 | 7,91 | 6,21 | 0,88 | 7,81 | 2.50 | 0,99 | 28.5 | 7,13 | 1.90 |
| 9. 4½ | 90 | 45 | 8 | 4 | 2 | 10,2 | 8,01 | 1,00 | 12,7 | 3,63 | 1,11 | 46,1 | 10,2 | 2,12 |
| 10. 5 | 100 | 50 | 8,5 | 4,5 | 2 | 12,0 | 9,42 | 1,09 | 18,7 | 4.78 | 1,25 | 67,7 | 13.5 | 2.38 |
| 12. 6 | 120 | 60 | 10 | 5 | 2,5 | 17,0 | 13,4 | 1,30 | 38.0 | 8,09 | 1.49 | 137 | 22,8 | 2.84 |
| 14. 7 | 140 | 70 | 11,5 | 6 | 3 | 22 8 | 17,9 | 1,51 | 68,9 | 12,6 | 1,74 | 258 | 36,9 | 3,36 |
| 16. 8 | 160 | 80 | 13 | 6,5 | 3,5 | 29,5 | 23,2 | 1,72 | 117 | 18,6 | 1,99 | 422 | 52,8 | 3,78 |
| 18. 9 | 180 | 90 | 14,5 | 7,5 | 3,5 | 37,0 | 29,1 | 1,93 | 185 | 26,2 | 2,24 | 670 | 74,4 | 4,25 |
| 20.10 | 200 | 100 | 16 | 8 | 4 | 45,4 | 35,6 | 2,14 | 277 | 35,2 | 2,47 | 1000 | 100 | 4,69 |
| ⊥ W | ⊥ - čelik sa širokom nožicom za vagone; $h$ i $d$ ots tupaju od redovnog oblika | | | | | | | | | | | | | |
| 100.90/10 | 100 | 90 | 10 | 5 | 2,5 | 17,9 | 14,0 | 2,25 | 111 | 16,4 | 24,9 | 79,7 | 15,9 | 2,11 |
| 120.80/10 | 120 | 80 | 10 | 5 | 2.5 | 18,9 | 14,8 | 1,80 | 84,5 | 13,6 | 2,11 | 138 | 23,0 | 2,70 |
| ⊥ S | ⊥ - čelik sa širokim nožicama za brodograd.; $h$ i $d$ otstupaju od redov. oblika | | | | | | | | | | | | | |
| 200 150/19 | 200 | 150 | 19 | 9,5 | 5 | 62,5 | 49,1 | 3,60 | 1020 | 88,7 | 4,05 | 1190 | 119 | 4,36 |

Otstojanja linija zakivaka v. DIN 996 i III knj., odeljak: Mostogradnja.




## Tablica 9. ⅂ - čelik (prema DIN 1027)

$J$ — Moment inercije
$W$ — Otporni moment
$i = \sqrt{J/F}$ polupreč nik inercije

} u odnosu na odgovarajuću osu

| Oznaka ⅂ | Dimenzije $h$ mm | $b$ mm | $d$ mm | $t=r$ mm | $r_1$ mm | Povr. pres. $F$ cm² | Težina $G$ kg/m | Položaj ose $\eta-\eta$ tg α | Otstojanja od osa $\xi-\xi$ i $\eta-\eta$ $o_\xi$ cm | $o_\eta$ cm | $e_\xi$ cm | $e_\eta$ cm | $a_\xi$ cm | $a_\eta$ cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 30 | 38 | 4 | 4,5 | 2,5 | 4,32 | 3,39 | 1,655 | 3,86 | 0,58 | 0,61 | 1,39 | 3,54 | 0,87 |
| 4 | 40 | 40 | 4,5 | 5 | 2,5 | 5,43 | 4,26 | 1.181 | 4,17 | 0,91 | 1,12 | 1.67 | 3,82 | 1,19 |
| 5 | 50 | 43 | 5 | 5,5 | 3 | 6,77 | 5,31 | 0,939 | 4,60 | 1,24 | 1,65 | 1,89 | 4,21 | 1,49 |
| 6 | 60 | 45 | 5 | 6 | 3 | 7.91 | 6,21 | 0.779 | 4,98 | 1,51 | 2,21 | 2,04 | 4,56 | 1.76 |
| 8 | 80 | 50 | 6 | 7 | 3,5 | 11,1 | 8,71 | 0,588 | 5 83 | 2,02 | 3 30 | 2,29 | 5,35 | 2.25 |
| 10 | 100 | 55 | 6,5 | 8 | 4 | 14,5 | 11,4 | 0,492 | 6,77 | 2,43 | 4,34 | 2,50 | 6,24 | 2,65 |
| 12 | 120 | 60 | 7 | 9 | 4,5 | 18,2 | 14,3 | 0,433 | 7.75 | 2,80 | 5,37 | 2,70 | 7.16 | 3.02 |
| 14 | 140 | 65 | 8 | 10 | 5 | 22,9 | 18,0 | 0,385 | 8,72 | 3,18 | 6,39 | 2,89 | 8,08 | 3,39 |
| 16 | 160 | 70 | 8,5 | 11 | 5,5 | 27,5 | 21,6 | 0,357 | 9,74 | 3,51 | 7,39 | 3,09 | 9,04 | 3,72 |
| 18 | 180 | 75 | 9,5 | 12 | 6 | 33,3 | 26,1 | 0,329 | 10,7 | 3,86 | 8,40 | 3,27 | 9,99 | 4,08 |
| 20 | 200 | 80 | 10 | 13 | 6,5 | 38,7 | 30,4 | 0,313 | 11,8 | 4,17 | 9,39 | 3,47 | 11,0 | 4,39 |

*) Težišna osa X — X udaljena je 32,6 mm od donje ivice kraka od 80 mm; Y — Y udaljena je 70,6 mm od kraja kraka od 80 mm, a 5,4 mm od sredine strane u pravcu toga kraka.

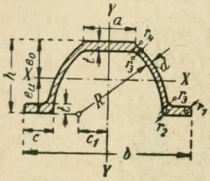
## Tablica 9. ⌶ - čelik (prema DIN 1027) (nastavak)

| Oznaka ⌶ | Dimenzije h mm | b mm | d mm | t=r mm | $r_1$ mm | Površ. pres. F cm² | Težina G kg/m | Položaj ose η—η tg α | Otstojanje od osa ξ—ξ i η—η $o_\xi$ cm | $o_\eta$ cm | $e_\xi$ cm | $e_\eta$ cm | $a_\xi$ cm | $a_\eta$ cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ⌶ | ⌶ - čelik za vagone | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 70 | 65 | 8 | 10 | 5 | 18,8 | 14,8 | 1,292 | 7,54 | 1,11 | 2,40 | 2,84 | 6,84 | 1,70 |
| | | 80 | | 10 | 5 | | | | 7,58 | 1,74 | 1,25 | 3,15 | 6,87 | 2,32 |

Statički podaci

| Oznaka ⌶ | Za osu X—X $J_x$ cm⁴ | $W_x$ cm³ | $i_x$ cm | Y—Y $J_y$ cm⁴ | $W_y$ cm³ | $i_y$ cm | ξ—ξ $J_\xi$ cm⁴ | $W_\xi$ cm³ | $i_\xi$ cm | η—η $J_\eta$ cm⁴ | $W_\eta$ cm³ | $i_\eta$ cm | Centrifugal. moment $J_{xy}$ cm⁴ | Pri vertikalnom opterećenju V i pri sprečenom bočnom izvijanju usled H $W_x$ cm³ | $\frac{H}{V} = \operatorname{tg}\gamma$ | slobod. izvijanju u stranu W cm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 5,96 | 3,97 | 1,17 | 13,7 | 3,80 | 1,78 | 18,1 | 4,69 | 2,04 | 1,54 | 1,11 | 0,60 | 7,35 | 3,97 | 1,227 | 1,26 |
| 4 | 13,5 | 6,75 | 1,58 | 17,6 | 4,66 | 1,80 | 28,0 | 6,72 | 2,27 | 3,05 | 1,83 | 0,75 | 12,2 | 6,75 | 0,913 | 2,26 |
| 5 | 26,3 | 10,5 | 1,97 | 23,8 | 5,88 | 1,88 | 44,9 | 9,76 | 2,57 | 5,23 | 2,76 | 0,88 | 19,6 | 10,5 | 0,752 | 3,64 |
| 6 | 44,7 | 14,9 | 2,38 | 30,1 | 7,09 | 1,95 | 67,2 | 13,5 | 2,81 | 7,60 | 3,73 | 0,98 | 28,8 | 14,9 | 0,647 | 5,24 |
| 8 | 109 | 27,3 | 3,13 | 47,4 | 10,1 | 2,07 | 142 | 24,4 | 3,58 | 14,7 | 6,44 | 1,15 | 55,6 | 27,3 | 0,509 | 10,1 |
| 10 | 222 | 44,4 | 3,91 | 72,5 | 14,0 | 2,24 | 270 | 39,8 | 4,31 | 24,6 | 9,26 | 1,30 | 97,2 | 44,4 | 0,438 | 16,8 |
| 12 | 402 | 67,0 | 4,70 | 106 | 18,8 | 2,42 | 470 | 60,6 | 5,08 | 37,7 | 12,5 | 1,44 | 158 | 67,0 | 0,392 | 25,6 |
| 14 | 676 | 96,6 | 5,43 | 148 | 24,3 | 2,54 | 768 | 88,0 | 5,79 | 56,4 | 16,6 | 1,57 | 239 | 96,6 | 0,353 | 38,0 |
| 16 | 1050 | 132 | 6,20 | 211 | 32,1 | 2,77 | 1180 | 121 | 6,57 | 79,5 | 21,4 | 1,70 | 358 | 132 | 0,330 | 52,9 |
| 18 | 1600 | 178 | 6,92 | 270 | 38,4 | 2,84 | 1760 | 164 | 7,26 | 110 | 27,0 | 1,82 | 490 | 178 | 0,307 | 72,4 |
| 20 | 2300 | 230 | 7,71 | 357 | 47,6 | 3,04 | 2510 | 213 | 8,06 | 147 | 33,4 | 1,95 | 674 | 230 | 0,293 | 94,1 |
| ⌶W | ⌶ - čelik za vagone | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 141 | 37,6 | 2,73 | 212 | 30,0 | 3,36 | 319 | 42,1 | 4,12 | 33,5 | 10,6 | 1,33 | 138 | 37,6 | 0,984 | 13,0 |

Položaj osa zakivaka v. DIN 997 i III knj., odeljak Mostogradnja




## Tablica 10. Čelik za obloganje (prema DIN 1023)

$r_1 = d$ | $r_3 = t$

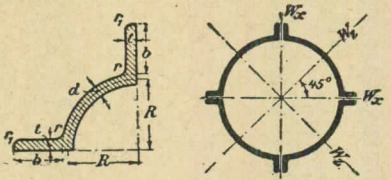
$r_2 = d - 0{,}5$ mm | $r_4 = 0{,}6\,d + 1{,}3$ mm

sa izuzetkom za 43 · 110

J — Moment inercije } u odnosu na odgovarajuću osu
W — Otporni moment }

| Oznaka ⌒ h · b mm | Dimenzije a mm | c mm | d mm | t mm | $c_1$ mm | R mm | Površina pres. F cm² | Težina G kg/m | Položaj težišne ose X—X $e_u$ cm | $e_o$ cm | Za osu X—X $J_x$ cm⁴ | $W_x$ cm³ | Y—Y $J_x$ cm⁴ | $W_y$ cm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 · 110 [1] | 30 | 15 | 3 | 3,5 | 3 | 43 | 5,01 | 3,93 | 2,32 | 1,98 | 12,1 | 5,21 | 55,6 | 10,1 |
| 60 · 140 | 38 | 24 | 3,5 | 6 | 24 | 70 | 9,33 | 7,32 | 2,96 | 3,04 | 47,3 | 15,6 | 164 | 23,4 |
| 75 · 170 | 45,4 | 28,5 | 4 | 7 | 28,5 | 85 | 13,2 | 10,4 | 3,69 | 3,81 | 107 | 28,1 | 347 | 40,8 |
| 90 · 200 | 53 | 33 | 4,5 | 8 | 33 | 100 | 17,9 | 14,1 | 4,50 | 4,50 | 207 | 46,1 | 651 | 65,1 |
| 110 · 240 | 63 | 39 | 5 | 9 | 39 | 120 | 24,2 | 19,0 | 5,47 | 5,53 | 420 | 75,9 | 1270 | 106 |

[1]) $r_1 = 1{,}5$, $r_2 = 1$, $r_3$ gore = 5, dole = 3, $r_4 = 2$.




**Tablica 11. Kvadrantni čelik**

Normalne dužine = 1 do 10 m.
Slagališne dužine = 5 do 15 m sa razlikama od 500 mm
Poluprečnik zaokrugljenja $r = 0{,}12\ R$
Poluprečnik zaokrugljenja $r_1 = 0{,}06\ R$.
Predprofili se valjaju sa većom debljinom za 1 mm

| Profil br. | Dimenzije R | b | d | t | Površina preseka pune cevi F | Težina pune cevi G | Moment inercije pune cevi J=konst. | Otporni moment pune cevi $W_z$ = max | $W_x$ = min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm⁴ | cm³ | cm³ |
| 5 | 50 | 35 | 4 | 6 | 29,8 | 23,39 | 576 | 89,6 | 66,2 |
| 5 | 50 | 35 | 6 | 8 | 48,0 | 37,68 | 908 | 135 | 102 |
| 7½ | 75 | 40 | 6 | 8 | 54,8 | 43,10 | 2 068 | 237 | 175 |
| 7½ | 75 | 40 | 10 | 10 | 80,0 | 62,96 | 2 980 | 331 | 248 |
| 10 | 100 | 45 | 8 | 10 | 88,0 | 69,16 | 5 464 | 497 | 367 |
| 10 | 100 | 45 | 12 | 12 | 120,0 | 94,20 | 7 480 | 664 | 495 |
| 12½ | 125 | 50 | 10 | 12 | 128,8 | 101,27 | 12 156 | 917 | 675 |
| 12½ | 125 | 50 | 14 | 14 | 168 8 | 132 67 | 15 780 | 1165 | 867 |
| 15 | 150 | 55 | 12 | 14 | 178,4 | 140,52 | 23 636 | 1522 | 1120 |
| 15 | 150 | 55 | 18 | 17 | 250,4 | 195,47 | 32 316 | 2029 | 1510 |

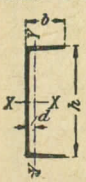
**Drugi valjani profili:**

Pljosnati glavičast profil DIN 1019
Ugaonik — glavičast profil DIN 1020
Čelik za rukohvat ograde
I - čelik sa širokim nožicama i ojačanim rebrom
I - čelici za rudnike
Specijalni čelici za zavarivanje:
Specijalni T - čelik DIN 1025, rubni i pljosnati čelik, nosati profil, Krup-St-čelik
Profili za brodogradnju: ⊏ - čelik za brodogradnju DIN 1026, I - čelik sa širokim nožicama, profili za okna, poluokrugli čelik, čelik sa dve grbe, »Reeling-čelik«, »Jackstag«-čelik, čelik za talpe za priboje v. III knj., odeljak: Fundiranje, i Stoffhütte, 2 izd., str. 370.
Kanalske ploče
Čelični šipovi
Zatim čelični limovi za vazduhoplovstvo (str. 1263)

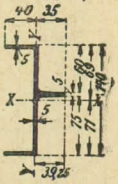
## Tablica 12. Specijalni profili Klöckner-Mannstaedt*)

za čelične rešetkaste konstrukcije (sl. 1 do 3)

Sl. 1.
I Nr. 5515, 5516, 5427



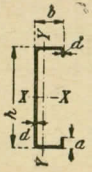

Sl. 2.
⊏ Nr. 5428




Sl. 3.
⊏ Nr. 5097

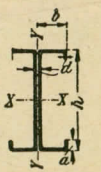
| Profil | h | b | d | F | G | $J_x$ | $J_y$ | $W_x$ | $W_y$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm⁴ | cm⁴ | cm³ | cm³ |
| I br. 5515 Sl. 1 | 120 | 60 | 4 | 9,30 | 7,33 | 205 | 13,1 | 34,2 | 4,3 |
| I br. 5427 „ 1 | 140 | 60 | 4 | 10,1 | 7,95 | 303 | 14,2 | 43,3 | 4,7 |
| I br. 5516 „ 1 | 160 | 60 | 4 | 10,9 | 8,59 | 415 | 15,3 | 51,9 | 5,1 |
| ⊏ br. 5428 Sl. 2 | 140 | 50 | 5 | 9,28 | 7,23 | 261 | 18,6 | 37,3 | 4,77 |
| ⊏ br. 5097 Sl. 3 | — | — | 5 | 12,7 | 10,0 | 273 | 28,6 | 38,4 | 7,28 |

*) Slične profile valjaju i druge firme.



## Tablica 13. Laki profili od trakastog čelika[1])

Profili od trakastog čelika izrađuju se hladnim profilisanjem toplo valjanog trakastog čelika u obliku ⊏. Kad se dva jednostavna profila zavare jedan uz drugi električnim tačkastim zavarivanjem dobije se dvostruki t. zv. I - profil. Da bi se sprečila korozija, gotovi profili potope se u masu za zaštitu od rđanja (preparat na bazi katrana). Proizvode se u dužinma od 15 m.



$J$ — Moment inercije
$W$ — Otporni moment
$i$ — Poluprečnik inercije
} u odnosu na odgovarajuću osu

$e$ — Otstojanje težišta od spoljne ivice rebra

$a = 15$ mm.

| Profil br. | Jednostavan profil | | | | | | | | | | | | | Složen profil | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dimenzije | | | | Površ. pres. | Težina | Otst. težišta | Za osu X—X | | | Za osu Y—Y | | | Površ. preseka | Težina | Za osu X—X | | | Za osu Y—Y | | |
| | $h$ | $b$ | $a$ | $d$ | $F$ | $G$ | $e$ | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ | $F$ | $G$ | $J_x$ | $W_x$ | $i_x$ | $J_y$ | $W_y$ | $i_y$ |
| | mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm | cm² | kg/m | cm⁴ | cm³ | cm | cm⁴ | cm³ | cm |
| 80 | 80 | 40 | 15 | 2,00 | 3,64 | 2,86 | 1,48 | 36,89 | 9,22 | 3,18 | 8,52 | 3,38 | 1,53 | 7,28 | 5,72 | 73,78 | 18,45 | 3,18 | 32,93 | 8,24 | 2,13 |
| | | | | 2,25 | 4,07 | 3,19 | 1,48 | 41,01 | 10,25 | 3,17 | 9,38 | 3,72 | 1,52 | 8,15 | 6,37 | 82,01 | 20,50 | 3,17 | 36,57 | 9,14 | 2,12 |
| | | | | 2,50 | 4,50 | 3,53 | 1,48 | 45,02 | 11,25 | 3,16 | 10,22 | 4,06 | 1,51 | 9,00 | 7,07 | 90,03 | 22,51 | 3,16 | 40,14 | 10,03 | 2,11 |
| | | | | 3,00 | 5,34 | 4,19 | 1,48 | 52,73 | 13,18 | 3,14 | 11,80 | 4,68 | 1,49 | 10,68 | 8,38 | 105,46 | 26,36 | 3,14 | 47,00 | 11,75 | 2,10 |
| 100 | 100 | 40 | 15 | 2,00 | 4,04 | 3,17 | 1,34 | 62,20 | 12,44 | 3,92 | 9,20 | 3,46 | 1,51 | 8,08 | 6,34 | 124,39 | 24,88 | 3 92 | 32,94 | 8,24 | 2,02 |
| | | | | 2,25 | 4,53 | 3.55 | 1,34 | 69,24 | 13,85 | 3,91 | 10.14 | 3,81 | 1,50 | 9,06 | 7,10 | 138,47 | 27,69 | 3,91 | 36,58 | 9,15 | 2,01 |
| | | | | 2,50 | 5,00 | 3,92 | 1,34 | 76,12 | 15 22 | 3,90 | 11.05 | 4,16 | 1,49 | 10,00 | 7,85 | 152,24 | 30,45 | 3,90 | 40,16 | 10,04 | 2.00 |
| | | | | 3 00 | 5,94 | 4,66 | 1,34 | 89,43 | 17,89 | 3,88 | 12,76 | 4,81 | 1,47 | 11,88 | 9,33 | 178,85 | 35,77 | 3,88 | 47,04 | 11,76 | 1,99 |
| 120 | 120 | 40 | 15 | 2,00 | 4,44 | 3,48 | 1,23 | 95,58 | 15,93 | 4,64 | 9,76 | 3,52 | 1,48 | 8,88 | 6.97 | 191,16 | 31,86 | 4.64 | 32,95 | 8,24 | 1,93 |
| | | | | 2,25 | 4,98 | 3,90 | 1,23 | 106,51 | 17,75 | 4,63 | 10,76 | 3,89 | 1,47 | 9,97 | 7,81 | 213,02 | 35.50 | 4 63 | 36 60 | 9,15 | 1.92 |
| | | | | 2,50 | 5,50 | 4,32 | 1,23 | 117,22 | 19,54 | 4,62 | 11,76 | 4,25 | 1,46 | 11,00 | 8,64 | 234,45 | 39,07 | 4,62 | 40.18 | 10,04 | 1,91 |
| | | | | 3,00 | 6,54 | 5,13 | 1,24 | 138,00 | 23,00 | 4 59 | 13,54 | 4,90 | 1.44 | 13,08 | 10,27 | 276,01 | 46,00 | 4,59 | 47,07 | 11,77 | 1,90 |
| 140 | 140 | 40 | 15 | 2,00 | 4,84 | 3,80 | 1,14 | 137,85 | 19,69 | 5,34 | 10 23 | 3,57 | 1.45 | 9,68 | 7,60 | 275,69 | 39,38 | 5,34 | 32.96 | 8.24 | 1,84 |
| | | | | 2.25 | 5 44 | 4,26 | 1,14 | 153,73 | 21,96 | 5,32 | 11.28 | 3,94 | 1,44 | 10.88 | 8,51 | 307.46 | 43,92 | 5.32 | 36,61 | 9.15 | 1,83 |
| | | | | 2,50 | 6.00 | 4,71 | 1.14 | 169.33 | 24,19 | 5,31 | 12.29 | 4.30 | 1,43 | 12.00 | 9,42 | 338,66 | 48,38 | 5,31 | 40,20 | 10,05 | 1,83 |
| | | | | 3,00 | 7,14 | 5,60 | 1.14 | 199,66 | 28,52 | 5,29 | 14,19 | 4.97 | 1,41 | 14,28 | 11,21 | 399,32 | 57,05 | 5,29 | 47.11 | 11,78 | 1,82 |
| 160 | 160 | 40 | 15 | 2.00 | 5,24 | 4,11 | 1,06 | 189,79 | 23.72 | 6,02 | 10,63 | 3,61 | 1,42 | 10.48 | 8.23 | 379,58 | 47,45 | 6 02 | 32,97 | 8,25 | 1,77 |
| | | | | 2 25 | 5,89 | 4,61 | 1,06 | 211,80 | 26 47 | 6,00 | 11.72 | 3,98 | 1,41 | 11.79 | 9,22 | 423,60 | 52.95 | 6,00 | 36.63 | 9,16 | 1,76 |
| | | | | 2,50 | 6,50 | 5,10 | 1,06 | 233,43 | 29,18 | 5,99 | 12,77 | 4,35 | 1,40 | 13,00 | 10,21 | 466.86 | 58,36 | 5 99 | 40,22 | 10,05 | 1,76 |
| | | | | 3,00 | 7,74 | 6,08 | 1,07 | 275,60 | 34,45 | 5,97 | 14,75 | 5,03 | 1,38 | 15,48 | 12,15 | 551,20 | 68,90 | 5,97 | 47,15 | 11,79 | 1,75 |
| 180 | 180 | 40 | 15 | 2,25 | 6,35 | 4,96 | 0,99 | 281,61 | 31,29 | 6,67 | 12.09 | 4,02 | 1,38 | 12,70 | 9,93 | 563.22 | 62,58 | 6,67 | 36,64 | 9,16 | 1,70 |
| | | | | 2,50 | 7,00 | 5,50 | 0,99 | 310,54 | 34.50 | 6,66 | 13,18 | 4.39 | 1,37 | 14,00 | 10,99 | 621,07 | 69,01 | 6,66 | 40,24 | 10.06 | 1,70 |
| | | | | 3,00 | 8,34 | 6,55 | 1,00 | 367,02 | 40,78 | 6,63 | 15.22 | 5,08 | 1,35 | 16,68 | 13,09 | 734,04 | 81,56 | 6,63 | 47,18 | 11,80 | 1,68 |

Sem toga profili 200 i 220 sa po 3 debljine

[1]) Prema podacima »Beratungsstelle für Stahlverwendung«, Düsseldorf.

**2. Ploče. Limovi.** Skraćenice kao pod **1**, str. 1243 (v. i str. 1021 i Stoffhütte, 2. izd. str. 281 i dalje).

Podnožne ploče, $b$ = 130 do 900, $l$ = 0,13 do 0,9 sa oko 9 međudimenzija. Udubljene ploče (koritasti limovi) v. str. 1021.

Raonici.

Težina ploča v. tabl. 4, str. 990.

**Čelični limovi** (gvozdeni limovi): vrste, kvalitet, spoljne osobine; merenje debljina prema DIN 1620.

Tanki lim: oznake (crni lim, emajlirani i pocinkovani lim, lim za izvlačenje, limovi sa propisanom jačinom, lim za duboko izvlačenje, specijalni lim za duboko izvlačenje, lim za oblaganje, lim za karoserije), propisi za kvalitet prema DIN 1623, mere prema DIN 1541; $d$ = 0,18 do 2,75; $b$ = 530 do 1250; $l$ = 0,76 do 2,5.

Srednji lim: oznake (trgovački lim, presovani lim, lim za cevi, građevinski lim I, IS, II, čelični lim sa većom jačinom, propisi za kvalitet prema DIN 1662, mere prema DIN 1542; $d$ = 3 do 4,75; $b$ = do 2500, $l$ = do 7 i više.

Debeli limovi: oznaka (obični limovi, građevinski limovi I i II) propisi za kvalitet prema DIN 1621, mere prema DIN 1543; $d$ nestandardizovano = 5 do približno 65; $b$ do približno 3000.

Težine tankih, srednjih i debelih limova v. tabl. 14, kao i tabl. 2 str. 1246.

Limovi za omotače (limovi za peći), $b \cdot l$ = 470 · 630, $d$ = 2,72 do 0,44; $b \cdot l$ = 630 · 940, $d$ = 2,72 do 0,42; $b \cdot l$ = 470 · 940, $d$ = 0,43.

Beli limovi v. str. 1023. Pocinkovani, pobakreni, poolovljeni, niklovani limovi v. str. 1023 i 1024.

Limovi sa rupama v. str. 1021; rupe za probna sita prema DIN 1170.

Limovi za trijere (mašine za sortiranje).

Čelični limovi, lim za duboko izvlačenje, prema DIN L 451; legirani čelični limovi prema DIN L 452.

Limovi za dinamo prema DIN VDE 6400.

Brazdasti limovi, kockasto izbrazdast lim (Waffelbleche), koritasti limovi v. str. 1021 i 1023.

Bradavičasti limovi, $d$ = 4,5 do 20; $b$ = 800 do 1500; $l$ do 6.

»Guseničasti« limovi, $d$ = 3,5 do 15; $b$ = 800 do 1600; $l$ do 6.

Pocinkovani limovi za kazane, $d$ prema broju kalibra 20 do 24 (str. 992), $b$ = 750, 810, 850; $l$ = 2.

Okrugli gvozdeni limovi, prečnik = 200 do 3300.

Platirani limovi sa oblogom od nikla, bakra, nerđajućeg čelika, monel-metala, s jedne ili s obadve strane, v. Stoffhütte, 2 izd. str. 292

Talasasti limovi, v. tabl. 15. str. 1261 kao i str. 1024.

**Tablica 14. Težina limova od točenog čelika u kg/m²**

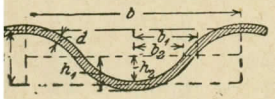
Specifična težina topljenog čelika 7,85 kg/dm³

| Tanki limovi DIN 1541 | | | | | | | | Srednji limovi DIN 1542 | | Debeli limovi[1]) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deblj. | Tež. | Deblj. | Tež. | Deblj. | Tež. | Deblj. | Tež. | Deblj. | Tež. | Deblj. | Tež. | Deblj. | Tež. | Deblj. | Tež. |
| mm | kg/m² | mm | kg/m² | mm | kg/m² | mm | kg/m² | mm | kg/m² | mm | kg/m² | mm | kg/m² | mm | kg/m² |
| 0,18 | 1,41 | 0,38 | 2,98 | 0,88 | 6,91 | 1,75 | 13,7 | 3 | 23,6 | 5 | 39,2 | 16 | 126 | 45 | 353 |
| 0,20 | 1,57 | 0,44 | 3,46 | 1,00 | 7,85 | 2,00 | 15,7 | 3,5 | 27,5 | 6 | 47,1 | 20 | 157 | 50 | 392 |
| 0,22 | 1,73 | 0,50 | 3,92 | 1,13 | 8,87 | 2,25 | 17,7 | 4 | 31,4 | 6,5 | 51,0 | 26 | 204 | 55 | 432 |
| 0,24 | 1,88 | 0,56 | 4,40 | 1,25 | 9,81 | 2,50 | 19,6 | 4,5 | 35,3 | 8 | 62,8 | 30 | 236 | 60 | 471 |
| 0,28 | 2,20 | 0,63 | 4,95 | 1,38 | 10,8 | 2,75 | 21,6 | 4,75 | 37,3 | 10 | 78,5 | 35 | 275 | 65 | 510 |
| 0,32 | 2,51 | 0,75 | 5,89 | 1,50 | 11,8 | | | | | 13 | 102 | 40 | 314 | | |

[1]) Debljine nisu standardizovane.

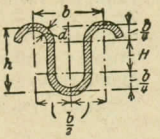
## Tablica 15. Talasasti limovi

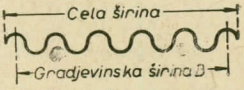
litki talasasti limovi
Krivine su parabolične



F — Površina preseka } za
G — Težina = 0,8 F kg } 1 m
J — Moment inercije } širi-
W — Otporni moment } ne

Visoki talasasti limovi
Krivine su kružne




$$F=12{,}5\,d\,\frac{b}{h}\left\{\frac{4h}{b}\sqrt{1+\left(\frac{4h}{b}\right)^2}+\ln\left(\frac{4h}{b}+\sqrt{1+\left(\frac{4h}{b}\right)^2}\right)\right\}\text{cm}^2.$$

$$J=1280/21\cdot(b_1h_1^3-b_2h_2^3)\cdot 1/b\ \text{cm}^4.$$

$$W=\frac{2J}{h+d}\ \text{cm}^3,\ \text{gde je}\ h_1=\frac{h+d}{2},\ b_1=\frac{b+2{,}6\,d}{4}$$

$$h_2=\frac{h-d}{2},\ b_2=\frac{b-2{,}6\,d}{4}$$

$$F=100\,d\,\frac{l}{b}\left(\pi\,\frac{b}{2}+2H\right)\text{cm}^2,$$

gde je $H=h-{}^1/_2\cdot b$.

$$J=25\,d\,\frac{l}{b}\cdot\left(\frac{\pi}{16}b^3+b^2H+\frac{\pi}{2}\,bH^2+\frac{2}{3}H^3\right)\text{cm}^4.$$

$$W=2J/(h+d)\ \text{cm}^3.$$

| Profil $b\cdot h\cdot d$ mm | $B$ mm | $F$ cm² | $G$ kg/m² | $W$ cm³ |
|---|---|---|---|---|
| **Plitki talasasti limovi** | | | | |
| 60 · 20 · 0,63 | | 7,85 | 6,28 | 3,60 |
| „ „ 0,75 | 720 | 9,34 | 7,47 | 4,26 |
| „ „ 0,88 | 0,897[1]) | 11,0 | 8,77 | 4,98 |
| „ „ 1,00 | 1,25[2]) | 12,5 | 9,96 | 5,62 |
| „ „ 1,25 | | 15,6 | 12,5 | 6,96 |
| 76 · 20 · 0,63 | | 7,32 | 5,86 | 3,43 |
| „ „ 0,75 | 760 | 8,71 | 6,97 | 4,06 |
| „ „ 0,88 | 0,883[1]) | 10,2 | 8,18 | 4,74 |
| „ „ 1,00 | 1,16[2]) | 11,6 | 9,30 | 5,36 |
| „ „ 1,25 | | 14,5 | 11,6 | 6,63 |
| „ „ 1,50 | | 17,4 | 13,9 | 7,87 |
| 100 · 30 · 0,75 | | 9,03 | 7,23 | 6,33 |
| „ „ 0,88 | 800 | 10,6 | 8,48 | 7,39 |
| „ „ 1,00 | 0,960[1]) | 12,0 | 9,64 | 8,37 |
| „ „ 1,25 | 1,20[2]) | 15,1 | 12,0 | 10,4 |
| „ „ 1,50 | | 18,1 | 14,5 | 12,4 |
| 100 · 40 · 0,75 | | 10,0 | 8,00 | 9,07 |
| „ „ 0,88 | 700 | 11,7 | 9,39 | 10,6 |
| „ „ 1,00 | 0,934[1]) | 13,3 | 10,7 | 12,0 |
| „ „ 1,25 | 1,33[2]) | 16,7 | 13,3 | 14,9 |
| „ „ 1,50 | | 20,0 | 16,0 | 17,8 |
| 135 · 30 · 0,75 | | 8,39 | 6,72 | 5,99 |
| „ „ 0,88 | 810 | 9,85 | 7,88 | 7,00 |
| „ „ 1,00 | 0,907[1]) | 11,2 | 8,95 | 7,92 |
| „ „ 1,25 | 1,12[2]) | 14,0 | 11,2 | 9,83 |
| „ „ 1,50 | | 16,8 | 13,4 | 11,7 |
| 150 · 40 · 0,75 | | 8,74 | 6,99 | 8,25 |
| „ „ 0,88 | 750 | 10,3 | 8,21 | 9,70 |
| „ „ 1,00 | 0,874[1]) | 11,7 | 9,33 | 11,0 |
| „ „ 1,25 | 1,17[2]) | 14,6 | 11,7 | 13,7 |
| „ „ 1,50 | | 17,5 | 14,0 | 16,3 |
| 150 · 60 · 1,00 | 600 | 13,3 | 10,7 | 18,2 |
| „ „ 1,25 | 0,800[1]) | 16,7 | 13,3 | 22,6 |
| „ „ 1,50 | 1,33[2]) | 20,0 | 16,0 | 27,0 |
| „ „ 2,00 | | 26,7 | 21,8 | 35,8 |
| **Visoki talasasti limovi** | | | | |
| 90 · 70 · 1 | | 21,3 | 17,0 | 34,8 |
| „ „ 1,25 | 450 | 26,6 | 21,3 | 43,3 |
| „ „ 1,5 | 0,957[1]) | 31,9 | 25,5 | 51,8 |
| „ „ 2 | 2,13[2]) | 42,5 | 34,0 | 68,6 |
| 100 · 50 · 1 | | 15,7 | 12,6 | 19,3 |
| „ „ 1,25 | 600 | 19,6 | 15,7 | 24,0 |
| „ „ 1,5 | 0,942[1]) | 23,6 | 18,8 | 28,6 |
| „ „ 2 | 1,57[2]) | 31,4 | 25,1 | 37,8 |
| 100 · 60 · 1 | | 17,7 | 14,2 | 25,6 |
| „ „ 1,25 | 500 | 22,1 | 17,7 | 31,9 |
| „ „ 1,5 | 0,885[1]) | 26,6 | 21,2 | 38,1 |
| „ „ 2 | 1,77[2]) | 35,4 | 28,3 | 50,4 |
| 100 · 80 · 1,25 | 400 | 27,1 | 21,7 | 50,4 |
| „ „ 1,5 | 0,863[1]) | 32,5 | 26,1 | 60,3 |
| „ „ 2 | 2,17[2]) | 43,4 | 34,7 | 80,0 |
| 100 · 100 · 1,25 | 400 | 32,1 | 25,7 | 72,4 |
| „ „ 1,5 | 1,03[1]) | 38,6 | 30,8 | 86,6 |
| „ „ 2 | 2,57) | 51,4 | 41,1 | 115 |
| **Talasasti limovi za roletne** | | | | |
| Dimenzije i osnove za proračun kao kod plitkih talasastih limova | | | | |
| 30 · 15 · 0,50 | 600 | 7,39 | 5,92 | 2,38 |
| „ „ 0,75 | | 11,1 | 8,87 | 3,52 |
| 40 · 20 · 0,50 | | 7,39 | 5,92 | 3,20 |
| „ „ 0,75 | 0,887[1]) | 11,1 | 8,87 | 4,74 |
| „ „ 1,00 | 1,48[2]) | 14,8 | 11,8 | 6,26 |

[1]) Razvijena dužina u m talasastog lima, građevinske dužine $B$; — [2]) Razvijena dužina talasastog lima širokog 1 m

**3. Trake i vrpce** (*b*, *d*, *l* i ostale skraćenice kao pod 1, v. str. 1243).

**Trakasti čelik**, toplo valjan prema privremenom standardu DIN 1016; *W*: *Tč* prema DIN 1612; $b = 0{,}8$ do 4; $b = 10$ do 300; isporučuje se u vezama, kolutima, šipkama, vrpcama.

**Trakasti čelik**, hladno valjan; $d = 0{,}1$ do 3; $b = 4$ do 200 (i 400).

**Širokotrakasti čelik**; $d = 2$ do 10; $b = 500$ do 1250.

Trakasto gvožđe za pakovanje hladno valjano, sa rupama ili bez rupa.

Trakasto gvožđe za naplatke.

Trake za zavarene cevi.

**»Razvučeni metal«** za rešetke i armature, kao ulošci u beton, kao metalne rešetke za malter; $d = 1{,}25$ do 5; širina strane 2,5 do 8; $b = 2400$ do 4800, $l = 7$ do 25; težina = 0,7 do 8,5 kg/m².

Težine trakastog čelika v. tabl. 2 str. 1244.

**4. Žice** (*d* = debljina). (Skraćenice kao pod 1, v. str. 1243.)

**Valjana žica**, okrugla i četverougaona, $d = 5$ do 13, pljosnata žica $7 \cdot 1{,}8$ do $30 \cdot 3$ ili $20 \cdot 8$.

**Valjana žica** za armirani beton.

**Čelična žica** (gvozdena žica) vučena prema DIN 177, svetla, žarena, pobakrena, kalajisana, pocinkovana, meka, polumeka, polutvrda, tvrda; *W*: *Tč*; $d = 0{,}1$ do 10; isporučuje se u kolutima, ispravljena kao šipkasta žica, tanke žice i na kalemima.

Vrste: žice za jeksere, žica za jeksere za škriljac, za cevi i za okovanu hartiju, žice za zavrtnje, žice za zakivke DIN L 446, žice za lance, žice za vezivanje privremeni standard DIN L 553, žice za tkiva i pletiva i slično, žica za zatezanje privremeni standard DIN L 88, žica za cveće, žica za okca, telegrafska žica, pljosnate žice i profilne žice, ovalna žica, žica za omotavanje kablova, klavirska žica, žica za otskočne opruge, žice za čeličnu užad DIN 2078, žice za struganje DIN Tex 4107, žice za opruge DIN 2076, hromna žica i hromnikl žica, žica za igle. — Žica za skele, katranisana ili pocinkovana, žica za pletivo, bodljikava žica. — Žice za zavarivanje privremeni standard DIN 1913, v. II knj., odeljak: Mašine alatke.

Težina žice v. tabl. 3. str. 989 i tabl. 3, str. 1247; brojeve kalibra žice v. tabl. 5 str. 991. Ostalo v. Stoffhütte, 2. izd. str. 279 i 305.

**5. Proizvodi od livenog gvožđa** (Cevi pod C).

Stubovi za staje, $d = 100$ do 150; $l = 2{,}5$, 2,75, 3,00, 3,25, 3,50.

Stubovi za građevinarstvo, $d = 100$ do 400; max $l = 6$ do 7.

Rozete od livenog gvožđa za ukotvljenje, $D = 200$ i 250.

Šine od livenog gvožđa, $b = 7$ i 9″; $l = 1$. Okrajci, $l = 0{,}65$.

Šipke za rešetke za vatrišta (roštilji).

Delovi mehanizma, v. II knj., Odeljak: Mašinski delovi.

## B. Trgovački proizvodi od obojenih metala

(Cevi pod C), (*d* = debljina [mm], *b* = širina [mm], *h* = visina [mm], *l* = dužina (šipke), *W* = materijal)

**1. Profilisane šipke** (poluge)

Aluminijum i legure Al u šipkama (polugama) (str. 1031).

Brazdasti lim LgN 132 81.

**Bakar** u polufabrikatima prema DIN 1787 (str. 1041).

**Bakar** u polufabrikatima za elektrotehniku prema DIN VDE 500 (str. 1042).

Okrugli bakar vučen DIN 1767; W: A-Cu, C-Cu, E-Cu prema DIN 1708, $d = 2$ do 50; $l = 2$ do 4.

Pljosnati bakar vučen sa oštrim ivicama DIN 1768; W kao kod okruglog bakra; $d = 2$ do 20; $b = 5$ do 120; $l = 2$ do 4.

**Mesing** i t o m b a k, za isporuke i svrha upotrebe prema DIN 1709 (str. 1052).

**Mesingani puni profili**, okrugli, pljosnati, četvorougaoni, šestougaoni i ugaoni mesing, vučen i presovan, tehnički uslovi za isporuke prema DIN 1776.

Okrugli mesing vučen DIN 1758; W: Ms 58, i drugi Ms prema DIN 1709; $d = 2$ do 56; $l = 2$ do 4;

Okrugli mesing tačno vučen DIN 1756; W: do $d = 1{,}8$ Ms 60, preko 1,8 Ms 58; $d = 1$ do 56; do $d = 1{,}8$ $l = 2$, preko 1,8 $l = 2$ do 4.

Okrugli mesing presovan DIN 1782; W: Ms 58 p (Ms 60 p, So-Ms); $d = 10$ do 80; $l = 2$ do 4;

Pljosnati mesing vučen sa oštrim ivicama DIN 1759; W: Ms 63, Ms 60, Ms 58; $d = 2$ do 20; $b = 4$ do 60; $l = 2$ do 4.

Pljosnati mesing presovan sa zaokrugljenim ivicama DIN 1760; W: Ms 58; $d = 3$ do 20; $b = 10$ do 50; $l = 2$ do 4.

Četverougaoni mesing vučen sa oštrim ivicama DIN 1761; W: Ms 58 h; $d = 2$ do 60; $l$ do 4;

Četverougaoni mesing presovan sa zaobljenim ivicama DIN 1762; W: Ms 58; $d = 10$ do 50; $l = 2$ do 4.

Šestougaoni čelik vučen sa oštrim ivicama za zavrtnje DIN 1763; W: Ms 60 do $d = 5$, preko toga Ms 58; $d = 3$ do 50; $l = 2$ do 4.

Šestougaoni mesing presovan sa zaokrugljenim ivicama DIN 1764; W: Ms 58; $d = 10$ do 50; $l = 2$ do 4;

Ugaoni mesing presovan sa zaokrugljenim ivicama DIN 1765; W: Ms 58; $d = 2$ do 6; ravnokrak $b = 10$ do 60; raznokrak $b_1 \cdot b_2 = 10 \cdot 20$ do $30 \cdot 45$ i $25 \cdot 50$; $l = 2$ do 4.

**Legure magnezijuma**, podela, upotreba prema DIN 1717 (str. 1035).

Okrugle šipke (poluge) vučene DIN 9707; W prema DIN 1717; $d = 1$ do 100; min $l = 2$;

Okrugle šipke (poluge) presovane DIN 9708; W prema DIN 1717; $d = 4$ do 120; min $l = 2$;

Pljosnate šipke (poluge) vučene DIN 9701; W prema DIN 1717; $d = 2$ do 20; $b = 5$ do 50; min $l = 2$;

Pljosnate šipke (poluge) presovane DIN 9702; W prema 1717; $d = 3$ do 20; $b = 10$ do 120; min $l = 2$;

Četverougaone šipke (poluge) vučene DIN 9703; W prema DIN 1717; $d = 4$ do 60; min $l = 2$;

Četverougaone šipke (poluge) presovane DIN 9704; W prema DIN 1717 $d = 4$ do 60; min $l = 2$;

Šestougaone šipke (poluge) vučene DIN 9705; W prema DIN 1717; $d = 4$ do 60; min $l = 2$;

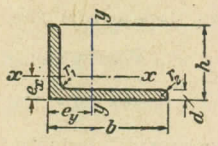
Šestougaone šipke (poluge) presovane DIN 9706; W prema DIN 1717; $d = 4$ do 60; min $l = 2$.

T e ž i n e profilisanih šipki (poluga) v. tabl. 2, str. 1244, i tabl. 3, str. 1247 i standarde.

**Presovani profili od lakog metala**, L sa posuvraćenom ivicom, U, T itd., LgN 134 60 osnovne dimenzije: W za vazduhoplovstvo: 3151 · 5 i 3125 · 6 prema LgN 120 90 list 13; specifična težina 2,8 kg/dm³.

L-profili LgN 134 61, predlog 5; $d = 1{,}5$ do 6; ravnokraki $b = 15$ do 60; raznokraki $b \cdot h = 15 \cdot 20$ do $60 \cdot 40$ (vidi tablicu 16).

T-profili LgN 134 62, predlog 2; $d = 2$ do 6; ravnokraki $b = 30$ do 60; raznokraki $b \cdot h = 30 \cdot 20$ do $70 \cdot 50$ (vidi tablicu 17).




## Tablica 16.
## Presovani profili ⌞ od lakog metala

Izvod iz LgN 134 61 (predlog)

$J$ — Moment inercije, $W$ — Otporni moment
$i = \sqrt{J/F}$ — Poluprečnik inercije
max $r_2 = 0{,}4$ mm, kad je $d = 5$ i 6 mm
max $r_2 = 0{,}6$

| $h$ | $b$ | $d$ | $r_1$ zaokrugljenje | Površ. preseka $F$ | Težina $G$ | Otstojanja od osa | | Za osu $x$—$x$ | | | Za osu $y$—$y$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $e_x$ | $e_y$ | $J_x$ | $i_x$ | $W_x$ | $J_y$ | $i_y$ | $W_y$ |
| mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm | cm | cm⁴ | cm | cm³ | cm⁴ | cm | cm³ |
| 15 | 15 | 1,5 | 1,5 | 0,43 | 0,120 | 0,43 | 0,43 | 0,091 | 0,461 | 0,212 | 0,091 | 0,461 | 0,212 |
| | | 2 | | 0,56 | 0,157 | 0,45 | 0,45 | 0,116 | 0,451 | 0,258 | 0,116 | 0,451 | 0,258 |
| | 20 | 1,5 | 1,5 | 0,50 | 0,140 | 0,38 | 0,60 | 0,099 | 0,445 | 0,260 | 0,201 | 0,636 | 0,335 |
| | | 2 | | 0,66 | 0,185 | 0,39 | 0,64 | 0,126 | 0,436 | 0,323 | 0,262 | 0,628 | 0,409 |
| | | 2,5 | 2,5 | 0,81 | 0,227 | 0,42 | 0,66 | 0,152 | 0,432 | 0,362 | 0,315 | 0,622 | 0,478 |
| | 30 | 2 | 1,5 | 0,86 | 0,241 | 0,33 | 1,08 | 0,144 | 0,410 | 0,438 | 0,803 | 0,968 | 0,742 |
| | | 2,5 | 2,5 | 1,06 | 0,297 | 0,35 | 1,10 | 0,169 | 0,400 | 0,485 | 0,902 | 0,960 | 0,892 |
| | | 3 | | 1,26 | 0,353 | 0,36 | 1,12 | 0,194 | 0,392 | 0,540 | 1,15 | 0,956 | 1,03 |
| 20 | 20 | 2 | 1,5 | 0,76 | 0,213 | 0,57 | 0,57 | 0,287 | 0,611 | 0,500 | 0,287 | 0,611 | 0,500 |
| | | 2,5 | 2,5 | 0,94 | 0,263 | 0,59 | 0,59 | 0,345 | 0,603 | 0,587 | 0,345 | 0,603 | 0,587 |
| | | 3 | | 1,11 | 0,311 | 0,61 | 0,61 | 0,403 | 0,600 | 0,660 | 0,403 | 0,600 | 0,660 |
| | 30 | 2 | 1,5 | 0,96 | 0,269 | 0,47 | 0,97 | 0,324 | 0,580 | 0,689 | 0,893 | 0,962 | 0,921 |
| | | 2,5 | 2,5 | 1,19 | 0,333 | 0,49 | 0,98 | 0,392 | 0,570 | 0,800 | 1,09 | 0,950 | 1,11 |
| | | 3 | | 1,41 | 0,395 | 0,51 | 1,00 | 0,456 | 0,565 | 0,894 | 1,27 | 0,940 | 1,27 |
| | 40 | 2 | 1,5 | 1,16 | 0,325 | 0,41 | 1,40 | 0,348 | 0,541 | 0,849 | 1,96 | 1,29 | 1,40 |
| | | 2,5 | 2,5 | 1,44 | 0,403 | 0,43 | 1,42 | 0,421 | 0,538 | 0,985 | 2,41 | 1,28 | 1,69 |
| | | 3 | | 1,71 | 0,479 | 0,44 | 1,43 | 0,490 | 0,532 | 1,11 | 2,82 | 1,26 | 1,97 |
| 25 | 25 | 2 | 1,5 | 0,96 | 0,269 | 0,70 | 0,70 | 0,577 | 0,772 | 0,826 | 0,577 | 0,772 | 0,826 |
| | | 2,5 | 2,5 | 1,19 | 0,333 | 0,72 | 0,72 | 0,701 | 0,764 | 0,980 | 0,701 | 0,764 | 0,930 |
| | | 3 | | 1,41 | 0,395 | 0,73 | 0,73 | 0,820 | 0,760 | 1,12 | 0,820 | 0,760 | 1,12 |
| | 40 | 2,5 | 2,5 | 1,56 | 0,437 | 0,57 | 1,31 | 0,806 | 0,714 | 1,41 | 2,60 | 1,28 | 1,98 |
| | | 3 | | 1,86 | 0,521 | 0,59 | 1,33 | 0,940 | 0,707 | 1,59 | 3,06 | 1,28 | 2,30 |
| | | 4 | | 2,44 | 0,683 | 0,63 | 1,37 | 1,19 | 0,695 | 1,89 | 3,93 | 1,27 | 2,87 |
| | 50 | 2,5 | 2,5 | 1,81 | 0,507 | 0,51 | 1,75 | 0,850 | 0,685 | 1,66 | 4,80 | 1,63 | 2,72 |
| | | 3 | | 2,16 | 0,604 | 0,53 | 1,77 | 0,995 | 0,677 | 1,88 | 5,66 | 1,61 | 3,20 |
| | | 4 | | 2,84 | 0,795 | 0,57 | 1,81 | 1,29 | 0,672 | 2,27 | 7,31 | 1,60 | 4,04 |
| 30 | 30 | 2,5 | 2,5 | 1,44 | 0,403 | 0,84 | 0,84 | 1,24 | 0,927 | 1,47 | 1,24 | 0,927 | 1,47 |
| | | 3 | | 1,71 | 0,479 | 0,86 | 0,86 | 1,46 | 0,920 | 1,70 | 1,46 | 0,920 | 1,70 |
| | | 4 | | 2,24 | 0,627 | 0,89 | 0,89 | 1,86 | 0,905 | 2,09 | 1,86 | 0,905 | 2,09 |
| | 50 | 3 | 2,5 | 2,31 | 0,647 | 0,68 | 1,68 | 1,69 | 0,852 | 2,50 | 6,03 | 1,61 | 3,60 |
| | | 4 | | 3,04 | 0,851 | 0,71 | 1,71 | 2,15 | 0,837 | 3,01 | 7,80 | 1,59 | 4,55 |
| | 60 | 3 | 2,5 | 2,61 | 0,731 | 0,61 | 2,10 | 1,76 | 0,818 | 2,87 | 9,96 | 1,95 | 4,74 |
| | | 4 | | 3,44 | 0,963 | 0,65 | 2,14 | 2,25 | 0,806 | 3,46 | 12,9 | 1,93 | 6,03 |
| 35 | 35 | 3 | 2,5 | 2,01 | 0,563 | 0,98 | 0,98 | 2,36 | 1,08 | 2,40 | 2,36 | 1,08 | 2,40 |
| | | 4 | | 2,64 | 0,739 | 1,02 | 1,02 | 3,02 | 1,07 | 2,96 | 3,02 | 1,07 | 2,96 |
| 40 | 40 | 3 | 2,5 | 2,31 | 0,647 | 1,11 | 1,11 | 3,59 | 1,24 | 3,24 | 3,59 | 1,24 | 3,24 |
| | | 4 | | 3,04 | 0,851 | 1,15 | 1,15 | 4,61 | 1,23 | 4,00 | 4,61 | 1,23 | 4,00 |
| | 60 | 4 | 2,5 | 3,84 | 1,08 | 1,52 | 1,95 | 6,44 | 1,30 | 4,25 | 14,28 | 1,93 | 7,30 |
| | | 5 | 4 | 4,75 | 1,33 | 1,56 | 1,99 | 7,46 | 1,26 | 4,80 | 17,39 | 1,90 | 8,75 |
| 50 | 50 | 3 | 2,5 | 2,91 | 0,815 | 1,36 | 1,36 | 7,16 | 1,57 | 5,26 | 7,16 | 1,57 | 5,26 |
| | | 4 | | 3,84 | 1,08 | 1,40 | 1,40 | 9,25 | 1,55 | 6,61 | 9,25 | 1,55 | 6,61 |
| | | 5 | 4 | 4,75 | 1,33 | 1,43 | 1,43 | 11,25 | 1,54 | 7,87 | 11,25 | 1,54 | 7,87 |
| 60 | 60 | 4 | 2,5 | 4,66 | 1,30 | 1,65 | 1,65 | 16,30 | 1,87 | 9,88 | 16,30 | 1,87 | 9,88 |
| | | 5 | 4 | 5,77 | 1,62 | 1,69 | 1,69 | 19,92 | 1,86 | 11,78 | 19,92 | 1,86 | 11,78 |
| | | 6 | | 6,86 | 1,92 | 1,72 | 1,72 | 23,33 | 1,84 | 13,56 | 23,33 | 1,84 | 13,56 |

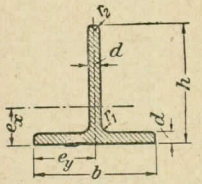
I - profili LgN 134 63, predlog 2; $d = 3$ do 5; $b \cdot h = 40 \cdot 40$, $45 \cdot 45$, $50 \cdot 50$, $50 \cdot 60$, $60 \cdot 60$ (vidi tablicu 18).

U - profili LgN 134 64, predlog 2; $d = 2$ do 5; $b \cdot h = 20$, 30, $40 \cdot 40$, 20, $40 \cdot 50$, $40 \cdot 60$ (vidi tablicu 19).

**Presovani delovi od aluminijuma i legura Al**, privremeni standard DIN 1749, tehnički uslovi za isporuke.

**Limeni profili ⌊ od lakog metala 163** (osnovne dimenzije).

⌊ - profili LgN 138 11; ⌊ - profili sa posuvraćenom ivicom LgN 138 12; U - profili LgN 138 13; U - profili sa posuvraćenom ivicom LgN 138 14; Z - profili sa posuvraćenom ivicom 138 15; Z - profili sa dve posuvraćene ivice LgN 138 16; A - profili LgN 138 17; A - profili sa posuvraćenom ivicom LgN 138 18; A - profili poluokrugli LgN 138 19.




## Tablica 17.

## Presovani profili ⊥ od lakog metala

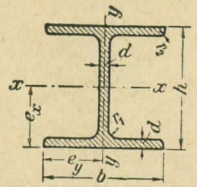
Izvod iz LgN 134 62 (predlog)

$J$, $W$, $i$, v. tabl. 16

Spoljašnje zaokrugljenje max $r_2 = 0{,}4$ mm

kad je $d = 5$ i 6 mm max $r_2 = 0{,}6$ mm

| $h$ | $b$ | $d$ | $r_1$ zaokrugljenje | Površ. preseka $F$ | Težina $G$ | Otstojanja od osa $e_x$ | Otstojanja od osa $e_y$ | Za osu $x$—$x$ $J_x$ | $i_x$ | $W_x$ | Za osu $y$—$y$ $J_y$ | $i_y$ | $W_y$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm | cm | cm⁴ | cm | cm³ | cm⁴ | cm | cm³ |
| 20 | 30 | 2 | 1,5 | 0,96 | 0,269 | 0,47 | 1,50 | 0,328 | 0,574 | 0,700 | 0,451 | 0,672 | 0,300 |
| | | 2.5 | 2,5 | 1,19 | 0,333 | 0,49 | 1,50 | 0,392 | 0,572 | 0,802 | 0,565 | 0,688 | 0,375 |
| | | 3 | | 1,41 | 0,395 | 0,51 | 1,50 | 0,455 | 0,568 | 0,892 | 0,679 | 0,696 | 0,453 |
| 30 | 30 | 2 | 1,5 | 1,16 | 0,325 | 0,82 | 1,50 | 1,02 | 0,942 | 1,26 | 0,452 | 0,626 | 0,301 |
| | | 2.5 | 2,5 | 1,44 | 0,403 | 0,84 | 1,50 | 1,25 | 0,936 | 1,48 | 0 566 | 0,627 | 0,371 |
| | | 3 | | 1,71 | 0,479 | 0,86 | 1,50 | 1,46 | 0,928 | 1,72 | 0,681 | 0,628 | 0,454 |
| | 40 | 2,5 | | 1,82 | 0,510 | 0,70 | 2,25 | 4,96 | 1,65 | 7,05 | 1,90 | 1,02 | 0,845 |
| | | 3 | 2,5 | 2.16 | 0,605 | 0,72 | 2,25 | 5,86 | 1,64 | 8,12 | 2,28 | 1,03 | 1,01 |
| | | 4 | | 2,84 | 0,795 | 0,75 | 2,25 | 7,53 | 1,62 | 10,00 | 3,05 | 1,03 | 1,36 |
| 35 | 35 | 2,5 | 2,5 | 1,69 | 0,473 | 0,97 | 1,75 | 2,01 | 1,09 | 2 08 | 0,897 | 0,728 | 0,515 |
| | | 3 | | 2,01 | 0,563 | 0,98 | 1,75 | 2 57 | 1,08 | 2,42 | 1,08 | 0,730 | 0 617 |
| | | 4 | | 2,64 | 0,739 | 1,02 | 1,75 | 3,02 | 1,07 | 2,96 | 1,45 | 0,742 | 0.330 |
| | 50 | 3 | 2,5 | 2,46 | 0,689 | 0,83 | 2,50 | 2,62 | 1,01 | 3,16 | 3,13 | 1,13 | 1,25 |
| | | 4 | | 3,24 | 0,907 | 0,87 | 2,50 | 3,36 | 1,00 | 3,82 | 4,18 | 1,14 | 1,67 |
| | | 5 | 4 | 4,00 | 1,12 | 0,90 | 2,50 | 4,05 | 1,00 | 4,50 | 5,24 | 1,15 | 2,10 |
| 40 | 40 | 3 | 2,5 | 2,31 | 0,647 | 1,08 | 2.00 | 3,58 | 1,25 | 3,30 | 1,61 | 0,836 | 0,805 |
| | | 4 | | 3,04 | 0,851 | 1,15 | 2,00 | 4,94 | 1,24 | 4,32 | 2,15 | 0,842 | 1,08 |
| | 60 | 4 | 2,5 | 3,84 | 1,08 | 0,95 | 3 00 | 5,18 | 1,16 | 5.45 | 7,22 | 1,37 | 2,41 |
| | | 5 | 4 | 4,75 | 1,33 | 0,99 | 3,00 | 6,27 | 1,15 | 6,35 | 9,04 | 1,38 | 3,01 |
| 50 | 50 | 3 | 2,5 | 2,91 | 0,815 | 1,36 | 2,50 | 7,15 | 1,57 | 5.20 | 3,14 | 1,03 | 1,26 |
| | | 4 | | 3,84 | 1,08 | 1,40 | 2,50 | 9,23 | 1,55 | 6,60 | 4,19 | 1,04 | 1,67 |
| | | 5 | 4 | 4,75 | 1,33 | 1,43 | 2,50 | 11,20 | 1,53 | 7,82 | 5,26 | 1,05 | 2,10 |
| | 70 | 4 | 2,5 | 4,64 | 1,30 | 1,19 | 3,50 | 10,23 | 1,49 | 8,60 | 11,46 | 1,57 | 3,26 |
| | | 5 | 4 | 5,75 | 1,61 | 1,23 | 3,50 | 12,47 | 1,47 | 10.10 | 14.34 | 1,58 | 4,12 |
| | | 6 | | 6,84 | 1,92 | 1,26 | 3,50 | 14,51 | 1,45 | 11,60 | 17,23 | 1.59 | 4,95 |
| 60 | 60 | 4 | 2,5 | 4,64 | 1,30 | 1,65 | 3,00 | 16,31 | 1,87 | 9,90 | 7,23 | 1,25 | 2,41 |
| | | 5 | | 5,75 | 1,61 | 1,69 | 3,00 | 19.84 | 1,85 | 11.77 | 9,05 | 1 25 | 3,02 |
| | | 6 | 4 | 6,84 | 1,92 | 1,72 | 3,00 | 23,21 | 1,84 | 13,47 | 10,88 | 1,26 | 3,63 |




## Tablica 18.

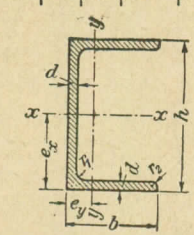
## Presovani profili I od lakog metala

Izvod iz LgN 134 63 (predlog)

*J*, *W*, *i* v. tabl. 16

Spoljašnje zaokrugljenje max $r_2 = 0{,}4$ mm,
kad je $d = 5$ mm max $r_2 = 0{,}6$ mm.

| *h* | *b* | *d* | $r_1$ zaokrugljenje | Površ. preseka *F* | Težina *G* | Otstojanja od osa | | Za osu *x*—*x* | | | Za osu *y*—*y* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $e_x$ | $e_y$ | $J_x$ | $i_x$ | $W_x$ | $J_y$ | $i_y$ | $W_y$ |
| mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm | cm | cm⁴ | cm | cm³ | cm⁴ | cm | cm³ |
| 40 | 40 | 3 | 2,5 | 3,42 | 0,958 | 2,00 | 2,00 | 9,13 | 1,64 | 4,57 | 3,19 | 0,968 | 1.60 |
| | | 4 | | 4,48 | 1,25 | 2,00 | 2,00 | 11,50 | 1,60 | 5,75 | 4,28 | 0,976 | 2,14 |
| 45 | 45 | 3 | 2,5 | 3,87 | 1,08 | 2,25 | 2,25 | 13,57 | 1,86 | 6,03 | 4,56 | 1,08 | 2,03 |
| | | 4 | | 5,08 | 1,42 | 2,25 | 2,25 | 17,26 | 1,82 | 7,67 | 6,10 | 1,08 | 2,71 |
| | | 5 | 4 | 6,25 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 20,23 | 1,78 | 9,00 | 7,64 | 1,09 | 3,40 |
| 50 | 50 | 3 | 2,5 | 4,32 | 1,21 | 2,50 | 2,50 | 18,72 | 2,08 | 7,49 | 6,26 | 1,20 | 2,50 |
| | | 4 | | 5,68 | 1,59 | 2,50 | 2,50 | 23,69 | 2,04 | 9,47 | 8,36 | 1,21 | 3,35 |
| | | 5 | 4 | 7,00 | 1,96 | 2,50 | 2,50 | 28,08 | 2,01 | 11,23 | 10,47 | 1,23 | 4,20 |
| 60 | 50 | 3 | 2,5 | 4,62 | 1,29 | 3,00 | 2,50 | 29,27 | 2,48 | 9,76 | 6,26 | 1,15 | 2,50 |
| | | 4 | | 6,08 | 1,70 | 3,00 | 2,50 | 36,98 | 2,44 | 12,32 | 8,36 | 1,16 | 3,34 |
| | | 5 | 4 | 7,50 | 2,10 | 3,00 | 2,50 | 43,93 | 2,40 | 14,64 | 10,47 | 1,17 | 4,19 |
| | 60 | 4 | 2,5 | 6,88 | 1,93 | 3,00 | 3,00 | 42,38 | 2,48 | 14,13 | 14,43 | 1,45 | 4,80 |
| | | 5 | 4 | 7,50 | 2,10 | 3,00 | 3,00 | 50,73 | 2,58 | 16,91 | 18,06 | 1,55 | 6,02 |




## Tablica 19.

## Presovani profili ⊏ od lakog metala

Izvod iz LgN 134 64 (predlog)

*J*, *W*, *i* v. tabl. 16

Spoljašnje zaokrugljenje max $r_2 = 0{,}4$ mm,
kad je $d = 5$ mm max $r_2 = 0{,}6$ mm.

| *h* | *b* | *d* | $r_1$ zaokrugljenje | Površ. preseka *F* | Težina *G* | Otstojanja od osa | | Za osu *x*—*x* | | | Za osu *y*—*y* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $e_x$ | $e_y$ | $J_x$ | $i_x$ | $W_x$ | $J_y$ | $i_y$ | $W_y$ |
| mm | mm | mm | mm | cm² | kg/m | cm | cm | cm⁴ | cm | cm³ | cm⁴ | cm | cm³ |
| 40 | 20 | 2 | 1,5 | 1,52 | 0,426 | 2,0 | 0,57 | 3,67 | 1,54 | 1,83 | 0,570 | 0,612 | 1,02 |
| | | 3 | 2,5 | 2,22 | 0,622 | 2,0 | 0,61 | 5,10 | 1,52 | 2,55 | 0,806 | 0,608 | 1,32 |
| | 30 | 3 | 2,5 | 2,82 | 0,790 | 2,0 | 1,01 | 7,16 | 1,59 | 3,58 | 2,54 | 0,944 | 2,52 |
| | | 4 | | 3,68 | 1,03 | 2,0 | 1,05 | 8,90 | 1,55 | 4,45 | 3,22 | 0,934 | 3,10 |
| | 40 | 4 | 2,5 | 4,48 | 1,25 | 2,0 | 1,47 | 11,50 | 1,60 | 5.75 | 7,25 | 1,28 | 4,95 |
| | | 5 | 4 | 5,50 | 1,54 | 2,0 | 1,52 | 13,56 | 1,56 | 6,78 | 8,75 | 1,26 | 5,80 |
| 50 | 30 | 3 | 2,5 | 3,12 | 0,874 | 2,5 | 0,93 | 12,00 | 1,96 | 4,80 | 2,75 | 0,936 | 2,95 |
| | | 4 | | 4,08 | 1,14 | 2,5 | 0,96 | 15,20 | 1,94 | 6,08 | 3,46 | 0,926 | 3,62 |
| | 40 | 4 | 2,5 | 4,88 | 1,25 | 2,5 | 1,38 | 19,68 | 1,99 | 7,87 | 7,90 | 1,27 | 5,77 |
| | | 5 | 4 | 6,00 | 1,68 | 2,5 | 1,42 | 23,20 | 1,96 | 9,28 | 9,49 | 1,25 | 6,73 |
| 60 | 40 | 4 | 2,5 | 5,28 | 1,48 | 3,0 | 1,29 | 30,19 | 2,37 | 10,06 | 8,85 | 1,29 | 6,92 |
| | | 5 | 4 | 6,50 | 1,82 | 3,0 | 1,33 | 35,54 | 2,34 | 11,85 | 10,10 | 1,25 | 7,50 |

**2. Limovi, trake i uske trake** (v. i pod 3. folije).

**Aluminijumski lim** (str. 1031).

**Lim od legura Al** DIN 1783, Wb prema DIN 1745; $d = 0{,}2$ do 30; $b = 300$ do 1000; $l$ do 2. Table.

**Aluminijumska traka, aluminijumska uska traka** hladno valjane, obrezane po DIN 1793; W: Al 98/99, $d = 0{,}1$ do 4; $b = 4$ do 200; $l$ za traku = proizvodna dužina $l$ za usku traku do 5. Traka u kolutima.

**Traka i uska traka od legure Al** DIN 1784; Wb prema privremenom standardu DIN 1745; $d = 0{,}2$ do 3, $b$ do 750; min $l$ za traku = 4; traka u kolutima, uske trake ravne.

**Bakarni lim** (str. 1041) hladno valjan DIN 1752; W : C-Cu i E-Cu; $d = 0{,}1$ do 5; $b = 300$ do 1000; $l =$ do 3. Koluti i table.

**Bakarna traka i uska traka** hladno valjani, obrezani prema DIN 1792; W: C-Cu i E-Cu; $d = 0{,}1$ do 4; $b = 4$ do 200; $l$ za traku = proizvodna dužina, $l$ za uske trake do 4. Traka u kolutima.

**Lim i traka za opruge od legura bakra** DIN 1777, mesing DIN 1778, bronza DIN 1779, novo srebro DIN 1780; W: Ms 63 F 52, W Bz 6 F 65, novo srebro; $d = 0{,}1$ do 1,2; za lim $b = 250$, 300, 350, za traku $b = 3$ do 160; $l$ za lim = 1 do 3, $l$ za traku = proizvodna dužina. Lim u tablama, traka u kolutima.

**Mesingani lim** hladno valjan DIN 1751; W prema DIN 1709 (str. 1052) Ms 63 i drugi. W prema DIN 1709; $d = 0{,}1$ do 5; $b = 300$ do 1000, $l = 1$ do 3. Koluti i table.

**Mesingana traka, uska mesingana traka** hladno valjani, obrezani prema DIN 1791; W: Ms 63 i drugi. W prema DIN 1709 (str. 1052); $d = 0{,}1$ do 4; $b = 4$ do 200; $l$ za traku = proizvodna dužina, $l$ za otsečak trake do 4. Traka u kolutima.

**Lim od legura magnezijuma** za vazduhoplovstvo DIN 9101; W: 3501 · 2 i 3510 · 2; $d = 0{,}3$, do 10; $b = 400$ do 650; $l = 1{,}45$ do 3. Table.

**Cinkov lim** prema skali debljina cinkovih limova, v. tabl. 20, str. 1268. Normalne veličine tabli 0,65 · 2, 0,8 · 2, 1 · 2, 1 · 2,5 m².

**Olovni lim** v. tabl. 21, str. 1269.

**Cinkovi talasasti limovi** v. tabl. 22., str. 1269.

Izračunavanje težina limova v. tabl. 4 str. 990 i tabl. 2, str. 1246.

**3. Folije** (metalni listovi) su tanki limovi, debljina manjih od približno 0,15 mm. Proizvode se valjanjem već valjanih, u pakete združenih, pojedinačnih limova, koji su međusobno odvojeni tankim slojem masti ili ulja. Vrlo tanke debljine ostvaruju se stanjivanjem prethodno izvaljanih listova pomoću čekića rukom ili mehanički između pergamentskih listova, a najtanje folije između pokožica za kovanje zlata (pokožice ili membrane sa volovskog slepog creva) u većem broju (više stotina folija najednom). Još tanje folije, do prozirnosti, mogu se ostvariti galvanskim putem prema postupku Dr. K. Müller-a (Phys.-Techn. Reichsanstalt).

Važna svojstva folija su: savitljivost, tako da se bez cepanja mogu priljubiti uz svaki oblik; gužvanje bez pukotina, naročito za potrebe pakovanja; zbijenost i nepropustljivost za vlagu i gasove (mirise); izvesna otpornost. Čak za najtanje folije debele samo jedan milioniti deo cm, na pr., kod zlata, garantovana je zbijenost, jer u tom slučaju leži još uvek 20 atoma jedni na drugim.

**Aluminijumske folije** služe za pakovanje, izolaciju, nakit, ukrašavanje, izrađuju se u listovima najraznijih dimenzija, i u kolutima, širine do 700 mm:

Debljina [mm]: 0,005 0,0055 0,006 0,007 0,008 0,009 0,010 0,012 0,015 0,018 0,020 0,025
Težina [g/m²]: 13,50 14,70 16,10 19,20 22,22 24,39 27,00 32,25 40,50 48,78 55,55 67,50

**Olovne folije** za pakovanje, tehničke i grafičke svrhe, kalajisanje, sa šarama, obojene, štampane šarama, u debljinama od 0,011 do 0,2 mm, 8 do 1 m²/kg, listovi i koluti širine do 450 mm. Folije od 2,5 × 0,75 m² samo u debljinama preko 0,25 mm.

**Bakarne folije** za šablone i oblaganje građevinskih delova u debljinama od 0,01 do 0,15 mm i u međudimenzijama od 0,01 mm. Listovi od 300 × 700 mm²; koluti samo za veće debljine.

**Bakar-cink-folije** od mesinga ili tombaka (imitacija listova zlata, zlatna pena) u debljini ≧ 0,0005 mm, listići od 85 × 85 mm².

**Cinkove folije**. Listovi (br. 00) 500 × 500 mm², 0,05 mm debljine 0,09 kg/m². (br. 0) 500 × 500 i 500 × 1000 mm², 0,075 mm debljine, 0,13 kg/m²

**Kalajne folije** (staniol) za pakovanje u cilju konzerviranja životnih namirnica i slatkiša, za tehničke svrhe, oblaganje ogledala (Leidenske boce), sa šarama, u boji, štampane šarama, u debljinama od 0,0068 do 0,13 mm, 20 do 1 m²/kg. Listovi i koluti do širine od 450 mm. Folije 2 × 0,75 m² samo u debljinama preko 0,25 mm.

**Folije od kompozicija** sa 50, 80, 90% kalaja, ostatak olova, za pakovanje, tehničke i grafičke svrhe, sa šarama u boji, sa štampanim šarama, debljine 0,2 do 0,01 i do 0,008 mm prema sadržini kalaja. Listovi i koluti do širine od 450 mm.

**Folije od kalaja i cinka** (imitacija srebrnih listova, srebrna pena) u debljini ≧ 0,00125 mm, listići od 85 × 85 mm².

**Folije od plemenitih metala.** Zlatne folije (pravi zlatni listovi) za pozlate, debljina ≧ 0,0001 mm. Srebrne folije (pravi srebrni listovi), debljina ≧ 0,0002 mm.

**Folije od nikla** u raznim dosad nestandardizovanim formatima i debljinama. Najmanja debljina 0,03 mm.

### 4. Žice v. i pod 1. Okrugle šipke (poluge).

**Aluminijumska žica** (str. 1034).

**Bakarna žica** okrugla, vučena DIN 1766; W: C Cu i E Cu prema DIN 1708; $d = 0{,}1$ do 8. U kolutima ili na kalemima za isporuke prema DIN VDE 6390.

Bakarna žica za elektrotehniku (str. 1042).

**Mesingana žica** okrugla, vučena, žarena ili tvrda DIN 1757; W: Ms 63 i Ms 60, i Ms 58 prema DIN 1709; $d = 0{,}2$ do 8. U kolutima ili na kalemima za isporuku prema DIN 6390.

**Bronzana žica** za telegrafsko-telefonske spoljne vodove DIN VDE 8300, v. tabl. 3, str. 1048.

Olovna žica v. tabl. 23, str. 1269.

Težina žice, v. tabl. 3, str. 989, i tabl. 3 str. 1247.

**Tablica 20. Nemačka skala debljina cinkovog lima**

| Broj skale . . . | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Debljina mm . . | 0,10 | 0,143 | 0,186 | 0,228 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,58 | 0,65 | 0,74 |
| Težina kg/m² . . | 0,70 | 1,00 | 1,30 | 1,60 | 1,75 | 2,10 | 2,45 | 2,80 | 3,15 | 3,50 | 4,06 | 4,62 | 5,18 |

| Broj skale . . . | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Debljina mm . . | 0,82 | 0,95 | 1,08 | 1,21 | 1,34 | 1,47 | 1,60 | 1,78 | 1,96 | 2,14 | 2,32 | 2,50 | 2,68 |
| Težina kg/m² . . | 5,74 | 6,65 | 7,56 | 8,47 | 9,38 | 10,29 | 11,20 | 12,46 | 13,72 | 14,98 | 16,24 | 17,50 | 18,76 |

**Tablica 21. Olovni lim** (spec. težina 11,34 kg/dm³)

| Debljina mm | Težina kg/m² | Debljina mm | Težina kg/m² | Debljina mm | Težina kg/m² | Debljina mm | Težina kg/m² | Debljina mm | Težina kg/m² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,3 | 3,40 | 1,0 | 11,34 | 2,75 | 31,18 | 6,0 | 68,04 | 9,5 | 107,7 |
| 0,4 | 4,54 | 1,25 | 14,18 | 3,0 | 34,02 | 6,5 | 73,71 | 10,0 | 113,4 |
| 0,5 | 5,67 | 1,5 | 17,01 | 3,5 | 39,69 | 7,0 | 79,38 | 11,0 | 124,7 |
| 0,6 | 6,80 | 1,75 | 19,84 | 4,0 | 45,36 | 7,5 | 85,05 | 12,0 | 136,1 |
| 0,7 | 7,94 | 2,0 | 22,68 | 4,5 | 51,03 | 8,0 | 90,70 | — | — |
| 0,8 | 9,07 | 2,25 | 25,52 | 5,0 | 56,70 | 8,5 | 96,39 | — | — |
| 0,9 | 10,21 | 2,5 | 28,35 | 5,5 | 62,37 | 9,0 | 102,1 | — | — |

**Tablica 22. Cinkovi talasasti limovi**

| Broj profila | Širina talasa mm | Visina talasi mm | Najveća širina mm | Najveća dubina m | $F^1)$ cm² za debljinu lima od 1 mm | $G$ kg/m² za debljinu lima od 1 mm | $W^2)$ cm³ za debljinu lima od 1 mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 117 | 55 | oko 1,60 | oko 3,00 | 14,50 | 10,33 | 20,9 |
| B | 110 | 32 | „ 1,60 | „ 3,00 | 12,35 | 8,79 | 10,0 |
| C | 100 | 32 | „ 1,30 | „ 3,00 | 12,50 | 8,90 | 10,4 |
| Grillo | 100 | 26 | „ 1,00 | „ 2,80 | 11,40 | 8,13 | 7,3 |
| D | 60 | 14 | „ 1,50 | „ 2,61 | 11,50 | 8,20 | 4,2 |
| E | 20 | 6 | „ 1,00 | „ 2,58 | 11,65 | 8,30 | 1,9 |
| F | 14 | 6 | „ 0,35 | | | | |

[1]) Površina preseka za tablu široku 1 m. — [2]) Otporni moment za tablu široku 1 m.

**Tablica 23. Olovna žica** (spec. težina 11,34 kg/dm³)

| Debljina mm | Težina kg/100 m | Debljina mm | Težina kg/100 m | Debljina mm | Težina kg/100 m | Debljina mm | Težina kg/100 m | Debljina mm | Težina kg/100 m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,2 | 1,0 | 0,9 | 3,5 | 10,91 | 6,0 | 32,1 | 11,0 | 107,8 |
| 0,6 | 0,3 | 1,5 | 2,0 | 4,0 | 14,3 | 7,0 | 43,6 | 12,0 | 128,2 |
| 0,7 | 0,4 | 2,0 | 3,6 | 4,5 | 18,0 | 8,0 | 57,0 | 13,0 | 150,5 |
| 0,8 | 0,6 | 2,5 | 5,6 | 5,0 | 22,2 | 9,0 | 72,1 | 14,0 | 174,5 |
| 0,9 | 0,7 | 3,0 | 8,0 | 5,5 | 26,9 | 10,0 | 89,1 | 15,0 | 200,4 |

# C. Cevi

v. i II. knj., odeljak: Mašinski delovi

## a) Opšte

**Izbor materijala** (v. i Stoffhütte, 2. izd. str. 299). Cevi za paru: bešavne, točeni čelik prema DIN 1629; za nominalni pritisak manji od 25 kg/cm² i $t$ ispod 300° St 00.29; preko toga St. 35.29, 45.29, St. 55.29 65.29; za $t$ preko 400° lako legiran čelik otporan prema toploti (Cu-Mo, Mo, Cr-Mo), vidi »Richtlinien der Grosskesselbesitzer e. V. für Heissdampfrohrleitungen«. Cevi za kotlove, pregrejače i predgrejače: bešavne, točeni čelik prema DIN 1629 St 35.29 ili 45.29; za pregrejavanje preko 550° materijali postojani prema toploti (Sicromal, Ferrotherm, Thermax). Vodovodi i gasovodi: liveno gvožđe prema DIN 1691 Ge 14.91; točeni čelik, bez šava prema DIN

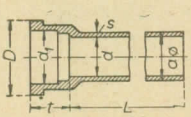
1629 St 00.29 do nominalnog pritiska = 25 kg/cm², za veće pritiske (daleki gasovodi) St. 35.29 do St 55.29. Za obične i ojačane cevi sa zavojnicama prema DIN 2440 i 2441 St 00.29 prema DIN 1629. za cevi sa zavojnicama visoke vrednosti cevi prema DIN 2442 St 35.29 do 55.29; točeni čelik preklopno zavaren prema DIN 1628 St 34.28, zavaren topljenjem (autogeno) prema DIN 1626, čeono

**Tablica 24. Cevi za pritisak od livenog**

prema DIN 2432 i 2422 za

Označavanje cevi za pritisak od livenog gvožđa sa naglavkom unutrašnjeg prečnika $d = 250$ i $L = 4000$ mm. Cev od livenog gvožđa sa naglavkom za pritisak 250 × 4000 DIN 2432

| Unutrašnji prečnik | Cev | | | Cevi sa naglavkom za pritisak[3]) (sl. 1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Naglavci[2]) | | | Slagališne dužine | Težina cevi slagališne dužine $L$ sa naznakom | Težina 1 m cevi sa naglavkom |
| | Spoljni prečnik | Debljina zida | Težina (glatke cevi) | Prečnik | Dubina | Prečnik | | | |
| $d$[4]) | $a$[1]) | $s$[1]) | | $d_1$ | $t$ | $D$ | $L$ | | |
| mm | mm | mm | kg/m | mm | mm | mm | m | kg | kg |
| 40 | 55 | 7,5 | 8,11 | 69 | 74 | 115 | 2; 2,5; 3 | 18,9; 23,0; 27,0 | 9,45; 9,20; 9,00 |
| 50 | 65 | 7,5 | 9,82 | 80 | 77 | 126 | 2,5; 3 | 27,7; 32,6 | 11,1; 10,9 |
| (60) | 76 | 8 | 12,4 | 91 | 80 | 139 | 3; 3,5 | 42,0; 47,3 | 14,0; 13,5 |
| 70 | 86 | 8 | 14,2 | 101 | 82 | 149 | 3; 3,5 | 47,0; 54,1 | 15,7; 15,5 |
| 80 | 97 | 8,5 | 17,1 | 112 | 84 | 162 | 3,5; 4 | 64,9; 73,5 | 18,5; 18,4 |
| (90) | 107 | 8,5 | 19,1 | 122 | 86 | 172 | 3,5; 4 | 72,6; 82,1 | 20,7; 20,5 |
| 100 | 118 | 9 | 22,3 | 133 | 88 | 183 | 3,5; 4 | 84,3; 95,4 | 24,1; 23,9 |
| 125 | 144 | 9,5 | 29,1 | 159 | 91 | 211 | 4 | 124 | 31,0 |
| 150 | 170 | 10 | 36,4 | 185 | 94 | 239 | 4; 5 | 156; 192 | 39,0; 38,4 |
| (175) | 197 | 11 | 46,6 | 212 | 97 | 268 | 4; 5 | 198; 245 | 49,5; 49,0 |
| 200 | 222 | 11 | 52,9 | 238 | 100 | 296 | 4; 5 | 226; 279 | 56,5; 55,8 |
| (225) | 249 | 12 | 64,8 | 265 | 100 | 325 | 4; 5 | 276; 341 | 69,0; 68,2 |
| 250 | 274 | 12 | 71,6 | 291 | 103 | 353 | 4; 5 | 306; 378 | 76,5; 75,6 |
| (275) | 299 | 12 | 78,4 | 316 | 103 | 380 | 4; 5 | 336; 415 | 84,0; 83,0 |
| 300 | 326 | 13 | 92,7 | 343 | 105 | 409 | 4; 5 | 397; 489 | 99,3; 97,8 |
| (325) | 351 | 13 | 100 | 368 | 105 | 436 | 4; 5 | 429; 529 | 107; 106 |
| 350 | 378 | 14 | 116 | 395 | 107 | 465 | 4; 5 | 496; 612 | 124; 122 |
| (375) | 403 | 14 | 124 | 421 | 107 | 491 | 4; 5 | 530; 654 | 133; 131 |
| 400 | 428 | 14 | 132 | 447 | 110 | 519 | 4; 5 | 567; 699 | 142; 140 |
| 450 | 480 | 15 | 159 | 499 | 112 | 573 | 4; 5 | 681; 840 | 170; 168 |
| 500 | 532 | 16 | 188 | 552 | 115 | 630 | 4; 5 | 807; 995 | 202; 199 |
| (550) | 582 | 16 | 206 | 602 | 117 | 682 | 4; 5 | 886; 1090 | 222; 218 |
| 600 | 634 | 17 | 239 | 655 | 120 | 737 | 4; 5 | 1030; 1270 | 257; 253 |
| 700 | 738 | 19 | 311 | 760 | 125 | 850 | 4; 5 | 1340; 1650 | 336; 331 |
| 800 | 842 | 21 | 393 | 866 | 130 | 964 | 4; 5 | 1700; 2090 | 425; 419 |
| 900 | 946 | 23 | 484 | 971 | 135 | 1075 | 4; 5 | 2100; 2580 | 524; 516 |
| 1000 | 1048 | 24 | 560 | 1074 | 140 | 1184 | 4; 5 | 2440; 3000 | 609; 599 |
| 1100 | 1152 | 26 | 667 | 1178 | 145 | 1296 | 4; 5 | 2910; 3580 | 728; 716 |
| 1200 | 1256 | 28 | 783 | 1282 | 150 | 1408 | 4; 5 | 3430; 4210 | 857; 842 |



DIN 2432

Sl. 1

[1]) Standard će biti proširen. Debljina zida $s$ cevi vrlo malo razlikuju od standarda iz 1882 god., tako vaju raspoloživi modeli prema tom standardu. U ni prečnik prirubnice i debljine prirubnica po stanšnjeg kruga, broj zavrtnjeva i prečnik zavrtnja treba venog gvožđa prema DIN 2437. — [3]) Izrada: iznutra [4]) dozvoljena otstupanja unutrašnjih prečnika v. pro-DVM; v. i DIN 1691. Veličine u zgradama treba izsu još unutrašnji prečnici (110), (140) i (160). Usvojeno nicama sa većim unutrašnjim prečnikom mogu se livenog gvožđa prema DIN 2532, zaptivke prema DIN vrtkom prema DIN 418, izrada B.

zavarene cevi sa zavojnicama prema DIN 2440 i 2441 od Thomasova čelika prema DIN 1629. Ostali materijali, staklo, porcelan, veštački materijali. Vodovodi za ulje, cevovodi za penjanje tečnosti, cevovodi za turine, cevovodi za komprimovan vazduh, cevovodi za gas pod visokim pritiskom: ako se spajanje vrši zavariva-

## gvožđa i cevi sa prirubnicama

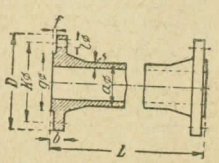
nominalni pritisak 10 kg/cm²

Označavanje cevi od livenog gvožđa sa prirubnicom, unutrašnjeg prečnika $d = 250$ i $L = 3000$ mm. Cev od livenog gvožđa sa prirubnicom
250 × 3000 DIN 2422

Cevi sa prirubnicama (sl. 2)

| Prirubnica[6] | | | Zavrtnji[7] | | | Zaplivni zazor | | Slagališne dužine | Težina cevi sa prirubn. slagališne dužine |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prečnik $D$ | Debljina $b$ | Preč. unutraš. kruga $K$ | Komada | Zavojnice | Unutrašnji prečnik $l$ | Prečnik $g$ | Visina $f$ | $L^5$) | $L$=3000 |
| mm | mm | mm | | engl. colj | mm | mm | mm | m | kg |
| 150 | 18 | 110 | 4 | 5/8 | 18 | 88 | 3 | 2 i 3 | 27,9 |
| 165 | 20 | 125 | 4 | 5/8 | 18 | 102 | 3 | | 34,4 |
| 175 | 20 | 135 | 4 | 5/8 | 18 | 112 | 3 | | 42,4 |
| 185 | 20 | 145 | 4 | 5/8 | 18 | 122 | 3 | | 48,5 |
| 200 | 22 | 160 | 4 | 5/8 | 18 | 138 | 3 | | 58,9 |
| 210 | 22 | 170 | 8 | 5/8 | 18 | 148 | 3 | | 65,3 |
| 220 | 22 | 180 | 8 | 5/8 | 18 | 158 | 3 | | 75,5 |
| 250 | 24 | 210 | 8 | 5/8 | 18 | 188 | 3 | | 98,5 |
| 285 | 24 | 240 | 8 | 3/4 | 22 | 212 | 3 | | 122 |
| 315 | 26 | 270 | 8 | 3/4 | 22 | 242 | 3 | | 157 |
| 340 | 26 | 295 | 12 | 3/4 | 22 | 268 | 3 | 3 i 4 | 178 |
| 370 | 26 | 325 | 12 | 3/4 | 22 | 296 | 3 | | 216 |
| 395 | 28 | 350 | 12 | 3/4 | 22 | 320 | 3 | | 241 |
| 420 | 28 | 375 | 12 | 3/4 | 22 | 345 | 4 | | 262 |
| 445 | 28 | 400 | 12 | 3/4 | 22 | 370 | 4 | | 305 |
| 475 | 30 | 430 | 16 | 3/4 | 22 | 400 | 4 | | 334 |
| 505 | 30 | 460 | 16 | 3/4 | 22 | 430 | 4 | | 385 |
| 540 | 32 | 490 | 16 | 7/8 | 25 | 456 | 4 | | 417 |
| 565 | 32 | 515 | 16 | 7/8 | 25 | 482 | 4 | | 443 |
| 615 | 32 | 565 | 20 | 7/8 | 25 | 532 | 4 | | 528 |
| 670 | 34 | 620 | 20 | 7/8 | 25 | 585 | 4 | | 625 |
| 730 | 36 | 675 | 20 | 1 | 30 | 635 | 4 | | 694 |
| 780 | 36 | 725 | 20 | 1 | 30 | 685 | 5 | | 795 |
| 805 | 40 | 850 | 24 | 1 | 30 | 800 | 5 | | 1043 |
| 1015 | 44 | 950 | 24 | 1 1/8 | 33 | 905 | 5 | | 1320 |
| 1115 | 46 | 1050 | 28 | 1 1/8 | 33 | 1005 | 5 | | 1622 |
| 1230 | 50 | 1160 | 28 | 1 1/4 | 36 | 1110 | 5 | | 1966 |
| 1340 | 52 | 1270 | 32 | 1 1/4 | 36 | 1220 | 5 | | 2262 |
| 1455 | 56 | 1380 | 32 | 1 3/8 | 40 | 1330 | 5 | | 2674 |

$l$ spoljašni prečnik $a$ cevi su osnovne mere. One se da ništa ne stoji na putu da se i dalje upotrebljaprelaznom periodu mogu se do daljega zadržati spoljdardima iz 1882 god. Nasuprot tome, prečnik unutrausvojiti prema DIN standardu. — [2]) Naglavci od li- i spolja toplo katranisano; probni pritisak 16 kg/cm², pise za isporuku livenog gvožđa, koje je ustanovio begavati. Kod cevi sa prirubnicama standardizovani je da je specif. tež. 7,25 kg/dm³. — [5]) Cevi sa prirubisporučivati i u dužinama do 5 m. — [6]) Prirubnica od 2690. — [7]) Neobrađeni šestougaoni zavrtnjevi sa na-



Sl. 2. *DIN 2422*

njem St 35.29 do St 45.29, ako se spajanje vrši prirubnicama St 55.29 (takođe 65.29), za cevovode za turbine St 55.29, ređe St 65.29 i legirani materijal. Cevi za bušenje (postupak Rotary DIN 4932), produžne cevi i cevi za pumpe: točeni čelik, bez šava prema DIN 1659 St 55.29/59 i St 65.59, takođe Cr-Mn-čelici Cr-Cu-čelici i Cr-Mo-čelici; za obložne cevi većeg prečnika, za male dubine i slične vodove preklopno zavarene cevi od točenog čelika St 34.28 prema DIN 1628. Cevi za hemisku industriju i aparate: materijali postojani prema kiselinama, prema rđanju, a i prema toploti (V2A, Remanit, Deutro i ostali) bez šava ili, ako to nije mogućno, zavarene topljenjem (autogeno); zatim olovo, staklo, porcelan, veštački materijali i drugi. Cevi za instalacije (obične i ojačane cevi sa zavojnicama, DIN 2440 i 2441): Thomas-ov čelik čeono zavaren. Cevi za uređaje za grejanje (cevi sa zavojnicama kao napred): topljeni čelik St 00.29, kod cevi prema DIN 2442 i St 35.29 do St 55.29. Konstrukcione cevi: DIN 2448 točeni čelik St 00.29, 35.29, 55.29, bešavne precizne cevi (uobičajene na tržištu) prema DIN 2385, za konstrukciju automobila i vazduhoplovstvo prema DIN 2391, i legirani čelici (Cr-Mo). Zavarene precizne cevi, višestruko hladno vučene prema DIN 2393, jedamput hladno vučene ili hladno valjane prema DIN 2394. Profilne cevi za vazduhoplovstvo prema DIN L 92 od čelika ili lakog metala. Cevovodi u mašinogradnji od livenog gvožđa, točenog čelika, bakra, mesinga, olova, kalaja, aluminijuma i dr. Vodovodi i od olova, keramike, cementa, bakra (sanitarni uređaji), gline i dr. (str. 1288).

**Prerađene norme** za gasovode i vodovode i delove vodova: DIN 1397 U (cevi od tvrdog olova v. tabl. 26 str. 1283), DIN 2435 U, DIN 3510 U do 3519 U, DIN 3525 U, DIN 3528 U, DIN 3530 U.

**Proračun.** Iz potrebnog protoka dobije se prečnik cevi pomoću formule $v\,D^2\,\pi/4 = Q$,

gde je: $v$ — brzina [m/s] | $Q$ — protok [m³/s]
$D$ — prečnik [m]

Za određivanje gubitaka brzine treba uzeti u obzir koeficijente otpora cevovoda, vidi nomogram za proračun vodova str. 546. Određivanje brzine proticanja odnosno visine odvodnih vodova kao i prečnike drenažnih cevi v. III knj., odeljak: Gradska kanalizacija, i IV knj., odeljak: Poljoprivreda.

Proračun debljina zidova v. str. 891 i II knj., odeljak: Mašinski delovi.

**Obeležavanje vodova.** Kad se na nekom mestu stiče velik broj vodova, celishodno je da se obeleže razni vodovi. Obeležavanje cevovoda u industrijskim pogonima vrši se bojenim premazima sa crtama za raspoznavanje prema DIN 2403, na pr.

zeleno za vodu, plavo za vazduh, žuto za gas ili gorivo, crveno za sivo za vakuum, ljubičasto za ceđ, paru, narančasto za kiseline, crno za katran, smeđe za ulje.

Crna crta na boji označava nečistoću, crvena crta pritisak ili koncentraciju, bela crta visoku temperaturu i slično. Manji vodovi mogu u celosti biti premazani, veći vodovi dobivaju na odgovarajućim otstojanjima trake u bojama ili oznake pravaca pomoću obojene strelice. Raznim gasovima daju se specijalne oznake.

**Simboli** za cevovode v. DIN 2429, list 1 do 4.

**Stupnjevanje pritisaka** i unutrašnji prečnici, v. II knj., odeljak: Mašinski delovi.

**Tablice sa uputstvima.** Oblik, izrada, položaj, dimenzije, boja [prema Ostwaldu (O) ili prema karti boja premaza vozila RAL 840 B 2], obeležavanje slovima (prema DIN 1451).

Uređaji za grejanje DIN 4064; osnovna boja narančasta br. 5 ra prema O; boja za slova crna.

Gasovodi DIN 4069. Osnovna boja žuta br. 2 ra prema O ili žuta nr 22 a prema RAL B 2; boja za slova crna.

Daleki gasovodi DIN 4065. Osnovna boja i boja za slova kao napred.

Požarna služba DIN 4066, list 1 i 2; osnovna boja bela; oivičenje crveno br. 7 ra prema O ili br. 7 prema RAL 840 B 2; boja za slova crna.

Voda DIN 4067; osnovna boja plava br. 13 re prema O, boja za slova bela.

Upotrebljena voda DIN 4068; osnovna boja zelena br. 22 re prema O; boja za slova bela.

### b) Cevi i fasonski delovi od gvožđa

Pregled listova standarda za cevovode (Opšte, cevi, spojni cevni komadi, cevi za pritisak, fasonski komadi) v. DIN 2400, za cevi od livenog gvožđa i čelika v. DIN 2410 (vidi II. knj. odeljak: Mašinski delovi):

- Liveno gvožđe
  - Cevi sa prirubnicama DIN 2422
  - Cevi sa naglavcima DIN 2432
  - Rebraste grejne cevi DIN 2480
- Točeni čelik
  - cevi sa zavojnicama
    - Cevi za gas DIN 2440
    - Cevi za paru DIN 4221
    - Bez šava DIN 2442
  - Glatke cevi
    - Bez šava — DIN 2449/2451 2456
    - Zavarene vodenim gasom — DIN 2453
    - Zavarene autogeno — DIN 2454
    - Zavarene zakivcima — DIN 2455

Kvalitetne cevi većinom nisu uobičajena trgovinska roba.

**1. Cevi sa naglavkom i cevi sa prirubnicom od livenog gvožđa.** Norme za cevi VDI i društva nemačkih stručnjaka za gas i vodu iz 1882 g., zamenjene su uglavnom listovima standarda DIN 2432 i 2422 (tablica 24.).

**Materijal:** Ge 14.91 prema DIN 1691. Tehnički uslovi za isporuke v. DIN 2420. Stupnjevanje prema DIN 2401.

Razne fabrike izrađuju za mnoge cevi uobičajenu korisnu dužinu cevi sa naglavcima i uobičajene građevinske dužine cevi sa prirubnicama za 0,5 m i 1,0 m duže, tako da je pri porudžbinama potreban prethodan sporazum sa isporučiocem.

Cevi za pritisak od livenog gvožđa sa naglavkom (centrifugirane livene cevi) prema DIN 2431: za nominalni pritisak 10, pogonski pritisak I 10 (klasa A), za nominalni pritisak 16, pogonski pritisak I 16 (klasa B). Proba sa vodenim pritiskom: za klasu A najmanje 16 kg/cm², za klasu B najmanje 25 kg/cm². Unutrašnji prečnici = 80 do 500 mm kao kod DIN 2432. Materijal: centrifugirani liv prema DIN 2420. U području prečnika od 80 do 500 za nominalni pritisak 10 dozvoljeno je da se, za upotrebu u državi, izrađuju zasada samo cevi A (tj. cevi sa 10% manjom debljinom zida za cevi prema DIN 2432).

**2. Fasonski komadi.** Pregled i simboli nalaze se u DIN 2430, list 1 do 4 (v. niže).

Za sastavke sa naglavcima čevi od livenog gvožđa za pritisak i fasonskih delova važi za sada prerađena norma DIN 2435 U.

Za lake normalne odvodne cevi (cevi LNA) postoje specijalni standardi: za odvodne cevi DIN 1172, cevi za čišćenje za vodove za upotrebljenu vodu DIN 1173, koleno, luk DIN 1174, kose T-račve DIN 1175, kose ukrštene račve DIN 1176, S — komadi DIN 1177, reduktori itd. DIN 1178. Privremeno se nalaze u upotrebi dimenzije prema DIN 364, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545 (v. i II knj., odeljak: Mašinski delovi).

**Standardizovanje** fasonskih delova za cevovode od livenog gvožđa je u toku, i ukoliko za vreme štampanja ovog poglavlja bude dovršeno, uneće se u izvodu u sledećem tekstu; delimično važe još nemačke norme za cevi iz 1882 god. (Građevinske dužine za ventile — zasune, v. i. II knj. odeljak: Mašinski delovi).

Fasonski delovi od livenog gvožđa za nominalni pritisak 10, pogonski pritisak W 10 standardizovani su u DIN 2829, list 1 do 3, 2830, 2831, 2832, 2833, 2834, 2835, 2836, 2837, 2838, 2839, 2840 i 2841. Materijal Ge 14.91 prema DIN 1691.

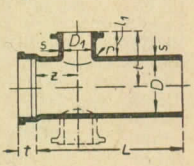
Tehnički uslovi za isporuke prema DIN 2420. Stupnjevanje pritiska prema DIN 2401, normalni unutrašnji prečnici prema DIN 2402, simboli prema DIN 2430, list 1 do 4, naglavci prema DIN 2437, obodi od livenog gvožđa prema DIN 2532, obodi, raspored otvora za zavrtnjeve v. DIN 2508. Grafički pregled građevinskih dužina i račvi prema DIN 2829, list 2.

**Težine fasonskih komada od livenog gvožđa.** Standardizovanje nije još zaršeno. Utvrđeni su standardi za komade A, AA, B, BB E, F, J, K, L, Q, R, U, T i TT. Za ostale fasonske komade kao osnova služe norme iz 1882 godine. Normalne težine za fasonske komade prema DIN 2830 do 2841, v. tabl. 25, proračunate za spec. težinu 7,25 kg/dm³. Kao normalna težina važi težina koja je izračunata na osnovi utvrđenih mera sa dodatkom od $z$%. $z$=15 za DIN 2830 do 2834, 2838, 2841; $z$ = 20 za DIN 2835 do 2837, 2840; $z$=0 za DIN 2839.

Dimenzije u mm. Dubine $t$ naglavaka jednake su dubinama pravih cevi, v. tabl. 24, str. 1270.

**Cev sa naglavkom i kratkim priključkom sa obodom, prema DIN 2830**
Komadi A i AA (sl. 3)

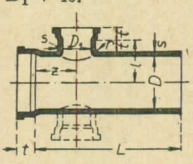
$z = 0{,}2\ D + 0{,}5\ D_1 + 100$
$l_1 = 0{,}1\ D_1 + 120,$
$l = 0{,}5\ D + s + l_1,$
$r = 0.05\ D_1 + 40.$



Sl. 3. Komad A i komad AA (tačkasto)

**Cev sa naglavkom i kratkim priključkom sa naglavkom prema DIN 2831**
Komadi B i BB (sl. 4)

$z = 0{,}2\ D + 0{,}5\ D_1 + 100,$
$l = 0{,}5\ D + s + t_1,$
$r = 0{,}05\ D_1 + 40.$

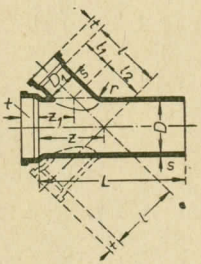


Sl. 4. Komad B i komad BB (tačkasto)

**Cevi sa naglavkom sa kosim priključcima sa naglavkom prema DIN 2832**

Komadi **C** i **CC** (sl. 5)

$z = 0{,}8\ D + 0{,}7\ D_1 + s + 120,$
$z_1 = 0{,}3\ D + 0{,}7\ D_1 + 120,$
$l = 0{,}8\ D_1 + 0{,}7\ D + s_1 + 120,$
$l_1 = l - l_2,$
$l_2 = 1{,}41\ (0{,}5\ D + s),$
$r = D_2$, zaokrugljenje (u oštrom uglu) $= 4\ s_1$.

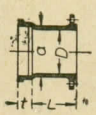


Sl. 5. Komad **C** i komad **CC** (tačkasto)

**Delovi cevi sa obodom i naglavkom prema DIN 2833**

Komadi **E** (sl. 6)

| $D$ | $L$ |
|---|---|
| 40— 700 | 300 |
| 800— 900 | 500 |
| 2000—1200 | 800 |

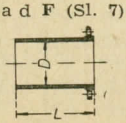


Sl. 6 Komad **E**

**Komadi sa jednim obodom prema DIN 2834**

Komad **F** (Sl. 7)

| $D$ | $L$ |
|---|---|
| 40— 450 | 600 |
| 500— 800 | 800 |
| 900—1200 | 1000 |

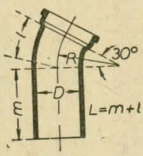


Sl. 7 Komad **F**

**Kolenasti komadi cevi sa naglavkom (30°) prema DIN 2835**

Komadi **J** (sl. 8)

| $D$ | $R$ | $m$ |
|---|---|---|
| 40— 80 | 250 | $D + 200$ |
| 100— 350 | $D + 150$ | $D + 200$ |
| 400— 900 | $D + 150$ | 600 |
| 1000—1200 | $D + 150$ | 600 |

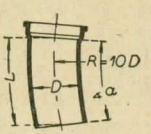


Sl. 8 Komad **J**

**Luk sa naglavkom ($R = 10\ D$) prema DIN 2836**

Komadi **K** (sl. 9)

| $D$ | $< \alpha$ u ° | $L$ |
|---|---|---|
| 150— 700 | $11^1/_4$ | 295—1374 |
| 800—1200 | $11^1/_4$ | 1571—2356 |
| 125— 500 | 15 | 327—1309 |
| 600— 900 | 15 | 1570—2356 |
| 100— 350 | $22^1/_2$ | 393—1374 |
| 400— 600 | $22^1/_2$ | 1570—2356 |
| 80— 250 | 30 | 419—1809 |
| 300— 450 | 30 | 1570—2356 |
| 40— 175 | 45 | 314—1374 |
| 200— 300 | 45 | 1570—2356 |

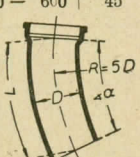


Sl. 9. Komad **K**

**Luk sa naglavkom ($R = 5\ D$) prema DIN 2837**

Komadi **L** (sl. 10)

| $D$ | $< \alpha$ u ° | $L$ |
|---|---|---|
| 250 — 700 | $22^1/_2$ | 491—1374 |
| 800 — 1200 | $22^1/_2$ | 2570—2356 |
| 100 — 500 | 30 | 262—1309 |
| 600 — 900 | 30 | 2571—2356 |
| 100 — 350 | 45 | 393—1374 |
| 400 — 600 | 45 | 1570—2356 |



Sl. 10. Komad **L**

## Tablica 25. Normalne težine fasonskih

Dimenzije

| Glavna cev | | Komadi A i AA DIN 2830 (Sl. 3) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Priključak sa obodom — unutrašnji prečnik $D_1$ | | | | | | | | | | | | |
| $D$ | $L$ | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 125 | 150 | (175) | 200 | 250 | 300 | 350 | |
| 40 | | 15,5 | | | | | | | | | | | | A |
| | | 18,5 | | | | | | | | | | | | AA |
| 50 | | 17,5 | 18,5 | | | | | | | | | | | A |
| | | 21 | 23 | | | | | | | | | | | AA |
| 60 | 800 | 21 | 21,5 | 22,5 | | | | | | | | | | A |
| | | 24,5 | 26 | 27,5 | | | | | | | | | | AA |
| 80 | | 27 | 28 | 28,5 | 31 | | | | | | | | | A |
| | | 30 | 32,5 | 33,5 | 38 | | | | | | | | | AA |
| 100 | | 32,5 | 33,5 | 34 | 36 | 37 | | | | | | | | A |
| | | 35,5 | 37,5 | 39 | 43 | 44,5 | | | | | | | | AA |
| 125 | | 48 | 48,5 | 49,5 | 51,5 | 52 | 55 | | | | | | | A |
| | | 51 | 52,5 | 54,5 | 58,5 | 59,5 | 65,5 | | | | | | | AA |
| 150 | | 59,5 | 60 | 61 | 63 | 63,5 | 66,5 | 68,5 | | | | | | A |
| | | 63 | 64,5 | 66,5 | 70,5 | 71,5 | 77,5 | 81,5 | | | | | | AA |
| (175) | | 71,5 | 73 | 73,5 | 75 | 76 | 78,5 | 80,5 | 84,5 | | | | | A |
| | | 74,5 | 76,5 | 78 | 82 | 83 | 88,5 | 93 | 100 | | | | | AA |
| 200 | | 85 | 86 | 86,5 | 88,5 | 89 | 92 | 94 | 98 | 99,5 | | | | A |
| | | 88 | 90 | 91,5 | 95,5 | 96,5 | 102 | 106 | 114 | 117 | | | | AA |
| 250 | | 113 | 114 | 115 | 117 | 118 | 120 | 122 | 126 | 129 | 135 | | | A |
| | | 116 | 118 | 120 | 124 | 125 | 130 | 134 | 142 | 146 | 158 | | | AA |
| 300 | | 146 | 147 | 147 | 149 | 150 | 152 | 154 | 158 | 159 | 165 | 170 | | A |
| | 1000 | 149 | 151 | 152 | 156 | 157 | 162 | 166 | 174 | 176 | 188 | 198 | | AA |
| 350 | | 182 | 183 | 183 | 185 | 186 | 188 | 190 | 194 | 195 | 201 | 205 | 248 | A |
| | | 185 | 187 | 188 | 192 | 193 | 198 | 202 | 210 | 212 | 224 | 232 | 284 | AA |
| 400 | | 215 | 215 | 216 | 219 | 219 | 222 | 224 | 227 | 229 | 234 | 238 | 286 | A |
| | | 218 | 219 | 221 | 226 | 226 | 232 | 236 | 242 | 246 | 256 | 265 | 321 | AA |
| 450 | | 251 | 252 | 252 | 254 | 255 | 257 | 259 | 263 | 264 | 269 | 274 | 328 | A |
| | | 254 | 256 | 257 | 261 | 262 | 267 | 271 | 278 | 281 | 291 | 300 | 363 | AA |
| 500 | | 298 | 299 | 300 | 302 | 303 | 305 | 306 | 310 | 311 | 317 | 320 | 382 | A |
| | | 301 | 303 | 305 | 309 | 310 | 315 | 318 | 325 | 327 | 339 | 345 | 415 | AA |
| 600 | | 382 | 383 | 384 | 385 | 386 | 388 | 390 | 394 | 397 | 400 | 471 | 480 | A |
| | | 385 | 387 | 389 | 392 | 393 | 398 | 401 | 410 | 413 | 421 | 495 | 513 | AA |
| 700 | | 503 | 504 | 504 | 506 | 507 | 509 | 510 | 514 | 515 | 520 | 612 | 620 | A |
| | | 506 | 508 | 509 | 513 | 514 | 518 | 521 | 528 | 530 | 540 | 636 | 651 | AA |
| 800 | 1250 | 752 | 752 | 753 | 755 | 756 | 757 | 759 | 762 | 763 | 768 | 771 | 777 | A |
| | | 755 | 756 | 758 | 762 | 763 | 766 | 770 | 776 | 778 | 788 | 793 | 806 | AA |
| 900 | 1500 | 1050 | 1051 | 1052 | 1053 | 1054 | 1055 | 1058 | 1061 | 1063 | 1067 | 1069 | 1076 | A |
| | | 1053 | 1055 | 1057 | 1060 | 1061 | 1064 | 1069 | 1075 | 1078 | 1086 | 1091 | 1104 | AA |
| 1000 | | 1575 | 1576 | 1576 | 1578 | 1579 | 1580 | 1582 | 1585 | 1585 | 1590 | 1593 | 1599 | A |
| | | 1578 | 1580 | 1581 | 1585 | 1586 | 1589 | 1592 | 1599 | 1599 | 1609 | 1615 | 1627 | AA |
| 1100 | 2000 | 1885 | 1886 | 1887 | 1889 | 1889 | 1890 | 1892 | 1895 | 1896 | 1900 | 1902 | 1907 | A |
| | | 1888 | 1890 | 1892 | 1896 | 1896 | 1899 | 1902 | 1908 | 1910 | 1918 | 1922 | 1932 | AA |
| 1200 | | 2229 | 2230 | 2231 | 2233 | 2234 | 2235 | 2236 | 2239 | 2240 | 2244 | 2245 | 2251 | A |
| | | 2232 | 2234 | 2236 | 2240 | 2241 | 2244 | 2246 | 2252 | 2254 | 2262 | 2264 | 2280 | AA |

(Nastavak za komade A i AA na str. 1278.)

## cevnih komada od livenog gvožđa u kg

u mm

**Komadi B i BB DIN 2831** (sl. 4)

| Priključak sa naglavkom — unutrašnji prečnik $D_1$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 125 | 150 | (175) | 200 | 250 | 300 | 350 | |
| 16 | | | | | | | | | | | | B |
| 21 | | | | | | | | | | | | BB |
| 18,5 | 19,5 | | | | | | | | | | | B |
| 23 | 25 | | | | | | | | | | | BB |
| 22 | 23 | 24 | | | | | | | | | | B |
| 26,5 | 28,5 | 30,5 | | | | | | | | | | BB |
| 28,5 | 29 | 30 | 32,5 | | | | | | | | | B |
| 33 | 34,5 | 36,5 | 41,5 | | | | | | | | | BB |
| 33,5 | 34,5 | 36 | 37,5 | 39,5 | | | | | | | | B |
| 38 | 40 | 42,5 | 46,5 | 50 | | | | | | | | BB |
| 48,5 | 50 | 51 | 53,5 | 55 | 56,5 | | | | | | | B |
| 53,5 | 55,5 | 57,5 | 62,5 | 65 | 70 | | | | | | | BB |
| 60,5 | 61,5 | 62,5 | 65 | 66,5 | 69 | 74 | | | | | | B |
| 65 | 67 | 69 | 74 | 76,5 | 82 | 91,5 | | | | | | BB |
| 72,5 | 74 | 74,5 | 77 | 79 | 81,5 | 85,5 | 88,5 | | | | | B |
| 77,5 | 79,5 | 81 | 86 | 89 | 94 | 103 | 110 | | | | | BB |
| 85,5 | 87 | 88 | 90,5 | 91,5 | 94 | 98,5 | 102 | 106 | | | | B |
| 90,5 | 92,5 | 94,5 | 99 | 102 | 107 | 115 | 123 | 131 | | | | BB |
| 115 | 115 | 117 | 119 | 121 | 123 | 127 | 130 | 135 | 143 | | | B |
| 120 | 120 | 124 | 128 | 131 | 136 | 143 | 150 | 160 | 177 | | | BB |
| 147 | 148 | 149 | 151 | 152 | 155 | 159 | 162 | 167 | 175 | 185 | | B |
| 152 | 153 | 156 | 161 | 163 | 168 | 175 | 182 | 191 | 208 | 228 | | BB |
| 183 | 184 | 185 | 188 | 189 | 191 | 195 | 198 | 202 | 209 | 220 | 265 | B |
| 188 | 189 | 192 | 197 | 199 | 204 | 211 | 218 | 226 | 242 | 262 | 319 | BB |
| 216 | 216 | 218 | 220 | 222 | 223 | 227 | 230 | 235 | 244 | 254 | 305 | B |
| 221 | 221 | 225 | 230 | 232 | 236 | 243 | 250 | 259 | 276 | 296 | 358 | BB |
| 252 | 253 | 254 | 256 | 258 | 260 | 264 | 268 | 271 | 279 | 289 | 345 | B |
| 257 | 258 | 261 | 266 | 268 | 273 | 280 | 288 | 295 | 312 | 330 | 398 | BB |
| 299 | 300 | 301 | 303 | 304 | 306 | 310 | 313 | 317 | 326 | 335 | 400 | B |
| 304 | 305 | 308 | 312 | 314 | 319 | 327 | 333 | 341 | 357 | 375 | 451 | BB |
| 383 | 384 | 385 | 387 | 388 | 391 | 395 | 398 | 402 | 410 | 487 | 497 | B |
| 387 | 389 | 392 | 397 | 399 | 404 | 410 | 417 | 425 | 441 | 526 | 547 | BB |
| 504 | 505 | 506 | 508 | 509 | 512 | 514 | 518 | 522 | 529 | 627 | 637 | B |
| 508 | 510 | 513 | 517 | 519 | 524 | 530 | 537 | 545 | 559 | 666 | 685 | BB |
| 753 | 754 | 755 | 757 | 759 | 760 | 764 | 767 | 771 | 778 | 786 | 795 | B |
| 757 | 759 | 762 | 767 | 769 | 772 | 779 | 786 | 793 | 807 | 824 | 841 | BB |
| 1053 | 1053 | 1054 | 1055 | 1056 | 1059 | 1060 | 1062 | 1067 | 1076 | 1085 | 1090 | B |
| 1057 | 1058 | 1061 | 1063 | 1066 | 1071 | 1075 | 1081 | 1089 | 1105 | 1122 | 1136 | BB |
| 1576 | 1577 | 1578 | 1580 | 1581 | 1583 | 1587 | 1589 | 1593 | 1600 | 1608 | 1617 | B |
| 1580 | 1582 | 1585 | 1589 | 1591 | 1595 | 1601 | 1608 | 1615 | 1628 | 1645 | 1662 | BB |
| 1886 | 1887 | 1888 | 1890 | 1891 | 1893 | 1897 | 1899 | 1903 | 1910 | 1917 | 1924 | B |
| 1890 | 1892 | 1895 | 1899 | 1901 | 1905 | 1911 | 1917 | 1924 | 1938 | 1952 | 1966 | BB |
| 2231 | 2232 | 2233 | 2235 | 2235 | 2238 | 2241 | 2244 | 2247 | 2254 | 2260 | 2268 | B |
| 2235 | 2237 | 2240 | 2244 | 2245 | 2249 | 2255 | 2261 | 2268 | 2282 | 2294 | 2310 | BB |

(Nastavak za komade **B** i **BB** na str. 1278.)

## Tablica 25. Normalne težine fasonskih cevnih

Dimenzije

| Glavna cev | | Komadi A i AA DIN 2830 (sl. 3) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Priključak sa obodom — unutrašnji prečnik $D_1$= | | | | | | | | | | |
| $D$ | $L$ | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | |
| 400 | | 295 | | | | | | | | | | A |
| | | 339 | | | | | | | | | | AA |
| 450 | | 335 | 342 | | | | | | | | | A |
| | | 377 | 390 | | | | | | | | | AA |
| 500 | | 390 | 395 | 406 | | | | | | | | A |
| | | 431 | 441 | 463 | | | | | | | | AA |
| | 1250 | | | | | | | | | | | |
| 600 | | 487 | 492 | 502 | 588 | | | | $L = 2500$ | | | A |
| | | 527 | 536 | 557 | 660 | | | | | | | AA |
| 700 | | 627 | 630 | 640 | 744 | 954 | | | | | | A |
| | | 665 | 672 | 691 | 810 | 1051 | | | | | | AA |
| 800 | | 783 | 900 | 908 | 922 | 1177 | 1217 | | | | | A |
| | | 818 | 939 | 980 | 1016 | 1308 | 1395 | | | | | AA |
| 900 | 1500 | 1082 | 1086 | 1094 | 1105 | 1398 | 1439 | 1470 | | | | A |
| | | 1116 | 1124 | 1141 | 1163 | 1478 | 1559 | 1621 | | | | AA |
| 1000 | | 1605 | 1607 | 1615 | 1625 | 1650 | 1687 | 1713 | 2179 | | | A |
| | | 1638 | 1642 | 1658 | 1679 | 1729 | 1802 | 1854 | 2365 | | | AA |
| 1100 | 2000 | 1912 | 1914 | 1922 | 1931 | 1954 | 1987 | 2010 | 2438 | 2491 | | A |
| | | 1942 | 1947 | 1962 | 1980 | 2026 | 2092 | 2138 | 2611 | 2717 | | AA |
| 1200 | | 2255 | 2257 | 2265 | 2272 | 2293 | 2322 | 2349 | 2841 | 2879 | 2934 | A |
| | | 2284 | 2288 | 2303 | 2318 | 2359 | 2418 | 2472 | 3005 | 3082 | 3192 | AA |

| Glavna cev | | Komadi B i BB DIN 2831 (sl. 4) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Priključak sa naglavcima — unutraš. prečnik $D_1$= | | | | | | | | | | |
| $D$ | $L$ | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | |
| 400 | | 315 | | | | | | | | | | B |
| | | 378 | | | | | | | | | | BB |
| 450 | | 355 | 368 | | | | | | | | | B |
| | | 416 | 443 | | | | | | | | | BB |
| 500 | | 409 | 421 | 437 | | | | | | | | B |
| | | 469 | 493 | 526 | | | | | | | | BB |
| | 1250 | | | | | | | | | | | |
| 600 | | 507 | 518 | 533 | 631 | | | | $L = 2500$ | | | B |
| | | 567 | 589 | 619 | 746 | | | | | | | BB |
| 700 | | 646 | 657 | 671 | 787 | 1010 | | | | | | B |
| | | 704 | 726 | 754 | 895 | 1162 | | | | | | BB |
| 800 | | 803 | 926 | 941 | 965 | 1233 | 1281 | | | | | B |
| | | 858 | 991 | 1020 | 1069 | 1378 | 1475 | | | | | BB |
| 900 | 1500 | 1101 | 1112 | 1124 | 1148 | 1453 | 1502 | 1567 | | | | B |
| | | 1156 | 1176 | 1201 | 1248 | 1588 | 1686 | 1816 | | | | BB |
| 1000 | | 1624 | 1633 | 1646 | 1660 | 1706 | 1751 | 1802 | 2181 | | | B |
| | | 1677 | 1695 | 1720 | 1756 | 1840 | 1931 | 2045 | 2469 | | | BB |
| 1100 | 2000 | 1931 | 1941 | 1953 | 1973 | 2009 | 2051 | 2099 | 2540 | 2623 | | B |
| | | 1981 | 2000 | 2024 | 2065 | 2136 | 2220 | 2317 | 2815 | 2981 | | BB |
| 1200 | | 2274 | 2283 | 2295 | 2314 | 2348 | 2387 | 2438 | 2943 | 3010 | 3091 | B |
| | | 2323 | 2340 | 2363 | 2402 | 2469 | 2547 | 2650 | 3209 | 3344 | 3506 | BB |

**komada od livenog gvožđa u kg** (nastavak)

u mm

| Glavna cev | | Komadi C i CC DIN 2832 (sl. 5) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Priključak sa naglavcima — unutrašnji prečnik $D_1$ | | | | | | | | | | | | |
| $D$ | $L$ | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 125 | 150 | (175) | 200 | 250 | 300 | 350 | |
| 40 | | 17 | | | | | | | | | | | | C |
| | | 22 | | | | | | | | | | | | CC |
| 50 | | 19,5 | 20,5 | | | | | | | | | | | C |
| | | 24,5 | 27 | | | | | | | | | | | CC |
| 60 | 800 | 23 | 23,5 | 25,5 | | | | | | | | | | C |
| | | 28 | 30 | 33 | | | | | | | | | | CC |
| 80 | | 29 | 30 | 31,5 | 34,5 | | | | | | | | | C |
| | | 33,5 | 36,5 | 39 | 45,5 | | | | | | | | | CC |
| 100 | | 34 | 35 | 36,5 | 39,5 | 41,5 | | | | | | | | C |
| | | 39 | 41,5 | 44 | 50,5 | 56 | | | | | | | | CC |
| 125 | | 49,5 | 51 | 52 | 55 | 57,5 | 61 | | | | | | | C |
| | | 54,5 | 57 | 59 | 65,5 | 69,5 | 79 | | | | | | | CC |
| 150 | | 61,5 | 62,5 | 63,5 | 67 | 70 | 72,5 | 78 | | | | | | C |
| | | 66 | 68,5 | 71,5 | 77 | 81 | 89,5 | 101 | | | | | | CC |
| (175) | | 73,5 | 75 | 76 | 79 | 82 | 85 | 91 | 97 | | | | | C |
| | | 78 | 81 | 84 | 90 | 94 | 102 | 113 | 125 | | | | | CC |
| 200 | | 86,5 | 88 | 89 | 91 | 93 | 98 | 104 | 110 | 117 | | | | C |
| | | 91,5 | 94 | 97 | 103 | 107 | 114 | 125 | 138 | 153 | | | | CC |
| 250 | | 115 | 116 | 118 | 121 | 123 | 126 | 132 | 137 | 144 | 160 | | | C |
| | | 121 | 122 | 125 | 131 | 135 | 142 | 153 | 165 | 177 | 209 | | | CC |
| 300 | | 148 | 149 | 150 | 152 | 154 | 158 | 164 | 170 | 176 | 217 | 236 | | C |
| | 1000 | 153 | 155 | 158 | 164 | 168 | 174 | 185 | 197 | 209 | 267 | 303 | | CC |
| 350 | | 184 | 185 | 186 | 190 | 192 | 194 | 200 | 205 | 211 | 260 | 278 | 300 | C |
| | | 189 | 191 | 194 | 200 | 204 | 210 | 221 | 233 | 244 | 308 | 343 | 390 | CC |
| 400 | | | | | | 224 | 226 | 232 | 238 | 243 | 297 | 315 | 338 | C |
| | | | | | | 235 | 242 | 253 | 264 | 275 | 344 | 380 | 425 | CC |
| 450 | | | | | | 260 | 263 | 268 | 273 | 279 | 339 | 356 | 380 | C |
| | | | | | | 270 | 277 | 286 | 298 | 309 | 384 | 419 | 465 | CC |
| 500 | | | | | | 306 | 310 | 314 | 320 | 326 | 393 | 411 | 432 | C |
| | | | | | | 317 | 324 | 333 | 344 | 356 | 437 | 472 | 516 | CC |
| 600 | | | | | | | | 399 | 404 | 477 | 490 | 507 | 597 | C |
| | | | | | | | | 417 | 427 | 507 | 533 | 566 | 680 | CC |
| 700 | | | | | | | | 519 | 524 | 618 | 631 | 647 | 757 | C |
| | | | | | | | | 537 | 547 | 646 | 671 | 704 | 835 | CC |
| 800 | | | | | | | | 766 | 771 | 775 | 788 | 916 | 935 | C |
| | 1250 | | | | | | | 784 | 794 | 803 | 828 | 971 | 1010 | CC |
| 900 | | | | | | | | | | 937 | 949 | 1100 | 1118 | C |
| | | | | | | | | | | 963 | 987 | 1154 | 1190 | CC |
| 1000 | | | | | | | | | | | | 1302 | 1319 | C |
| | | | | | | | | | | | | 1353 | 1389 | CC |
| 1100 | 1500 | | | | | | | | | | | 1547 | 1564 | C |
| | | | | | | | | | | | | 1597 | 1632 | CC |
| 1200 | | | | | | | | | | | | 1823 | 1839 | C |
| | | | | | | | | | | | | 1870 | 1904 | CC |

(Nastavak za komade C i CC na str. 1280.)

## Tablica 25. Normalne težine fasonskih cevnih

Dimenzije

| Glavna cev | | Komadi C i CC DIN 2832 (sl. 5) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Priključak sa naglavcima — unutrašnji prečnik $D_1$= | | | | | | | | | | |
| $D$ | $L$ | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | |
| 400 | | 397 | | | | | | | | | | C |
| | | 505 | | | | | | | | | | CC |
| 450 | | 445 | 473 | | | | | | | | | C |
| | | 550 | 606 | | | | | | | | | CC |
| 500 | | 506 | 534 | 568 | $L = 2000$ | | | | | | | C |
| | | 610 | 665 | 733 | | | $L = 2250$ | $L = 2500$ | $L = 2750$ | $L = 3000$ | $L = 3250$ | CC |
| 600 | 1500 | 616 | 643 | 745 | 883 | | | | | | | C |
| | | 717 | 771 | 906 | 1115 | | | | | | | CC |
| 700 | | 774 | 800 | 922 | 1079 | 1185 | | | | | | C |
| | | 871 | 921 | 1076 | 1300 | 1513 | | | | | | CC |
| 800 | | 952 | 1090 | 1122 | 1300 | 1516 | 1645 | | | | | C |
| | | 1043 | 1205 | 1268 | 1512 | 1833 | 2090 | | | | | CC |
| 900 | | 1135 | 1293 | 1323 | 1522 | 1760 | 1885 | 2179 | | | | C |
| | | 1220 | 1405 | 1464 | 1727 | 2066 | 2315 | 2769 | | | | CC |
| 1000 | | 1495 | 1518 | 1708 | 1770 | 2031 | 2313 | 2469 | 2788 | | | C |
| | | 1578 | 1626 | 1822 | 1968 | 2329 | 2735 | 3046 | 3522 | | | CC |
| 1100 | 1750 | 1771 | 1792 | 2012 | 2071 | 2359 | 2668 | 2819 | 3164 | 3564 | | C |
| | | 1851 | 1895 | 2143 | 2261 | 2647 | 3070 | 3374 | 3872 | 4478 | | CC |
| 1200 | | 2079 | 2099 | 2352 | 2409 | 2728 | 3065 | 3213 | 3586 | 4015 | 4493 | C |
| | | 2156 | 2198 | 2475 | 2591 | 3004 | 3450 | 3751 | 4270 | 4903 | 5638 | CC |

| $D$ | Komadi E DIN 2833 (sl. 6) | Komadi F DIN 2834 (sl. 7) | Komadi J DIN 2835 (sl. 8) | Komadi U DIN 2839 (sl. 12) | Komadi Q DIN 2840 (sl. 13) | Komadi T DIN 2841 (sl. 14) | Komadi TT DIN 2841 (sl 14) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | 7,5 | 8 | 8 | 8 | 7 | 10 | 13 |
| 50 | 10,5 | 10 | 9,5 | 9,5 | 9 | 13 | 17 |
| 60 | 12,5 | 12 | 12,5 | 12 | 11 | 15,5 | 20,5 |
| 80 | 17 | 16,5 | 17 | 16 | 16 | 24 | 31 |
| 100 | 20 | 19,5 | 20,5 | 20 | 19 | 28 | 36 |
| 125 | 26,5 | 25,5 | 27 | 25,5 | 27 | 39 | 50 |
| 150 | 33 | 32 | 36,5 | 31 | 35 | 51 | 65 |
| (175) | 41 | 39 | 47 | 37 | 45 | 67 | 85 |
| 200 | 47,5 | 45,5 | 58 | 43,5 | 54,5 | 79 | 100 |
| 250 | 64,5 | 61,5 | 85,5 | 61 | 80 | 121 | 151 |
| 300 | 80 | 76,5 | 119 | 89,5 | 106 | 154 | 191 |
| 350 | 101 | 97 | 161 | 103 | 147 | 212 | 262 |
| 400 | 124 | 117 | 203 | 124 | 192 | 278 | 341 |
| 450 | 143 | 132 | 242 | 142 | 232 | 332 | 406 |
| 500 | 171 | 199 | 294 | 163 | 294 | 422 | 513 |
| 600 | 221 | 253 | 395 | 227 | 418 | 600 | 726 |
| 700 | 299 | 334 | 538 | 302 | 616 | 880 | 1059 |
| 800 | 475 | 430 | 707 | 401 | 868 | 1344 | 1600 |
| 900 | 578 | 615 | 898 | 501 | 1126 | 1604 | 1940 |
| 1000 | 837 | 741 | 1232 | 608 | 1460 | 2088 | 2498 |
| 1100 | 1062 | 877 | 1527 | 752 | 1857 | 2651 | 3158 |
| 1200 | 1275 | 1042 | 1859 | 921 | 2355 | 3351 | 3985 |

## komada od livenog gvožđa u kg (nastavak)

u mm

| D | Komadi K DIN 2836 (sl. 9) 11¼° | 15° | 22½° | 30° | 45° |
|---|---|---|---|---|---|
| 40 | | | | | 7,5 |
| 50 | | | | | 10 |
| 60 | | | | | 13 |
| 80 | | | | 17 | 22 |
| 100 | | | 19,5 | 23,5 | 29,5 |
| 125 | | 23 | 28 | 34 | 45 |
| 150 | 27,5 | 31,5 | 40,5 | 49 | 65,5 |
| (175) | 36 | 42 | 55 | 66 | 91 |
| 200 | 46 | 55 | 71 | 88 | 121 |
| 250 | 71,5 | 85,5 | 113 | 141 | 197 |
| 300 | 103 | 124 | 168 | 212 | 296 |
| 350 | 143 | 176 | 239 | 302 | |
| 400 | 185 | 229 | 314 | 402 | |
| 450 | 236 | 293 | 405 | 519 | |
| 500 | 303 | 377 | 524 | | |
| 600 | 447 | 559 | 783 | | |
| 700 | 661 | 832 | | | |
| 800 | 931 | 1178 | | | |
| 900 | 1250 | 1587 | | | |
| 1000 | 1616 | | | | |
| 1100 | 2090 | | | | |
| 1200 | 2658 | | | | |

| D | Komadi L DIN 2837 (sl. 10) 22½° | 30° | 45° |
|---|---|---|---|
| 100 | | 16 | 19,5 |
| 125 | | 22,5 | 28 |
| 150 | | 31,5 | 40,5 |
| (175) | | 42 | 55 |
| 200 | | 55 | 71 |
| 250 | 71,5 | 85,5 | 113 |
| 300 | 103 | 124 | 168 |
| 350 | 143 | 176 | 239 |
| 400 | 185 | 229 | 314 |
| 450 | 236 | 293 | 405 |
| 500 | 303 | 377 | 524 |
| 600 | 447 | 559 | 783 |
| 700 | 661 | 832 | |
| 800 | 931 | 1178 | |
| 900 | 1250 | 1587 | |
| 1000 | 1616 | | |
| 1100 | 2090 | | |
| 1200 | 2658 | | |

| D | Delovi R DIN 2838 (sl. 11) Unutrašnji prečnik $D_1$ na kraju naglavka 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 125 | 150 | (175) | 200 | 250 | 300 | 350 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 9,5 | | | | | | | | | | | |
| 60 | 10,5 | 12 | | | | | | | | | | |
| 80 | | | 15 | | | | | | | | | |
| 100 | | | | 19 | | | | | | | | |
| 125 | | | | 21,5 | 24,5 | | | | | | | |
| 150 | | | | 24 | 26,5 | 30 | | | | | | |
| (175) | | | | | 50 | 55 | 60 | | | | | |
| 200 | | | | | 56 | 60 | 68 | 75 | | | | |
| 250 | | | | | | 74 | 80 | 88 | 94 | | | |
| 300 | | | | | | | 95 | 102 | 108 | 126 | | |
| 350 | | | | | | | | | 125 | 141 | 159 | |
| 400 | | | | | | | | | | 155 | 174 | 195 |

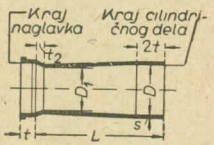
| D | Unutrašnji prečnik $D_1$ na kraju naglavka 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 450 | 172 | 189 | 209 | 225 | | | | | | | | |
| 500 | 192 | 208 | 227 | 244 | 266 | | | | | | | |
| 600 | | 247 | 266 | 281 | 305 | 330 | | | | | | |
| 700 | | 299 | 319 | 335 | 357 | 382 | 429 | | | | | |
| 800 | | | 379 | 395 | 417 | 443 | 489 | 558 | | | | |
| 900 | | | 438 | 453 | 475 | 500 | 547 | 612 | 688 | | | |
| 1000 | | | 505 | 521 | 543 | 567 | 614 | 682 | 756 | 841 | | |
| 1100 | | | | 602 | 623 | 649 | 695 | 763 | 837 | 920 | 1004 | |
| 1200 | | | | 688 | 714 | 739 | 784 | 851 | 925 | 1008 | 1098 | 1198 |

**Cevni reduktori sa naglavkom prema DIN 2838**

Komadi **R** (sl. 11)

| Unutrašnji prečnik $D$ na kraju cilindričnog dela | $L$ |
|---|---|
| 50— 150 | 500 |
| 175—1200 | 1000 |

$t$ = dubina naglavka




Sl. 11

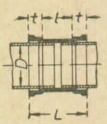
Komad R

**Naglavak za dve cevi prema DIN 2839**

Komadi **U** (sl. 12)

$L = 4t$

$l = 2t$



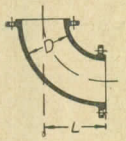

Sl. 12

Komad U

**Koleno sa obodima prema DIN 2840**

Komadi **Q** (sl. 13)

$L = D + 100$

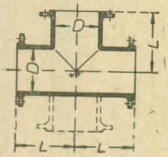



Sl. 13

Komad Q

**Komadi T i ukršteni komadi prema DIN 2841**

Komadi T i TT (sl. 14)




Sl. 14

Komad T i TT (tačkasto)

**3. Cevi od točenog čelika** (v. i II. knj., odeljak: Mašinski delovi).

Cevi sa zavojnicama, obične (cevi za gas) DIN 2440 i ojačane (cevi za par[11]) DIN 2441; materijal: st 00.29 prema IDN 1629; unutrašnji prečnik 6 do 150 mm; prosečna dužina 5 m; bez šava ili tupo zavarene. Bešavne cevi od točenog čelika sa zavojnicama, prema propisu za kvalitet DIN 2442.

Bešavne cevi za vodove i konstrukcione cevi od topljenog čelika, pregled, DIN 2448.

Bešavne cevi od točenog čelika (uobičajene u trgovini) DIN 2449. Bešavne cevi odtočenog čelika (od St 35.29) DIN 2450, (od St 45.29) DIN 2451, (od St 55.29) DIN 2456.

Bešavne cevi za bušenje za naftu i vodu DIN 4912, za bušenje stena DIN 4913.

Bešavne produžne cevi za bušenje za naftu, vodu i stene DIN 4914.

Bešavne obložene cevi (cevi za bušenje) za bušenja za naftu prema obrtnom (Rotary) postupku DIN 4932.

Bešavne cevi od točenog čelika St 35.29 sa zavojnicama, (cevi za vodove, železnice) DIN 1563, za vodove lokomotiva sa komprimovanim vazduhom DIN Berg 60.

Bešavne cevi od točenog čelika, tehnički uslovi za isprouke DIN 1629.

Cevi i fasonski delovi zavareni sa preklapanjem (zavarivanje vodenim gasom i pritiskom) tehnički uslovi za isporuke DIN 1628.

Bešavne precizne čelične cevi, hladno vučene (uobičajene u trgovini), DIN 2385.

Bešavne precizne čelične cevi, hladno vučene, za konstrukciju automobila i vazduhoplovstvo DIN 2391.

Zavarene precizne čelične cevi, višestruko hladno vučene, DIN 2393.

Zavarene precizne čelične cevi, jedanput hladno vučene ili hladno valjane, DIN 2394.

Bešavne precizne čelične cevi za konstrukciju bicikla DIN FAFA 1.

Bešavne precizne čelične cevi za vazduhoplovstvo, hladno vučene, privremeni standard DIN L 11 (skraćeni DIN 2391).

Profilisane cevi, dimenzije, DIN L 92.

**Fasonski delovi od bešavne valjane čelične cevi** unutarnjeg prečnika od 235 do 500 mm, probni pritisak 75 kg/cm², zaštićene protiv rđanja toplim asfaltiranjem i obvijanjem sa trakama jute, natopljenim u topal asfalt; program valjanja određuje »Röhrenverband«, Düsseldorf.

## c) Cevi od obojenih metala

Cevi od legura aluminijuma i magnezijuma v. str. 1034.
Bakarne cevi v. tabl. 29, str. 1284.
Mesingane cevi v. tabl. 30, str. 1285, tehnički uslovi za isporuku prema DIN 1775.
Cevi za kondenzatore v. tabl. 31, str. 1286.
Cevi od mekog i tvrdog olova v. tabl. 32, str. 1286.
Prerađeni standardi za olovnu cev v. tabl. 26.
Kalajne cevi v. tabl. 28.
Obložne cevi v. tabl. 27.

**Tab. 26. Prerađeni standardi za olovnu cev prema DIN 1397 U** (Tvrdo olovo sa 1%Sb)

| Unutr. prečnik | Pogonski pritisak do 7 kg/cm² | | do 10 kg/cm² | | Unutr. prečnik | Pogonski pritisak do 7 kg/cm² | | do 10 kg/cm² | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Debljina zide | Težina | Debljina zida | Težina | | Debljina zida | Težina | Debljina zida | Težina |
| mm | mm | kg/m | mm | kg/m | mm | mm | kg/m | mm | kg/m |
| 10 | 2,0 | 0,86 | 2,0 | 0,8[illegible] | 25 | [illegible],5 | 3,55 | 4,5 | 4,75 |
| 13 | 2,5 | 1,40 | 2,75 | 1,55 | 30 | 3,75 | 4,50 | 5,5 | 7,00 |
| (15) | 2,75 | 1,75 | 3,0 | 1,95 | (35) | 4,0 | 5,55 | 6,0 | 8,80 |
| 20 | 3,0 | 2,45 | 3,75 | 3,[illegible]0 | 40 | 4,5 | [illegible],16 | 7,0 | 21,8 |

Cevi moraju izdržati 5 minuta probni pritisak pet puta veći od pogonskog pritiska, i da pri tome ne naprsnu.

**Tablica 27. Olovne cevi sa oblogom od kalaja**[1])

| Dimenzije Unutraš. prečnik | Debljina zida | Težina | Normalni pritisak | Dimenzije Unutraš. prečnik | Debljina zida | Težina | Normalni pritisak | Dimenzije Unutraš. prečnik | Debljina zida | Težina | Normalni pritisak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mm | mm | kg/m | kg/cm² | mm | mm | kg/m | kg/cm² | mm | mm | kg/m | kg/cm² |
| 12 | 4,0 | 2,3 | 15 | 16 | 4,5 | 3,3 | 14 | 24 | 5,0 | 5,2 | 10 |
| 13 | 4,0 | 2,4 | 16 | 16 | 5,0 | 3,7 | 15 | 25 | 5,0 | 5,4 | 10 |
| 13 | 4,5 | 2,8 | 17 | 18 | 4,5 | 3,6 | 12 | 28 | 5,0 | 5,9 | 9 |
| 13 | 5,0 | 3,2 | 19 | 18 | 5,0 | 4,1 | 14 | 30 | 5,0 | 6,3 | 8 |
| 15 | 4,5 | 3,1 | 15 | 19 | 5,0 | 4,3 | 13 | 30 | 6,0 | 7,7 | 10 |
| 15 | 5,0 | 3,6 | 16 | 20 | 5,0 | 4,5 | 12 | 38 | 5,0 | 7,2 | 7 |

[1]) Najviše upotrebljivane vrste iz kataloga »Bleiwarenfabrik Halsbrücke der Staati. Sächsishen Hütten- und Blaufarbenwerke«, Freiberg 1 S. — Vidi str. 1061.

**Tablica 28. Kalajne cevi**[2])

| Dimenzije Unutraš. prečnik | Debljina zida | Težina | Normalni pritisak | Dimenzije Unutraš. prečnik | Debljina zida | Težina | Normalni pritisak | Dimenzije Unutraš. prečnik | Debljina zida | Težina | Normalni pritisak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mm | mm | kg/m | kg/cm² | mm | mm | kg/m | kg/cm² | mm | mm | kg/m | kg/cm² |
| 5 | 1,5 | 0,25 | 35 | 15 | 2,0 | 0,[illegible]0 | 16 | 30 | 3,0 | 2,30 | 12 |
| 5 | 2,0 | 0,34 | 48 | 15 | 3,0 | 1,25 | 24 | 35 | 2,0 | 1,70 | 6,6 |
| 10 | 1,5 | 0,35 | 18 | 20 | 2,0 | 1,00 | 12 | 35 | 3,0 | 2,60 | 10 |
| 10 | 2,0 | 0,46 | 24 | 20 | 3,0 | 1,60 | 18 | 40 | 2,0 | 1,95 | 6 |
| 10 | 2,5 | 0,70 | 30 | 25 | 2,0 | 1,25 | 9 | 40 | 3,0 | 2,95 | 9 |
| 10 | 3,0 | 0,90 | 36 | 25 | 3,0 | 1,95 | 14 | 50 | 2,0 | 2,40 | 4,5 |
| 15 | 1,5 | 0,55 | 12 | 30 | 2,0 | 1,45 | 8 | 50 | 3,0 | 3,65 | 7 |

[2]) Prema katalogu »Bleiwarenfabrik Halsbrücke der Staatl. Sächsischen Hütten- und Blaufarbenwerke«, Freiberg i s.

## Tablica 29. Bakarne cevi prema DIN 1754, (vučene bez šava, uobičajene u trgovini)

Oznake bešavno vučene bakarne cevi spolj. preč. od 28 mm i deblj. zida od 1 mm: bakarna cev 28 × 1 DIN 1754

| Spoljašnji prečnik mm | Dozvoljeno otstupanje | Debljina zida u mm[1]) 0,5 Težina kg ≈ | 0,75 Težina kg ≈ | 1 Težina kg ≈ | 1,25 Težina kg ≈ | 1,5 Težina kg ≈ | 2 Težina kg ≈ | 2,5 Težina kg ≈ | 3 Težina kg ≈ | Unutrašnji prečnik mm Dozvoljeno otstupanje[2]) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | | | | 0,11 | | | | | | | |
| 5,5 | | 0,07 | 0,10 | 0,13 | | | | | | | |
| 6 | | 0,077 | 0,11 | 0,14 | | | | | | | |
| 6,5 | | 0,084 | 0,12 | 0,15 | | | | | | | |
| 7 | ± 0,08 | 0,09 | 0,13 | 0,17 | | 0,23 | 0,28 | | | | |
| 7,5 | | 0,098 | 0,14 | 0,18 | | 0,25 | 0,31 | | | | |
| 8 | | 0,104 | 0,15 | 0,20 | | 0,28 | 0,34 | | | | |
| 8,5 | | 0,112 | 0,16 | 0,21 | | 0,30 | 0,37 | | | | |
| 9 | | 0,119 | 0,17 | 0,23 | | 0,32 | 0,40 | 0,46 | | ± 0,15 | do 10 |
| 10 | | 0,13 | 0,20 | 0,25 | | 0,36 | 0,45 | | | | |
| 11 | | | 0,21 | 0,28 | 0,34 | 0,40 | 0,51 | 0,60 | | | |
| 11,5 | | | | | | 0,42 | | | | | |
| 12 | | | | 0,31 | | 0,44 | 0,56 | | | | |
| 13 | | | | 0,34 | 0,41 | 0,48 | 0,62 | 0,74 | 0,84 | | |
| 14 | ± 0,10 | | | 0,36 | 0,45 | 0,53 | 0,67 | 0,81 | | | |
| 15 | | | | 0,39 | | 0,57 | 0,73 | 0,88 | | | |
| 16 | | | 0,32 | 0,42 | 0,52 | 0,61 | 0,79 | 0,95 | 1,10 | | |
| 17 | | | | 0,45 | | 0,65 | 0,84 | 1,02 | 1,17 | | |
| 18 | | 0,26 | | 0,48 | | 0,70 | 0,90 | 1,08 | 1,26 | | |
| 19 | | | | | | 0,74 | 0,95 | | | | preko |
| 20 | | | | 0,53 | | 0,78 | 1,01 | 1,23 | 1,43 | ± 0,10 | 10—18 |
| 21 | | | | | | | 1,06 | | | | |
| 22 | | | | 0,59 | | 0,86 | 1,12 | 1,36 | 1,59 | | |
| 23 | ± 0,12 | | | | | 0,90 | 1,17 | | | | |
| 25 | | | | 0,67 | | 0,98 | 1,29 | 1,58 | 1,85 | | |
| 27 | | | | 0,73 | | 1,07 | 1,39 | 1,71 | 2,01 | | |
| 28 | | | | 0,76 | | 1,12 | 1,47 | 1,80 | 2,10 | | |
| 30 | | | | 0,82 | | 1,20 | 1,57 | 1,93 | 2,26 | ± 0,12 | preko 18—30 |
| 32 | | | | 0,87 | | 1,28 | 1,68 | 2,07 | 2,43 | | |
| 34 | | | | 0,94 | | 1,36 | 1,79 | 2,20 | 2,60 | | |
| 35 | | | | 0,95 | | 1,42 | 1,84 | 2,27 | 2,70 | | |
| 36 | | | | 0,98 | | 1,45 | 1,91 | 2,35 | 2,78 | | |
| 37 | | | | 1,01 | | 1,49 | 1,96 | 2,42 | 2,85 | | |
| 38 | | | | 1,04 | | 1,54 | 2,02 | 2,48 | 2,93 | | |
| 40 | ± 0,15 | | | 1,11 | | 1,61 | 2,13 | 2,62 | 3,10 | | |
| 42 | | | | 1,15 | | 1,71 | 2,24 | 2,77 | 3,28 | | |
| 44,5 | | | | | | | 2,38 | 2,93 | 3,50 | | |
| 45 | | | | 1,23 | | 1,83 | 2,40 | 2,98 | 3,52 | | preko |
| 46 | | | | 1,26 | | | 2,46 | | 3,61 | ± 0,15 | 30—50 |
| 47 | | | | 1,29 | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | 3,19 | 3,82 | | |
| 50 | | | | 1,36 | | 2,03 | 2,70 | 3,32 | 3,94 | | |
| 53 | | | | | | 2,16 | | | | | |
| 54 | | | | | | 2,20 | 2,92 | 3,60 | 4,28 | | |
| 56 | | | | | | | 3,02 | 3,74 | 4,45 | | |
| 57 | | | | | | | | | 4,53 | | |
| 58 | | | | | | 2,33 | 3,11 | | | | |
| 60 | ± 0,20 | | | | | 2,36 | 3,18 | | | | |
| 63 | | | | | | 2,46 | 3,24 | 4,04 | 4,78 | | preko |
| 70 | | | | | | 2,59 | | | | ± 0,20 | 50—80 |
| 76 | | | | | | | 3,81 | 4,72 | 5,62 | | |
| 80 | | | | | | | 4,14 | 5,15 | 6,13 | | |
| 89 | | | | | | | 4,37 | 5,40 | 6,45 | | |
| 90 | | | | | | | | 6,05 | | | |
| 95 | ± 0,25 | | | | | | | 6,12 | 7,30 | ± 0,25 | preko |
| 100 | | | | | | | | 6,47 | | | 80 |
| | | | | | | | | 6,82 | 8,14 | | |

[1]) Debljina zida može da odstupa do ± 10% od normalne dimenzije.
[2]) Područje dozvoljenih otstupanja unutrašnjeg prečnika naznačeno

## Tablica 30. Mesingane cevi prema DIN 1755
(bešavno vučene, uobičajene u trgovini)

Dimenzije u mm. Označavanje bešavno vučene mesingane cevi sa spolj. preč. od 30 mm i deblj. zida od 1,5 mm od mesinga Ms 60: mesingana cev 30 × 1,5 DIN 1755 Ms 60

| Spoljašnji prečnik mm | Dozvoljeno otstupanje[2]) | Debljina zida[1]) 0,4 Težina kg/m ≈ | 0,5 Težina kg/m ≈ | 0,75 Težina kg/m ≈ | 1 Težina kg/m ≈ | 1,5 Težina kg/m ≈ | 2 Težina kg/m ≈ | 2,5 Težina kg/m ≈ | 3 Težina kg/m ≈ | Unutrašnji prečnik mm Dozvoljeno otstupanje[2]) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | ± 0,08 | | 0,06 | 0,08 | 0,11 | 0,14 | | | | ± 0,15 | do 10 |
| 6 | | | 0,07 | 0,10 | 0,13 | 0,18 | | | | | |
| 7 | | | 0,09 | 0,13 | 0,16 | 0,22 | | | | | |
| 8 | | | 0,10 | 0,15 | 0,19 | 0,26 | | | | | |
| 9 | | | 0,11 | 0,17 | 0,21 | 0,30 | | | | | |
| 10 | | | 0,13 | 0,19 | 0,24 | 0,34 | | | | | |
| | | | 0,14 | 0,21 | 0,27 | 0,38 | | | | | |
| 11 | | | | | 0,29 | 0,42 | 0,53 | | | | |
| 12 | | | | 0,23 | | 0,46 | 0,59 | | | | |
| 13 | | | | | 0,32 | | | | | | |
| 15 | ± 0,10 | | | | 0,37 | 0,54 | 0,69 | | | | |
| 16 | | | | | 0,40 | 0,58 | | | | | |
| 17 | | | | 0,33 | 0,43 | 0,62 | | | | | |
| 18 | | | | 0,35 | 0,45 | 0,66 | 0,85 | | | ± 0,10 | preko 10—18 |
| | | | | 0,37 | 0,48 | 0,70 | | | | | |
| 19 | | | | | 0,51 | 0,74 | 0,96 | 1,17 | | | |
| 20 | | 0,21 | 0,26 | 0,39 | | | 1,07 | 1,30 | | | |
| 22 | | | | | 0,56 | 0,82 | | | | | |
| 25 | ± 0,12 | 0,26 | | | 0,64 | 0,94 | 1,23 | 1,50 | | | |
| 28 | | | | 0,55 | 0,72 | 1,06 | 1,39 | 1,70 | | | |
| 30 | | 0,32 | | | 0,77 | 1,14 | 1,50 | 1,84 | | ± 0,12 | preko 18—30 |
| | | | | | 0,83 | 1,22 | 1,60 | 1,97 | 2,32 | | |
| 32 | | | | | | | | 2,17 | 2,56 | | |
| 35 | | 0,37 | | | 0,91 | 1,34 | 1,76 | | | | |
| 38 | | | | | 0,99 | 1,46 | 1,92 | 2,37 | 2,80 | | |
| 40 | ± 0,15 | 0,43 | | | 1,04 | 1,54 | 2,03 | 2,50 | 2,96 | | |
| 42 | | | | | 1,09 | 1,62 | 2,14 | 2,64 | 3,12 | ± 0,15 | preko 30—50 |
| 45 | | | | | 1,17 | 1,74 | 2,30 | 2,84 | 3,36 | | |
| 50 | | | | | 1,31 | 1,94 | 2,56 | 3,17 | 3,77 | | |
| | | | | | | | 2,78 | 3,44 | 4,09 | | |
| 54 | | | | | 1,42 | | | | | | |
| 60 | | | | | 1,57 | | 3,10 | 3,84 | 4,57 | | |
| 70 | ± 0,20 | | | | 1,84 | | 3,63 | 4,51 | 5,37 | ± 0,20 | preko 50 |
| 80 | | | | | 2,11 | | 4,17 | 5,17 | 6,17 | | |

[1]) Ekscentričnost je sadržana u ± 10% dozvoljenog otstupanja debljine zida.

[2]) Područje dozvoljenih otstupanja naznačeno je stepenastim linijama. Materijal: mesing Ms 60, Ms 60 A, Ms 63, sem toga se isporučuje u drugim legurama za obradu deformacijom prema DIN 1709. Uzeto je da specif. težina iznosi 8,5 kg/dm³. Način isporuke: u dužinama koje nisu kraće od 3 m. Tehnički uslovi za isporuke i prijem kao i postupak za probe v. DIN 1775.

---

je stepenastim linijama. — Materijal: topionički bakar C—Cu, kao i E—Cu prema DIN 1708. Spec. težina 8,9 kg/dm³. Način isporuke: u dužinama ne manjim od 3 m.

## Tablica 31. Cevi za kondenzatore prema DIN 1785

Dimenzije. Tehnički uslovi za isporuke

Oznaka cevi za kondenzator sa spoljašnjim prečnikom od 19 mm, debljinom zida od 1,5 mm i dužinom od 3000 mm od Ms KF 36: cev za kondenzator 19 · 1,5 · 3000 Ms KF 36.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Spoljašnji prečnik mm | 19 | 19 | 19 | 19 | 23 | 23 |
| Debljina zida mm | 1 | 1,25 | 1,5 | 2 | 1 | 1,5 |
| Težina kg/m | 0,48 | 0,59 | 0,70 | 0,91 | 0,59 | 0,86 |

Dozvoljeno je da ekscentričnost sme prouzrokavati otstupanje debljine zida do ± 10% od nominalne dimenzije debljine zida. Uzeto je da spec. težina iznosi 8,5 kg/dm³. Materijal: Ms K F 36, Ms K F 40, Ms 63 F 36 otpušten, prema DIN 1785. Dužina nije standardizovana.

## Tablica 32. Cevi od mekog i tvrdog olova[1])

Spec. težina = 11,34 kg/dm³ ($D$ = unutrašnji prečnik u mm)

| Debljina zida mm | Težina kg/m | Nominalni pritisak kg/cm² Meko olovo | Tvrdo olovo |
|---|---|---|---|
| | $D = 3$ | | |
| 1,0 | 0,14 | 16 | — |
| 1,5 | 0,23 | 25 | — |
| 2,0 | 0,35 | 33 | — |
| | $D = 5$ | | |
| 1,5 | 0,40 | 15 | 0 |
| 2,0 | 0,50 | 20 | 0 |
| 2,5 | 0,70 | 25 | 0 |
| 3,0 | 0,90 | 30 | 0 |
| | $D = 10$ | | |
| 1,5 | 0,60 | 7 | 14 |
| 2,0 | 0,90 | 10 | 20 |
| 2,5 | 1,10 | 12 | 24 |
| 3,0 | 1,50 | 15 | 30 |
| 3,5 | 1,70 | 17 | 34 |
| 4,0 | 2,00 | 20 | 40 |
| | $D = 15$ | | |
| 1,5 | 0,90 | 5 | 10 |
| 2,0 | 1,20 | 6 | 12 |
| 2,5 | 1,60 | 8 | 16 |
| 3,0 | 1,90 | 10 | 20 |
| 3,5 | 2,30 | 12 | 24 |
| 4,0 | 2,70 | 13 | 26 |
| 4,5 | 3,10 | 15 | 30 |
| 5,0 | 3,60 | 16 | 32 |
| | $D = 20$ | | |
| 1,5 | 1,20 | 3,5 | 7 |
| 2,0 | 1,60 | 5 | 10 |
| 2,5 | 2,00 | 6 | 12 |
| 3,0 | 2,40 | 7 | 14 |
| 3,5 | 2,90 | 8 | 16 |
| 4,0 | 3,40 | 10 | 20 |
| 4,5 | 3,90 | 11 | 22 |
| 5,0 | 4,50 | 12 | 24 |
| 5,5 | 5,60 | 13 | 26 |
| 6,0 | 5,60 | 14 | 28 |
| 8,0 | 8,00 | 16 | 32 |
| | $D = 25$ | | |
| 1,5 | 1,40 | 3 | 6 |
| 2,0 | 1,90 | 4 | 8 |
| 2,5 | 2,50 | 5 | 10 |
| 3,0 | 3,00 | 6 | 12 |
| 3,5 | 3,60 | 7 | 14 |
| 4,0 | 4,10 | 8 | 16 |
| 4,5 | 4,70 | 9 | 18 |
| 5,0 | 5,40 | 10 | 20 |
| 5,5 | 6,00 | 11 | 22 |
| 6,0 | 6,60 | 12 | 24 |
| 7,0 | 8,00 | 14 | 28 |
| 8,0 | 9,50 | 16 | 32 |
| | $D = 30$ | | |
| 1,5 | 1,7* | 2,5 | 5 |
| 2,0 | 2,3* | 3,25 | 6,5 |
| 2,5 | 2,9 | 4 | 8 |
| 3,0 | 3,6 | 5 | 10 |
| 3,5 | 4,2 | 6 | 11,5 |
| 4,0 | 4,9 | 6,5 | 13 |
| 4,5 | 5,5 | 7,5 | 15 |
| 5,0 | 6,3 | 8 | 16 |
| 5,5 | 7,0 | 9 | 18 |
| 6,0 | 7,7 | 10 | 20 |
| 6,5 | 8,4 | 11 | 22 |
| | $D = 35$ | | |
| 1,5 | 2,0* | 2 | 4 |
| 2,0 | 2,7* | 2,75 | 5,5 |
| 2,5 | 3,4* | 3,5 | 7 |
| 3,0 | 4,1 | 4 | 8 |
| 3,5 | 4,8 | 5 | 10 |
| 4,0 | 5,6 | 5,5 | 11 |
| 4,5 | 6,3 | 6 | 12 |
| 5,0 | 7,2 | 7 | 14 |
| 5,5 | 8,0 | 8 | 16 |
| 6,0 | 8,8 | 8,5 | 17 |
| 7,0 | 10,5 | 10 | 20 |
| 7,5 | 11,0 | 10,5 | 21 |
| 8,0 | 12,3 | 11 | 22 |
| | $D = 40$ | | |
| 1,5 | 2,2* | 1,75 | 3,5 |
| 2,0 | 3,0* | 2,5 | 5 |
| 2,5 | 3,8 | 3,0 | 6 |
| 3,0 | 4,6 | 3,5 | 7 |
| 3,5 | 5,4 | 4 | 8 |
| 4,0 | 6,3 | 5 | 10 |
| 4,5 | 7,1 | 5,5 | 11 |
| 5,0 | 8,0 | 6 | 12 |
| 5,5 | 8,9 | 7 | 14 |
| 6,0 | 9,8 | 7,5 | 15 |
| | $D = 45$ | | |
| 1,5 | 2,5* | — | 3 |
| 2,0 | 3,4* | — | 4 |
| 2,5 | 4,5* | — | 5 |
| 3,0 | 5,2 | — | 6 |
| 3,5 | 6,1 | 3,75 | 7,5 |
| 4,0 | 7,0 | 4,25 | 8,5 |
| 4,5 | 7,9 | 5 | 10 |
| 5,0 | 8,9 | 5,5 | 11 |
| 5,5 | 9,9 | 6,0 | 12 |
| 6,0 | 11,0 | 7,0 | 14 |
| 7,0 | 13,0 | 7,75 | 15,5 |
| | $D = 50$ | | |
| 1,5 | 2,8* | — | 3 |
| 2,0 | 3,7* | — | 4 |
| 2,5 | 4,7* | — | 5 |
| 3,0 | 5,7 | 3,0 | 6 |
| 3,5 | 6,7 | 3,5 | 7 |
| 4,0 | 7,7 | 4,0 | 8 |
| 4,5 | 8,7 | 4,5 | 9 |
| 5,0 | 9,8 | 5 | 10 |
| 5,5 | 10,9 | 5,5 | 11 |
| 6,0 | 12,0 | 6 | 12 |
| 6,5 | 13,1 | 6,5 | 13 |
| 7,0 | 14,2 | 7 | 14 |
| 7,5 | 15,1 | 7,5 | 15 |
| 8 | 16,0 | 8 | 16 |
| 10 | 19,6 | 10 | 20 |

Sa (*) označene cevi od mekog i tvrdog olova seku se u komade, jer se pri namotavanju spljošte.

[1]) Prema katalogu »Bleiwarenfabrik Halsbrücke der Staatl. Sächs. Hütten- und Blaufarbenwerke«. Freiberg i. S.

## Tablica 32. Cevi od mekog i tvrdog olova (nastavak)

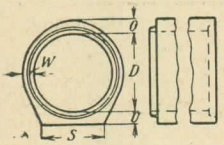
Spec. težina = 11,34 kg/dm³ ($D$ = unutrašnji prečnik u mm)

| Debljina zida | Težina | Nominalni pritisak kg/cm² | |
|---|---|---|---|
| mm | kg/m | Meko olovo | Tvrdo olovo |
| | $D = 55$ | | |
| 2,5 | 5,1* | — | 4,5 |
| 3,0 | 6,2* | — | 5 |
| 3,5 | 7,3 | 3 | 6 |
| 4,0 | 8,4 | 3,5 | 7 |
| 4,5 | 9,6 | 4,0 | 8 |
| 5,0 | 10,7 | 4,5 | 9 |
| 5,5 | 11,8 | 5 | 10 |
| 6,0 | 13,0 | 5,5 | 11 |
| 6,5 | 14,2 | 5,75 | 11,5 |
| 7,0 | 15,4 | 6,25 | 12,5 |
| 7,5 | 16,7 | 6,75 | 13,5 |
| 8,0 | 17,9 | 7,25 | 14,5 |
| 9,0 | 20,5 | 8 | 16 |
| | $D = 60$ | | |
| 2,5 | 5,6* | — | 3,5 |
| 3,0 | 6,7* | — | 5,0 |
| 3,5 | 7,9* | — | 5,5 |
| 4,0 | 9,1 | 3,25 | 6,5 |
| 4,5 | 10,3 | 3,5 | 7 |
| 5,0 | 11,6 | 4 | 8 |
| 5,5 | 12,8 | 4,5 | 9 |
| 6,5 | 15,4 | 5 | 10 |
| 7,5 | 18,0 | 6 | 12 |
| 8,0 | 19,4 | 6,5 | 13 |
| 8,5 | 20,8 | 7 | 14 |
| 9,0 | 22,1 | 7,5 | 15 |
| 9,5 | 23,5 | 8 | 16 |
| 10,0 | 24,9 | 8,25 | 16,5 |
| | $D = 65$ | | |
| 2,5 | 6,0* | — | 3,5 |
| 3,0 | 7,3* | — | 4,5 |
| 4,0 | 9,8 | 3 | 6 |
| 5,0 | 12,5 | 3,5 | 7 |
| 5,5 | 13,9 | 4 | 8 |
| 6,0 | 15,2 | 4,5 | 9 |
| 6,5 | 16,5 | 5 | 10 |
| 7,0 | 17,9 | 5,25 | 10,5 |
| 7,5 | 19,4 | 5,75 | 11,5 |
| 8,5 | 22,2 | 6,5 | 13 |
| 9,0 | 23,6 | 6,75 | 13,5 |
| 10,0 | 26,7 | 7,5 | 15 |
| | $D = 70$ | | |
| 3,5 | 9,2* | — | 5 |
| 4,0 | 10,6 | 2,75 | 5,5 |
| 4,5 | 11,9 | 3,0 | 6 |

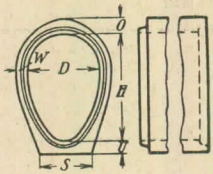
| Debljina zida | Težina | Nominalni pritisak kg/cm² | |
|---|---|---|---|
| mm | kg/m | Meko olovo | Tvrdo olovo |
| | $D = 70$ | | |
| 5,0 | 13,4 | 3,5 | 7 |
| 5,5 | 14,7 | 3,75 | 7,5 |
| 6,0 | 16,2 | 4 | 8 |
| 6,5 | 17,7 | 4,5 | 8,5 |
| 7,5 | 20,7 | 5 | 10 |
| 9,0 | 25,3* | 6 | 12 |
| | $D = 75$ | | |
| 3,5 | 9,8* | — | 4,5 |
| 4,0 | 11,2 | 2,5 | 5 |
| 5,0 | 14,2 | 3 | 6 |
| 6,5 | 18,8 | 4 | 8 |
| 7,5 | 22,0* | 5 | 10 |
| 9,5 | 28,6* | 6 | 12 |
| | $D = 80$ | | |
| 2,5 | 7,3* | — | — |
| 3,0 | 8,8* | — | 3 |
| 4,0 | 12,0* | 2,5 | 5 |
| 5,0 | 15,1* | 3 | 6 |
| 7,0 | 21,6* | 4 | 8 |
| 8,0 | 25,2* | 5 | 10 |
| 9,5 | 30,3* | 5,5 | 11 |
| | $D = 90$ | | |
| 4,5 | 15,1* | 2,5 | 5 |
| 5,5 | 18,3* | 3 | 6 |
| 6,5 | 23,5* | 3,5 | 7 |
| 8,0 | 27,9* | 4 | 8 |
| 9,0 | 32,0* | 4,5 | 9 |
| 9,5 | 33,6* | 5 | 10 |
| 10,5 | 37,9* | 5,5 | 11 |
| 11,5 | 41,5* | 6 | 12 |
| | $D = 100$ | | |
| 3,5 | 12,7* | — | 3,5 |
| 4,0 | 14,8* | 2 | 4 |
| 4,5 | 16,7* | 2,25 | 4,5 |
| 5,0 | 18,8* | 2,5 | 5 |
| 5,5 | 20,7* | 2,75 | 5,5 |
| 6,5 | 24,6* | 3,25 | 6,5 |
| 7,0 | 26,0* | 3,5 | 7 |
| 7,5 | 29,0* | 3,75 | 7,5 |
| 9,0 | 35,0* | 4,5 | 9 |
| 9,5 | 37,0* | 4,75 | 9,5 |
| | $D = 120$ | | |
| 3,5 | 15,5* | — | 2,5 |
| 5,0 | 23,2* | 2 | 4 |
| 6,0 | 27,0* | 2,5 | 5 |

| Debljina zida | Težina | Nominalni pritisak kg/cm² | |
|---|---|---|---|
| mm | kg/m | Meko olovo | Tvrdo olovo |
| | $D = 120$ | | |
| 7,5 | 34,0* | 3 | 6 |
| 9,0 | 41,3* | 3,7 | 7,5 |
| 10,0 | 46,4* | 4 | 8 |
| | $D = 125$ | | |
| 2,5 | 12,3* | — | 2 |
| 3,5 | 16,0* | — | 2,8 |
| 5,0 | 23,1* | 2 | 4 |
| 6,5 | 30,3* | 2,6 | 5,2 |
| 7,5 | 35,5* | 3 | 6 |
| 8,5 | 39,4* | 3,4 | 6,5 |
| 10,5 | 50,6* | 4 | 8 |
| | $D = 150$ | | |
| 4,5 | 24,6* | — | 3 |
| 5,0 | 27,6* | 1,5 | 3 |
| 6,0 | 33,4* | 1,8 | 3,6 |
| 8,0 | 45,1* | 2,5 | 5 |
| 10,0 | 57,1* | 3,3 | 6,6 |
| | $D = 170$ | | |
| 3,5 | 21,6* | — | 1,5 |
| 7,0 | 44 * | 1,8 | 3,6 |
| 8,0 | 50,6* | 2,2 | 4,4 |
| 9,5 | 60,5* | 2,8 | 5,6 |
| 10,0 | 64 * | 3,0 | 6,0 |
| | $D = 200$ | | |
| 3,5 | 25,3* | — | 1,5 |
| 5,0 | 35,9* | 1,2 | 2,4 |
| 7,0 | 51,7* | 1,7 | 3,4 |
| 10,0 | 74,9* | 2,5 | 5 |
| | $D = 225$ | | |
| 5,0 | 40,9* | 1,2 | 2,2 |
| 10,0 | 83,6* | 2,2 | 4,4 |
| 17,5 | 151,2* | 3,8 | 7,6 |
| | $D = 250$ | | |
| 5,0 | 45,5* | 1 | 2 |
| 7,0 | 64,0* | 1,5 | 3 |
| 10,0 | 92,5* | 2 | 4 |
| 17,5 | 166,5* | 3,5 | 7 |
| | $D = 275$ | | |
| 5,0 | 49,8* | 1 | 2 |
| 10,0 | 101,3* | 2 | 4 |
| 17,5 | 182,0* | 3 | 6 |
| | $D = 300$ | | |
| 5,0 | 54,1* | 0,8 | 1,6 |
| 10,0 | 110,3* | 1,6 | 3,2 |

Sa (*) označene cevi od mekog i tvrdog olova seku se u komade, jer se pri namotavanju spljošte.




Sl. 15




Sl. 16

### d) Nemetalne cevi

**1. Cementne cevi.** Oznaka cementne cevi odbačena je. List standarda DIN 1201 više ne važi. Za cementne cevi merodavne su odredbe za betonske cevi DIN 4032, v. pod **2.**

**2. Betonske cevi** prema DIN 4032. Uslovi za isporuku i probe. Dopunski list sa uputstvima za transport. Standardizovane su:

a) Cevi sa stopom: 1) cevi okruglog preseka (sl. 15) i to prave — tablica 33 —, luk, priključci sa strane i otvori na te-

**Tablica 33. Betonske cevi prema DIN 4032**

$D$, odnosno $D \cdot H$ = unutrašnji prečnik, $L$ = građevinska dužina, $f$ = širina stope, $w$, $o$, $u$ = debljine zidova, $JT$ = jačina u temenu pri pritisku izražena u kg/m dužine opterećenja, *kv.* = kvalitetna klasa, $t$ = dubina naglavka, $s$ = usek za zaptivku

| Cevi jajastog preseka (sl. 16)[1] | | | | | | Cevi okruglog preseka (sl. 15)[1] | | | | | Cevi sa naglavkom | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $D \times H$ | | $f$ | $o, u, w$ | $JT$ | | $D$ | $f$ | $o, u, w$ | $JT$ | | $D$ | $L$ | $t$ | $s$ |
| | | | | kv. I | kv. II | | | | kv. I | kv. II | | | | |
| mm | mm | mm | | min | prosečno | mm | mm | | min | prosečno | mm | mm | mm | mm |
| 200 | 300 | 150 | | 3600 | 3000 | 100 | 80 | | 2400 | 2000 | 100 | 500 ± 5 | 60 | 16 |
| 300 | 450 | 210 | | 3900 | 3200 | 125 | 100 | | 2500 | 2000 | 125 | i 1000 | ± 3 | |
| 400 | 600 | 265 | | 4200 | 3400 | 150 | 120 | | 2600 | 2000 | 150 | ± 10 | | |
| 500 | 750 | 320 | $o$ | 4600 | 3600 | 200 | 160 | $o$ | 2700 | 2100 | 200 | | | 18 |
| 600 | 900 | 375 | i | 5100 | 3900 | 250 | 200 | i | 2800 | 2300 | 250 | | | |
| 700 | 1050 | 430 | $u$ | 5700 | 4200 | 300 | 240 | $u$ | 3000 | 2500 | 300 | | 70 | |
| 800 | 1200 | 490 | $>w$ | 6300 | 4500 | 350 | 280 | $\geqq w$ | 3100 | 2700 | 350 | | ± 3 | |
| 900 | 1350 | 545 | | 6800 | 4800 | 400 | 320 | | 3200 | 2800 | 400 | | | |
| 1000 | 1500 | 600 | | 7200 | 5000 | 450 | 360 | | 3400 | 2900 | 450 | | | 20 |
| 1200 | 1800 | 720 | | 7700 | 5200 | 500 | 400 | | 3500 | 3000 | 500 | | | |
| | | | | | | 600 | 450 | | 3800 | 3100 | 600 | | | |
| | | | | | | 700 | 500 | | 4100 | 3200 | 700 | | | |
| | | | | | | 800 | 550 | | 4300 | 3300 | 800 | 1000 | | |
| | | | | | | 900 | 600 | $o$ | 4600 | 3400 | 900 | ± 10 | | |
| | | | | | | 1000 | 650 | i | 4900 | 3400 | 1000 | | | |
| | | | | | | 1100 | 680 | $u$ | 5200 | 3400 | 1100 | | | |
| | | | | | | 1200 | 730 | $>w$ | 5500 | 3500 | 1200 | | 80 | 25 |
| | | | | | | 1300 | 780 | | 5700 | 3600 | 1300 | | ± 3 | |
| | | | | | | 1400 | 840 | | 6000 | 3600 | 1400 | | | |
| | | | | | | 1500 | 900 | | 6300 | 3600 | 1500 | | | |

Za cevi kružnog i jajastog preseka $L = 1000 \pm 10$ mm.

Debljina $w$ zida zavisi od vrste upotrebljenog materijala i izrade. Zbog toga se za njih kao ni za dimenzije $o$ i $u$ ne mogu dati odgovarajući brojevi.

[1]) Kod cevi od 500 mm, odnosno 400 · 600 mm unutrašnjeg prečnika, pero je duže nego žljeb, kod cevi sa većim unutrašnjim prečnikom pero je kraće. Žljeb mora biti dubok najmanje 25 mm. — Cevi sa unutrašnjim prečnikom od 1000 mm, odnosno 800 · 1200 i više mogu se izrađivati i u građevinskim dužinama ispod 1000 mm. Smatra se da je postignuta jačina u temenu pri pritisku (opterećenje pri slomu), ako pokazivač opterećenja ne ide naviše kad se pritisak na cev i dalje povećava.

menu, reduktori. 2) cevi jajastog preseka (sl. 16), i to prave — tablica 33 — priključci sa strane i otvori na temenu.

b) Cevi sa naglavkom, i to prave — tablica 33 —, luk, priključci cevi sa naglavkom.

c) Specijalni oblici cevi. Cevi (okruglog i jajastog preseka) sa dnom koje je obloženo ili u koje su ubetonirane krive ili ravne keramičke pločice (prema DIN 1230, v. niže), ili cevi sa prevlakom na dnu; bočni priključci koji dublje prodiru u cevi jajastog preseka, račvaste cevi jajastog preseka, dvostruke cevi, ulazni otvori itd.

**Cevi od armiranog betona za pritisak.** Uslovi za isporuke i proveru v. DIN 4036. Uputstva za primanje cevi za pritisak od armiranog betona v. DIN 4037.

**3. Keramički proizvodi za kanalizaciju** (str. 1098) od keramičke gline, pri pečenju prevučene sa solnom glazurom, nepropustljive za vodu, sa jakim i tvrdim krhotinama, DIN 1230 (Dimenzije i tehnički uslovi za isporuke). Ispitivanje upijanja vode prema DIN 1065.

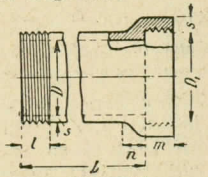
Keramičke cevi za kanalizaciju i keramički fasonski delovi. Četiri klase kvaliteta: izbor I a (gradski proizvodi), izbor I b (trgovački proizvodi), izbor II, izbor III. Dozvoljena otstupanja unutrašnjih prečnika povećavaju se sa porastom broja koji označava izbor. Građevinska dužina 1000 mm ± 2%. Spec. tež. = 2,3 kg/dm³.

**Tab. 34. Prave keramičke cevi za kanalizaciju** prema DIN 1230 (sl. 17)

Dimenzija u mm. Oznaka odvodne cevi sa unutrašnjim prečnikom $D = 200$ mm i građevinskom dužinom $L = 1000$ mm. Klasa kvaliteta . . . izbor: cev 200 × 1000 DIN 1230, . . . izbor

| Unutrašnji prečnik $D$ | Debljina zida $s$ Najmanja dimen. | Naglavak $D_1$ Najmanja dimen. | $m$ $n$ | Kraj cevi (uglavak) $l$ Dozv. otst. ± 3 |
|---|---|---|---|---|
| 100 | 15,5 | 164 | | 60 |
| 125 | 16,5 | 193 | | |
| 150 | 17,5 | 224 | | |
| 175 | 18,5 | 251 | | |
| 200 | 20 | 276 | | |
| (225) | 20 | 303 | | |
| 250 | 22 | 334 | | |
| 300 | 24 | 390 | | 70 |
| 350 | 26 | 446 | | |
| 400 | 29 | 500 | | |
| 450 | 32 | 558 | | |
| 500 | 35 | 612 | | |
| 550 | 37 | 668 | | |
| 600 | 39 | 722 | | |
| 650 | 41 | 776 | | |
| 700 | 43 | 830 | | 80 |
| 800 | 45 | 944 | | |
| 900 | 48 | 1054 | | |
| 1000 | 48 | 1160 | | |

Cevi sa unutrašnjim prečnikom od 200 mm izrađuju se i u dužini od 600 i 750 mm i kao sastavni delovi sa dužinom od 300, 400 i 500 mm; za uličnе odvode od keramike izrađuju se sem toga, DIN 4053, cevi sa unutrašnjim prečnikom od 450 mm i dužinom od 200, 500, 600 i 750 mm, sa ili bez naglavka.




*DIN 1230*

Sl. 17

Lukovi sa istim unutrašnjim prečnicima kao što su prečnici pravih cevi za 90, 60, 45, 30°.

Račve. Račva D, jednostavna prava račva. Račva DD, dvostruka prava račva. Račva C, jednostavna kosa račva. Račva CC, dvostruka kosa račva. Građevinska dužina 600 mm + dubina naglavka.

Reduktori. 100 na 125 i 150, 125 na 150 i 200, 150 na 200, 175 na 200 mm. Dužina kraćih reduktora = 300 mm + dubina naglavka; dužina dužih reduktora = 600 mm + dubina naglavka.

Ploče za oblaganje dna za $^1/_4$ i $^1/_3$ kruga, za jajasti profil (betonske cevi) i kružni profil. Dužina 500 mm; spolja ozubljene ili ohrapavljene.

Ploče. Dužina 330 mm, širina 110 i 150 mm, debljina 20 mm; jedna strana duboko ozubljena.

**4. Odvodne cevi od keramičkog materijala sa zbijenom strukturom** prema DIN 4250; spoljašnji prečnik cevi, unutrašnji prečnik naglavka, dubina naglavka i zazor naglavka.

**5. Cevi od pečene gline.** Upotrebljavaju se za drenažu, v. IV knj., odeljak: Poljoprivreda. Drenažne cevi prema DIN 1180 v. str. 1095.

**6. Staklene cevi (staklene cevčice),** mašinski vučene, isporučuju se u dužinama od približno 1,50 m i sa spoljašnjim prečnikom od 3 do okruglo 55 mm, debljina zida prema vrsti i prečniku, između $^1/_4$ i 4 mm.

»Glaswerke Ruhr A. G.«, Essen-Karnap, razlikuju ove grupe stakla AR: I. Cilindrične cevi vrlo slabe, spoljašnji prečnik 3 do 55 mm; II. cilindrične cevi slabe, 3 do 55 mm; III. cilindrične cevi jake, 3 do 51 mm; IV. savijene cevi slabe, 3 do 45 mm; V. savijene cevi jake, 4 do 41 mm; VI. stakleni štapovi; VII. cevi za vodokaze 5 do 30 mm; VIII. cevi za barometre 5 do 12 mm. Za vodokaze isporučuje »Schott u. Gen.« Jena, staklo Durobax (zaštitna traka crvena) i kameno staklo (zaštitna traka plava) u dužinama od 40 do 500 mm i spoljašnjeg prečnika od 10 do 25 mm.

**7. Porcelanske cevi,** gleđosane i negleđosane, otporne prema kiselinama, prave, savijene i u spiralama za najraznovrsnije svrhe, naročito za hemiske aparate i vodove. Za vodovode i odvode upotrebljene vode **sa metalnim sastavnim delovima.**

**8. Cevi od veštačkih materija** najraznovrsnijih vrsta i za mnoge upotrebe. Cevi kružnog preseka od tvrde hartije prema DIN VDE 607 (u pripremi).

## D. Razno

### a) Klinovi. Zakivci. Zavrtnjevi

**Klinovi** v. II. knj., odeljak: Mašinski delovi.

**Zakivci.** Materijal, oblikovanje, proračun sastavaka zakovanih zakivcima, zakivanje v. II. knj., odeljak: Mašinski delovi, Zakivci.

Zakivci ispod 10 mm od bakra, aluminijuma, mesinga prema DIN 265, list 1. Zakivci sa velikom poluokruglom glavom DIN 663, ukopani zakivci sa sočivastom glavom DIN 662, ukopani zakivci DIN 661, zakivci sa polukružnom glavom DIN 660. Prema DIN 660, 661, 662 i zakivci od točenog čelika. Ukopani zakivci sa velikom glavom DIN 664, zakivci sa velikom sočivastom glavom DIN 673, zakivci sa velikom pljosnatom glavom DIN 674, zakivci za kaiše DIN 675.

**Zavrtnjevi.** Tablični pregled najvažnijih oblika zavrtnjeva, navrtki i osigurača; proračun zavrtnjeva, oblici zavrtnjeva (zavojnice) v. II. knj., odeljak: Mašinski delovi.

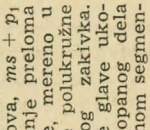
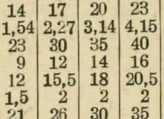
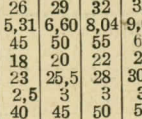
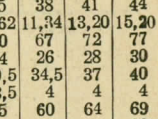
Dimenzije i težine (v. i str. 1024): neobrađeni šestougaoni zavrtnjevi i šestougaone navrtke (DIN 555) DIN 418; neobrađeni šestougaoni zavrtnjevi, zavojnice dosežu približno do glave

(Nastavak teksta na str. 1292.)

## Tablica 35. Oznake za zakivke i zavrtnjeve prema DIN 407 (Izvod)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Polukružne glave | Ukovan zakivak / Prečnik rupe | mm | 11 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 | 29 | 32 | 35 | 38 | 41 | 44 |
| | Oznaka | | | | | | | | 29 | 32 | i t d. | | | |
| Segmentaste glave za ukopavanje | Dopunske oznake za zakivke sa poluokrugłom glavom | Gornja glava upuštena | | Donja glava upuštena | | Obadve glave upuštene | | Primer za zakivak prečnika 20 mm | | | Ukovan zakivak: zakivak prečnika ispod 29 do zaključno 11mm može se označiti i kružićem pored koga treba upisati odnosnu dimenziju prečnika; zakivak prečnika 14 mm označen je znakom + i to za zakivak prečnika 11 mm, ali pored toga znaka treba upisati odnosnu dimenziju prečnika ukovanog zakivka, na pr. za zakivak prečnika 9,5 mm + 9,5 | | | |
| Glave za ukopavanje | | Gornja glava upuštena | | Donja glava upuštena | | Obadve glave upuštene | | Primer za zakivak prečnika 20 mm | | | | | | |
| Montažni zakivci | | Zakivci koje treba zakovati | | Rupe koje treba izbušiti za zakivke | | | | Primer za zakivak prečnika 20 mm | | | | | | |
| Zavrtnji | Prečnik zavojnice | 1/4" $M_6$ | 5/16" $M_8$ | 3/8" $M_{10}$ | 1/2" | 5/8" | 3/4" | 7/8" | 1" | 1 1/8" | 1 1/4" | 1 1/8" | 1 1/2" | 1 5/8" | 1 3/4" |
| | Oznaka | 1/4 | 5/16 | $M_{10}$ | | | | | | 1 1/8" | 1 1/4" | i t d | | | |
| | Normirani prečnik rupe | mm 7 | 9 | 11 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 | 30 | 33 | 36 | 39 | 42 | 46 |
| | Sve ostale rupe za prolaz | 6,4 | 8,4 | 12,5 | | | | | | 31 | 34 | i t d | | | |
| | Oznaka rupe sa zavojnic. | $M_{10}$ | | | Dvostruki krug sa oznakom dimenzije | | | | | | | 1 1/2" | | | |

## Tablica 36. Gotove glave i završne glave zakivaka na toplo, prečnika preko 10 mm prema DIN 265

| | Zakivci sa poluokrugłom glavom za konstr. kotlova prema DIN 123 | za gvozdene konstr. prema DIN 124 | Zakivci za poluukopavanje prema DIN 301 | Zakivci za ukopavanje prema DIN 302 | Zakivci za ukopavanje prema DIN 303 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Gotova glava – poluokrugła glava | | Gotova glava segmentasta za poluukopavanje | Gotova glava za ukopavanje | Gotova glava segmentasta za ukopavanje |
| Neobrađen zakivak |  | Zaobljenje cilindra max 0,05 d |  |  |  |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $d$ | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 | 28 | 31 | 34 | 37 | **40** | 43 |
| $d_1$ | 11 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 | 29 | 32 | 35 | 38 | 41 | 44 |
| $f_n$ | 0,95 | 1,54 | 2,27 | 3,14 | 4,15 | 5,31 | 6,60 | 8,04 | 9,62 | 11,34 | 13,20 | 15,20 |
| $D$ | 18 | 23 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 67 | 72 | 77 |
| $k$ | 7 | 9 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| $R \approx$ | 9,5 | 12 | 15,5 | 18 | 20,5 | 23 | 25,5 | 28 | 30,5 | 34,5 | 37 | 40 |
| $r = a$ | 1 | 1,5 | 2 | 2 | 2 | 2,5 | 3 | 3 | 3,5 | 4 | 4 | 4 |
| $D_1$ | 16 | 21 | 26 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 64 | 69 |
| $k_1$ | 6,5 | 8,5 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
| $R_1 \approx$ | 8 | 11 | 13,5 | 15,5 | 18 | 20,5 | 23 | 25,5 | 28 | 30,5 | 32,5 | **35,5** |
| $m^* \approx$ | 1,26 | 1,22 | 1,22 | 1,22 | 1,22 | 1,20 | 1,20 | 1,16 | 1,15 | 1,14 | 1,13 | 1,12 |
| $p^*$ | 15 | 19 | 28 | 32 | 35 | 39 | 43 | 45 | 49 | 56 | 59 | 62 |
| $p_1^*$ | 11 | 15 | 17 | 19 | 23 | 26 | 30 | 34 | 37 | 40 | 43 | 47 |
| $D_2$ | 15,4 | 21 | 27 | 30 | 35 | 39,5 | 39,5 | 44 | 48 | 52,5 | 57 | 61 |
| $k_2$ | 3,5 | 4 | 7 | 9,5 | 11 | 12,5 | 14 | 15,5 | 17 | 18,5 | 20 | **21,5** |
| $H$ | 4,5 | 5 | 6,5 | 6,5 | 7 | 7,5 | 10,5 | 10,5 | 11,5 | 12,5 | 13,5 | **14** |
| $R_2 \approx$ | 16 | 26,5 | 29 | 41,5 | 50,5 | 60 | 47,5 | 62,5 | 69,5 | 80 | 83 | 89 |
| $r_1$ | 3 | 3,5 | 4 | 4 | 4 | 4,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 | **8** |
| $R_3 \approx$ | 20,5 | 28,5 | 37,5 | 39 | 45,5 | 51 | 51 | 56 | 60 | 65,5 | 70 | 75 |
| $W$ | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | **6,5** |
| $\alpha°$ | 75 | 75 | 75 | 60 | 60 | 60 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | **45** |
| $t$ | 2,8 | 4,3 | 6,3 | 8,5 | 10 | 11,5 | 12,5 | 14 | 15,5 | 17 | 18,5 | 20 |

Dimenzije u mm, $f_n$ u cm², $d$ — prečnik neodređenog zakivka, $d_1$ — prečnik ukovanog zakivka, prečnik rupe. Dužina tela zakivka $= ms + p$ za konstr. kotlova, $ms + p_1$ za konstr. mostova, $a$ — oistojanje preloma ispod polukružne završne glave, mereno u pravcu ose. $H$ — visina završne polukružne glave (segmenta) poluukopanog zakivka. $W$ — visina završne segmentaste glave ukopanog zakivka. $t$ — dubina ukopanog dela završne glave zakivka sa ukopanom segmentastom i poluukopanom završnom glavom.

*) U listovima standarda date su mnogobrojne dužine tela zakivka; dimenzije $m$, $p$ i $p_1$ nisu standardizovane, ali za debljine $s$ limova daju upotrebljive vrednosti.

(Nastavak teksta sa str. 1290)

stabla DIN 558; neobrađeni i svetli šestougaoni zavrtnjevi prečnika >2″ DIN 532; neobrađeni četvorougaoni zavrtnjevi prečnika do 1″ sa šestougaonom navrtkom (ranije građevinski zavrtnjevi DIN 556; neobrađene četvorougaone navrtke prečnika do 1 1/2″ DIN 557; neobrađeni pljosnati zavrtnjevi sa polukružnom glavom sa četvrtastim dnom stabla i četvorougaonom navrtkom, za ukopavanje u drvo (ranije bravarski zavrtnjevi), prečnika do 3/4″ DIN 559; neobrađeni zavrtnjevi za ukopavanje sa rebrom i šestougaonom ili četvorougaonom navrtkom, za ukopavanje u metal, prečnika do 1″ DIN 565; neobrađeni zavrtnjevi za ukopavanje sa četvrtastim dnom stabla i četvorougaonom navrtkom, za ukopavanje u metal, prečnika do 1″ DIN 567; neobrađeni zavrtnjevi sa polukružnom glavom i rebrom i šestougaonom navrtkom, inače kao napred, DIN 569; zavrtnjevi sa okcem DIN 444; zavrtnjevi za kamen DIN 529. Tehnički uslovi za isporuke neobrađenih zavrtnjeva i navrtki v. DIN 589.

Zavrtnjevi za drvo: zavrtnjevi sa segmentastom glavom za ukopavanje za drvo (točeni čelik, mesing) DIN 95, poluokrugli zavrtnjevi za drvo (točeni čelik, mesing) DIN 96, zavrtnjevi za ukopavanje za drvo (točeni čelik, mesing) DIN 97, četvorougaoni zavrtnjevi za drvo (čelik 38.13) DIN 570, šestougaoni zavrtnjevi za drvo (čelik 38.13) DIN 571.

Zatege od 1/2″ do 2″, otvorenog oblika, DIN 1480, drugog oblika od cevi DIN 1478, kratkog šestougaonog oblika DIN 1479.

### b) Lanci. Kaiševi. Užad.

**Lanci.** Područje primene: za pogon pomoću lanaca kao lanci za pogon, u tehnici transporta, za transportere; u brodarstvu, kao lanci za sidra i vezivanje itd.

Kod pogona pomoću lanca upotrebljavaju se uglavnom lanci sa čivijama ili valjcima i lanci sa zubcima (II. knj., odeljak: Mašinski delovi). Tamo su date težine za pogonske lance na zglobove, tipa Zobel. Lanci za bicikle, lanci sa valjcima prema DIN FAFA 17:

| Podela $t$ | | Valjci | | | | | Jačina pri kidanju |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| colovi | mm | colovi | mm | $d$ | $f$ | $g$ | min kg |
| 1/2″ | 12,7 | 1/8″ | 3,2+0,2 | 7,75—0,1 | 6,8 | 13 | 700 |
| | | 3/16″ | 4,8+0,2 | 7,75—0,1 | 8,4 | 14,5 | |

$d$ = prečnik valjka, $b$ = širina valjka, $g$ = dužina stabla zavrtnja, $f$ = otstojanje zavrtnja od srednje linije u mm.

Lanci za transportnu tehniku, v. II. knj., odeljak: Tehnika transporta i skladištenja.

Lanci od okruglog gvožđa (lanci sastavljeni od karika). Razlikuju se: nekalibrisani lanci za dizalice DIN 672 sa podacima o težini, kalibrisani lanci za dizalice. DIN 671, sa kratkim karikama, u tolerancijama, DIN 765, van tolerancija DIN 766, sa dugim karikama van tolerancija DIN 763, lanci za transportere DIN 670 i DIN 674. Ispitani lanci, uslovi za lance sa okruglim karikama DIN 685. Brodski lanci sa prečkom za najteži pogon (v. i IV. knj., odeljak: Brodogradnja). Lanci za konstrukciju kola v. DIN WAN 233.

Zglavkasti lanci. Gall-ovi lanci, lanci sa čeličnim zavornjima DIN 654 sa podacima o težini; zglavkasti lanci koji se mogu rastavljati, sa podacima o težini DIN 686. Listovi DIN dati su u izvodu u odeljku: Tehnika transporta i skladištenja, II knj.

Lanci guseničasti najrazličitijih tipova konstrukcije, za pokretne uređaje kranova, za bagere i ostale transportne uređaje, za mašine za vuču (remorkere, traktore), za vojna vozila itd.

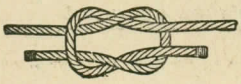
Točkovi za lanac: v. II. knj., odeljak: Mašinski delovi i tehnika transporta i skladištenja; za konstrukciju bicikla v. DIN FAFA 16.

**Kaiševi.** Razlikuju se čelične transportne trake, čelične kočioničke trake, čelične trake za zamenu pogona na kaiševe, kožni kaiševi, kaiševi od dlake, kaiševi od vlakna (tekstilni), balata kaiševi i gumeni kaiševi. Proračun v. II knj., odeljak: Mašinski delovi.

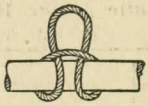
Jačina kožnih kaiševa v. str. 1202, podatak za pogon i uslovi za isporuku v. str. 1202, kaišnici v. II knj., odeljak: Mašinski delovi.

**Užad. Opšte.** Struk od žice dobije se upredanjem nekoliko žica u jedan ili više slojeva; čelično uže dobije se, kad se upredе nekoliko takvih strukova. Između strukova kao i u unutrašnjosti čeličnog užeta često se nalazi struk od tekstilnog vlakna, t. zv. »jezgro«, kako bi se dobila bolja savitljivost užeta.

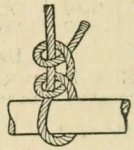
**Vezivanje užadi za pomeranje tereta:**



Sl. 18
Ukršteni čvor za vezivanje dva užeta jednakih debljina



Sl. 19
Jednostavna petlja za vezivanje tereta i za zakačinjanje kuke



Sl. 20
Dva polučvora

Sl. 21
Čvor za vezivanje užeta za debelo uže ili gredu. Uvek u vezi sa jednim ili dva polučvora

Sl. 22
Drvodeljski čvor za vezivanje užeta za gredu. Omogućuje da podignuta greda visi u vertikalnom položaju

Sl. 23
Petlja na kraju užeta (ostaje stalno otvorena). Za vezivanje dva užeta različitih debljina. Treba obrazovati dva ovakva čvora jedan u drugom.

Opširnije v. AWF-Betriebsblatt 23[1]).

[1]) Može se nabaviti kod »Beuth-Vertrieb« G m b H, Berlin S W 68.

## Tablica 37. Dozvoljena opterećenja čelične užadi za dizanje tereta (sl. 24 i 25)

**Užad od konoplje**

Najbolja čista konoplja osmostruka sigurnost

Sl. 24

Sl. 25

**Užad od žice**

pocinkovane; jačina pri kidanju 130—140 kg/mm², osmostruka sigurnost

| Prečnik užeta | Dozvoljena opterećenja jednog užeta u kg pri uglu razmicanja α od | | | |
|---|---|---|---|---|
| mm | 0° | 45° | 90° | 120° |
| 13 | 130 | 120 | 90 | 60 |
| 16 | 200 | 180 | 140 | 100 |
| 18 | 250 | 225 | 175 | 125 |
| 20 | 300 | 270 | 210 | 150 |
| 23 | 400 | 360 | 280 | 200 |
| 26 | 500 | 450 | 350 | 250 |
| 29 | 600 | 540 | 420 | 300 |
| 36 | 1000 | 900 | 700 | 500 |
| 39 | 1200 | 1080 | 840 | 600 |
| 46 | 1600 | 1440 | 1120 | 800 |
| 52 | 2100 | 1900 | 1450 | 1000 |
| 60 | 2400 | 2160 | 1700 | 1200 |
| 70 | 2800 | 2500 | 2000 | 1400 |
| 80 | 3300 | 3000 | 2300 | 1600 |
| 90 | 4100 | 3700 | 2900 | 2000 |
| 100 | 5100 | 4600 | 3600 | 2500 |

| Prečnik užeta | Dozvoljena opterećenja jednog užeta u kg pri uglu razmicanja α od | | | |
|---|---|---|---|---|
| mm | 0° | 45° | 90° | 120° |
| 10 | 530 | 480 | 370 | 270 |
| 12 | 820 | 750 | 570 | 400 |
| 14 | 1 000 | 900 | 700 | 500 |
| 16 | 1 200 | 1 080 | 840 | 600 |
| 18 | 1 500 | 1 350 | 1050 | 750 |
| 20 | 2 000 | 1 800 | 1400 | 1000 |
| 22 | 2 400 | 2 150 | 1600 | 1200 |
| 24 | 3 200 | 2 850 | 2250 | 1600 |
| 26 | 4 000 | 3 600 | 2800 | 2000 |
| 28 | 5 000 | 4 500 | 3500 | 2500 |
| 30 | 6 000 | 5 400 | 4200 | 3000 |
| 33 | 7 200 | 6 500 | 5050 | 3600 |
| 35 | 8 000 | 7 200 | 5600 | 4000 |
| 38 | 9 500 | 8 600 | 6650 | 4700 |
| 40 | 10 500 | 9 500 | 7350 | 5200 |
| 45 | 12 000 | 10 800 | 8400 | 6000 |
| 50 | 14 000 | 12 600 | 9800 | 7000 |

## Užad od manile prema HNA Tw 11

Sila koja kida pređu = 75 kg, sedmostruka sigurnost

| Obim užeta u | | Prečnik užeta | Dozvoljena opterećenja u kg pri uglu razmicanja α od | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Engl. col. | mm | mm | 0° | 45° | 90° | 120° |
| 1 3/4 | 44 | 14 | 170 | 155 | 120 | 85 |
| 2 | 51 | 16 | 220 | 200 | 155 | 110 |
| 2 1/4 | 57 | 18 | 280 | 255 | 195 | 140 |
| 2 1/2 | 64 | 20 | 340 | 310 | 240 | 170 |
| 2 3/4 | 70 | 22 | 400 | 370 | 280 | 200 |
| 3 | 76 | 24 | 480 | 440 | 335 | 240 |
| 3 1/4 | 83 | 26 | 550 | 505 | 385 | 275 |
| 3 1/2 | 89 | 28 | 630 | 580 | 440 | 315 |
| 3 3/4 | 95 | 30 | 710 | 650 | 500 | 355 |
| 4 | 102 | 32 | 800 | 735 | 560 | 400 |
| 4 1/4 | 108 | 34 | 890 | 820 | 625 | 445 |
| 4 1/2 | 114 | 36 | 980 | 900 | 685 | 490 |
| 4 3/4 | 121 | 38 | 1070 | 985 | 755 | 535 |
| 5 | 127 | 40 | 1180 | 1080 | 825 | 590 |
| 5 1/2 | 140 | 44 | 1410 | 1300 | 990 | 705 |
| 6 | 152 | 48 | 1660 | 1530 | 1160 | 830 |
| 6 1/2 | 165 | 52 | 1920 | 1760 | 1350 | 960 |
| 7 | 178 | 56 | 2190 | 2010 | 1530 | 1095 |
| 7 1/2 | 190 | 60 | 2470 | 2270 | 1730 | 1235 |
| 8 | 203 | 64 | 2760 | 2540 | 1930 | 1380 |
| 9 | 229 | 72 | 3390 | 3120 | 2370 | 1695 |
| 10 | 254 | 80 | 4050 | 3720 | 2830 | 2025 |
| 11 | 279 | 88 | 4730 | 4350 | 3310 | 2365 |
| 12 | 305 | 96 | 5440 | 5000 | 3800 | 2720 |
| 13 | 330 | 104 | 6180 | 5680 | 4320 | 3090 |

O izradi čelične užadi v. II knj., odeljak: Tehnika transporta i skladištenja. Pri izradi užarske robe (sirovina v. str. 1190) vlakna se upredaju udesno u pređu, pređa ulevo u strukove, a tri do četiri struka upredena udesno obrazuju desno upredeno uže. Za levo upredeno uže smer upredanja je suprotan prethodnom.

**Čelična užad.** Čelična užad za mehanizme, tablica dimenzija itd., v. II knj., odeljak: Mašinski delovi.

Čelična užad za tehniku transporta i skladištenja; čelična užad za kranove, dizalice (liftove), koturače — DIN 655 v. II knj., odeljak: Tehnika transporta i skladištenja, gde se nalaze uputstva za izbor i dimenzionisanje čelične užadi, doboša i koturova za užad.

Čelična užad za r u d a r s t v o (kočnice, čekrci itd.) — DIN Berg 1250, užad za izvozne mašine — DIN Berg 1251, pljosnata užad — DIN Berg 1252, čelični strukovi i čelična užad za signalne uređaje sa čekićem — DIN Berg 1253.

Č e l i č n a u ž a d n a d z e m l j o m (noseća užad za žičare, za vazdušne železnice, pokretne kranove), t. zv. spiralna užad, v. II knj., odeljak: Tehnika transporta i skladištenja, III knj., odeljak: Železnice i mostogradnja (viseći mostovi). Čelična užad i profilisane žice za konstrukciju aviona, v. IV. knj., poglavlje: Građenje vazduhoplova.[1]) Užad za brodove i njihove težine, v. IV knj., odeljak: Brodogradnja.

Kablovi za e l e k t r o t e h n i k u, v. II knj., odeljak: Elektrotehnika. Za električne železnice čelična užad — Din VDE 3157, bakarna užad — DIN VDE 3138, bronzana užad — DIN VDE 3139.

**Tekstilna užad.** Užad za mehanizme v. II knj., odeljak: Mašinski delovi; užad za tehniku transporta, v. II knj., odeljak: Tehnika transporta i skladištenja, tamo je data tablica opterećenja pri kome nastupa kidanje nekatranisane užadi od konoplje.

**Pletivo.** Pletivo od čelične žice sa četvorougaonim otvorima za ograde, građevinske, šumarske i poljoprivredne potrebe, pocinkovano na toplo, prema DIN 1199. Širina otvora 10 do 150 mm, debljina žice 1,4 do 3,4 mm, u kolutima širokim 2000 mm i više.

Pletivo od čelične žice sa šestougaonim otvorima širine ½ do 6 engl. cola, širine 300 do 2000 mm, pocinkovano ucelo.

**Pletena žica.** Materijal za sita: čelik, bakar, mesing, nikl, aluminijum, plemeniti metali, svila, dlake, staklo itd. zavisi od vrste tkiva, naprezanja prosejavanog materijala i tkiva usled opterećenja, habanja, korozije itd.

Pletena žica za probna sita prema DIN 1171.

M r e ž e o d g r a đ e v i n s k o g č e l i k a (Baustahlgewebe). Otstojanje žice 50 do 200 mm, debljina žice 2,5 do 6 mm. Koluti širine 2 m, zastori širine 2,65 m. Područje primene: kao ulošci u tavanicama, podovima, zidovima, mostovima i slično. — Benzinger-pletivo sa šestougaonim otvorima i upletenom armaturom.

Mreže, sita, gaze za mlinove, v. IV knj.

---

[1]) V. A b r a h a m: Drähte, Litzen und Seile im Flugzeugbau, Luftfahrtforschung 7 (1930), str. 73 i dalje

### c) Drugi proizvodi

Materijali za električnu izolaciju, v. II knj., odeljak: Elektrotehnika, i Stoffhütte, 2 izd. str. 896 i dalje.

Proizvodi od stakla, v. str. 1117 i dalje, IV knj., odeljak: Keramika i staklo, i Stoffhütte, 2 izd. str. 550 i dalje.

Tablice sa uputstvima (v. i str. 1273). Oznaka i zastava za sanitetske prostorije u skloništima za zaštitu od vazdušnih napada v. DIN 4061. Osnovna boja plava br. 13 re prema Ostwald-u; boja krsta bela; kontura krsta, tabla i zastava crna.

Proizvodi od drveta, v. str. 1136 i dalje. Građevinsko drvo, uslovi za kvalitet v. DIN 4074 — ministarskim dekretom od 27 decembra 1939 i kao dodatak uz DIN 1052 uvedeni kao uputstvo za građevinsku inspekciju.

Keramički proizvodi, str. 1092 i dalje, IV knj., odeljak: Keramika i staklo, i Stoffhütte, 2 izd. str. 509 i dalje.

Nepečen građevinski materijal v. str. 1088 i dalje i Stoffhütte, 2 izd. str. 480 i dalje.

Proizvodi od veštačkih materija prema DIN 7101, v. str. 1140 i dalje i Stoffhütte, 2 izd. str. 636 i dalje, profilisane šipke (poluge), ploče, cevi, sudovi i drugo.

Ekseri (str. 1024). Ekseri od žice prema DIN 1145 do 1163 najrazličitije izrade, prema nameni. Debljine prema milimetarskoj skali za dimenzije žice (str. 991).

Hartija, v. IV knj. i Stoffhütte, 2 izd. str. 628 i dalje. Formati hartije — DIN 476. Klasiranje, vezivanje, bušenje — DIN 821, list 1 (korice za akta).

Creva od gume, kože, tkiva od konoplje, metala i drugo. Vatrogasna creva za pritisak prema DIN FEN 106, v. IV knj., odeljak: Tehnika gašenja požara. Creva od gume za gas za potrebe domaćinstva, v. privremeni standard DIN 3383. Obavijena metalna creva za paru, vodu, gas i drugo, bešavna metalna creva od tombaka, žičana creva v. II knj., odeljak: Mašinski delovi.

**Čelične boce.** Zakonski i policiski propisi (Druckgasverordnung, Minist.-raspis od 2 decembra 1935 i 14 januara 1936 g.) v. Stoffhütte, 2 izd., str. 856 i dalje. Upotrebljeni materijal: točen čelik zatezne jačine 35 do 80 kg/cm² i 26 do 14% izduženja pri prekidu zatezanjem.

**LS - boce za propan:** proverni pritisak i zapremina boce/kg punjenja v. tablicu 38 b:

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zapremina boce | 26 | 125 | 36 | 77 | 108,5 | Debljina zida | 3,0 | 3,6 | — | — | — |
| Dozv. punjenje | 15,3 | 53,0 | 15,3 | 32,8 | 46,1 | Dužina | 1065 | 1530 | 1080 | 1605 | 1170 |
| Spoljni prečnik | 226 | 356 | 226,5 | 267,0 | 376,0 | Dara[1]) | 26,0 | 84,5 | 25,5 | 45,0 | 61,0 |

**Čelične boce za acetilen** (Propisi za acetilen, od 8 avgusta 1923, DIN 4666) sadrže aceton fino raspoređen u poroznoj masi u kome se gas rastvara pod pritiskom. Mase (podložne dobivanju saglasnosti za upotrebu od komisije za sabijen gas) čvrste (na pr., drveni ugalj i kiselgur sa cementnim vezivanjem) ili rastresite (na pr., plovućac u zrnima određene krupnoće, čist ili pomešan sa kiselgurom, drvenim ugljem ili specijalno pripremljenim organskim materijama; ove poslednje takođe i čiste ili pomešane sa drvenim ugljem i drugim sredstvima). Poroznost mase ≈ 25%, dakle, boca od 40 l sadrži acetilena ≈ 10 l. Dozvoljen

[1]) Vidi napomenu [2]) uz tablicu 38, str. 1297.

pritisak punjenja pri 15° C = 15 kg/cm² natpritiska. Boca od 40 l sadrži pri tome pritisku prema poroznosti mase, 5 do 6 m³ rastvorenog acetilena koji se pri smanjenju pritiska ispušta u gasovitom stanju.

**Bakar**, kao materijal za izradu boca za sabijeni gas, izuzev za acetilen, dozvoljen je za pritiske punjenja < 20 kg/cm² natpritiska. **Laki metali** (bondur, duralumin, pantal, hidronalijum, BS- morska voda, dozvoljeni) za kiseonik (pribor za spasavanje i za disanje). **Natpritisak** punjenja 150 kg/cm².

Premaz bojom: plav za $O_2$; crven za $H_2$; zelen za $N_2$, žut za $C_2H_2$; inače siv.

## Tablica 38. Čelične bešavne boce

(Pritisak: kg/cm² natpritiska, mere i težine mm, l, kg)

a) Za sabijene gasove[1]) prema DIN 4664. Najveći pritisak punjenja na 15° 150, proverni pritisak 225 kg/cm².

$O_2$, $H_2$, $N_2$, CO, $CH_4$, plemeniti gasovi, vulkanski gas, svetleći gas, vodeni gas, karbolen, sabijen vazduh

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Zapremnina boce | 5 | 10 | 20 | 27 | 40 |
| Sadržaj gasa | 750 | 1500 | 3000 | 4000 | 6000 |
| Spoljni prečnik | 140 | 140 | 204 | 204 | 204 |
| Debljina zida | 5,75 | 5,75 | 8,5 | 8,5 | 8,5 |
| Dužina | 490 | 880 | 870 | 1125 | 1590 |
| Dara[2]) | 15 | 24 | 45 | 56 | 75 |

b) za utečenjene gasove prema DIN 4665

| | Veličina boce | | | | | Gasovi | Proverni pritisak | Zapremina $V_F$ | Boce koje treba primeniti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Spoljašnji prečnik | Debljina zida | Dužina | Dara[2]) | Zapremina boce $V$ | Dozvoljeno punjenje u kg $= V/V_F$ | kg/cm² | 1/kg punjenja | |
| 1 | 90 | 3,5 | 310 | 5,5 | 1,34 | Sumpor. kiselina[3]) | 12 | 0,8 | 2, 3, 5; 11, 13, 15. 20 |
| 2 | 108 | 3,75 | 410 | 8,5 | 2,5 | Fosgen | 15 | 0,8 | |
| 3 | 140 | 4 | 460 | 13 | 5 | Hlor, azottetraoksid | 22 | 0 8 | |
| 4 | | | 810 | 15 | 9,- | Hloretil[3]) | 10 | 1,25 | 2, 3, 5, 11, 13, 15 |
| 5 | | | 850 | 18 | 10 | Hlormetol[3]) | 16 | 1,25 | |
| 6 | | 5 | 410 | 12 | 4,02 | Etilenoksid | 10 | 1,30 | |
| 7 | | | 600 | 16 | 6 7 | Metileter[3]) | 16 | 1,65 | |
| 8 | | | 920 | 21 | 10,72 | Etilamin | 10 | 1,70 | |
| 9 | | | 1110 | 25 | 13,4 | Metilamin | 14 | 1,70 | |
| 10 | 204 | 5 | 785 | 27 | 18,8 | Butadien | 10 | 1,85 | |
| 11 | | | 840 | 28 | 20 | Propilen | 35 | 2,25 | |
| 12 | | | 1430 | 43 | 37,6 | Etan | 95 | 3,30 | |
| 13 | | | 1500 | 45 | 40 | Amonijak | 30 | 1,86 | 4, 10, 12, 14, 19 |
| 14 | | | 1740 | 50 | 47 | | | | |
| 15 | | | 1770 | 51 | 48 | Azotoksidul | 180 | 1,34 | 1, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 18 |
| 16 | | 7,5 | 1100 | 49 | 26,8 | Ugljena kiselina | 190 | 1,34 | |
| 17 | | | 1340 | 57 | 33,5 | Plavi gas | 190 | 2,5 | |
| 18 | | | 1580 | 67 | 40,2 | | | | |
| 19 | 267 | 7 | 1660 | 89 | 75,2 | Butan | 12 | 2,05 | 13 |
| 20 | | | 1750 | 92 | 80 | Propan[4]) | 25 | 2,35 | |

[1]) **Boce od materijala velike jačine** (t. zv. boce od lakog čelika) (LS-boce) $\sigma_{dozv} > 80 \leqq 120$ kg/mm², $\delta = 14\%$; uopšte uzev materijal slabo legiran i oplemenjen. Pritisak punjenja po pravilu 200, proverni pritisak 300 kg/cm². Proizvodnja: Deutsche Röhrenwerke:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zapremina boce | 44 | 40 | 53 | 150 | Debljina zida | 5,2 | – | 5,85 | – |
| Sadržaj gasa | 8800 | 8000 | 10 600 | 30 000 | Dužina | 1700 | 1525 | 1580 | 1920 |
| Spoljni prečnik | 204 | 205 | 232 | 356 | Dara[2]) | 62,0 | 51,5 | 73,0 | 213,0 |

[2]) **Sa stopom** (DIN 4669), vratni prsten (DIN 4668), zaštitna kapa (DIN 4667), ventil (DIN 477). — Zavojnica prema DIN 4668. — [3]) Za ove gasove i hlorugljenmonoksid i brommetil upotrebljavaju se i bakarne boce, v. gore. — [4]) Za propan, butan i slične ugljovodonike (pogonske gasove) upotrebljavaju se takođe boce podužno i kružno zavarene (podložne dobivanju saglasnosti za upotrebu od komisije za sabijen gas).

7. ODELJAK

# Tehnika merenja [1])

Obradio prof. Dr.-Ing. A. Gramberg — Frankfurt na Majni


Strana

**Opšte**

Ispitivanje instrumenata za merenje . . . . . 1299
Greške pri merenju . . . . 1299

**I. Merenje pritiska**

Oznake prema pravilima za kompresore . . . . . 1300
Merenje pritiska . . . . . 1300
Barometar. Manometar . . . 1301
Mikromanometar. Diferencijalni manometri . . . . . 1302

**II. Merenje brzine**

Merenje broja obrtaja . . . 1302
Brojači. Tahometri . . .1302, 1303
Tahografi . . . . . 1303
Merenje brzine tečnosti i gasova. Merenje brzine u samim tečnostima i gasovima . . . . . 1303
Anemotahometri . . . 1303 i 1315
Uređaji za merenje zaustavnog pritiska. Sisak za merenje. Brzinomeri . . 1303 i 1304

**III. Merenje količina**

Merenje težine . . . . . 1304
Vage sa polugom. Nagibne vage . . . . . 1305
Mostovne vage (Decimalna. Centezimalna. Vaga sa pokretnim tegom) . . . . 1305
Vage sa uključivanjem tegova. Automatske vage. Kolosečne vage. Transportne bunkerske vage . . . . . 1305
Merenje tečnosti . . 1306
Merenje i vaganje protoka . 1306
Merenje vode u cevovodu (brojači) . . . . . 1307
Otvori za isticanje . . . . . 1308
Otvori za proticanje . . . . 1308
Merenje prelivanjem . . . . 1308
Venturi-kanal . . . . . 1310
Merenje pomoću štita . . . 1310
Određivanje protoka iz rasporeda brzine . . . . . 1310
Woltmann-ovo hidrometričko krilo . . . . . 1310
Merenje gasova: gasni sat, merač Rota . . . . . 1311
Aparati za kubiciranje . . . 1312
Punjenje datog suda . . . . 1312

Strana

Merenje sabijenog vazduha . 1312
Otvori za proticanje. Standard-sisak. Standard-blenda 1312
Venturi-cev . . . . . 1315
Anemometar. Uređaji za merenje zaustavnog pritis. 1315 i 1316
Merenje pare: Merač pare sa plovkom . . . . . 1316
Merač sa blendom . . . . . 1318

**IV. Merenje snage**

Kočnice - dinamometri . . . 1319
Dinamometri za uključivanje 1320
Postupak reakcionog pritiska 1320
Merenje snage električnim putem . . . . . 1321
Indikator . . . . . 1322
Indiciranje pri velikom broju obrtaja . . . . . 1323

**V. Vibracije. Dejstva poremećajnih sila na građevinske delove**

Vibrometri . . . . . 1324
Akcelerometri . . . . . 1325
Tenzometri . . . . . 1325

**VI. Merenje toplote**

Merenje temperature . . . . 1326
Termometar sa živom, pentanom . . . . . 1327
Merenje temperature električnim putem . . . . . 1327
Baždarenje. Ugrađivanje termometra. Površinska temperatura . . . . . 1328 i 1329
Pirometar. Seger-piramide 1329, 1330
Merenje količine toplote . . 1330
Merenje vlažnosti vazduha. Psihrometar . . . . . 1331

**VII. Termotehnička merenja**

Određivanje toplotne moći gasova . . . . . 1334
Kalorimetarske bombe. Junkers-ov kalorimetar . . . . 1334
Analiza dimnih gasova. Orsat-aparat . . . . . 1335, 1336
Automatski analizatori . . . 1337
Ispitivanje gasa fizičkim metodama . . . . . 1337
Analiza pogonskog gasa . . . 1338


[1]) Električna merenja v. II knj., odeljak »Elektrotehnika«; merenja jačine materijala pri raznim naprezanjima v. 5. odeljak »Otpornost materijala«. Uređaji za merenje pri reglaži v. II knj., odeljak »Mašinski delovi«.

# Opšte [1] [2])

**Uređaje za merenje** treba kontrolisati i stalno paziti da li su u ispravnom stanju.

**Proveravaj** i na najjednostavnijim mernim uređajima da li se metarska skala nije istrošila na početku; kod mostovskih vaga da li su u neopterećenom stanju u ravnoteži; da li tegovi nisu obijeni ili zamazani; časovnici u neprekidnoj upotrebi obično su tačni. Kao časovnik za priključivanje odabiraj, ako je moguće, časovnike sa pogonom, pošto su mnogo tačniji od časovnika za priključivanje bez pogona.

**Greške pri merenju.** Kod nekontrolisanih ili loše kontrolisanih uređaja pojavljuju se pri merenjima sistematske greške koje se ne mogu ukloniti pomoću nekoliko uzastopnih merenja. Međutim, slučajne greške mogu se otkloniti ako se merenje dovoljno puta ponovi. Kod časovnika za priključivanje (Steckuhr) slučajne greške javljaju se obično kao posledica nedovoljnog pritiska časovnika pri početku i na kraju merenja. One se mogu ukloniti dovoljnim trajanjem merenja, što je bitno i pri relativno ustaljenom stanju. Tačnost merenja je određena propisima »Službe kontrole mera« (Eichanordnung). Propisi službe kontrole mera treba da su u saglasnosti sa propisima za upotrebu.

Da bi se greške pri čitanju smanjile, smanjio broj mesta za čitanje i izbeglo istovremeno osmatranje mnogih uređaja i brzih promena, treba upotrebljavati uređaje sa registrovanjem. Ovi uređaji daju ponekad netačne podatke usled trenja pri pisanju, zato upotrebljavati uređaje sa uzengijama, fotografisati položaje kazaljki uređaja postavljenih jedan pored drugog; snimati na kinematografsku traku njihov uzajamni položaj.

Jedinice merenja v. str. 240, 350, 621. Upoređenje termometarskih skala v. tablicu 2 na str. 609. Mere i težine pojedinih zemalja i odnosne tablice za pretvaranje, kao i jedinice za pritiske i energije date su u Dodatku.

**Kontrolisanje mera i obaveza za kontrolisanje mera.** Uređaje za merenje treba kontrolisati, ukoliko »će se u javnom prometu upotrebiti ili su spremni za upotrebu za određivanje obima usluga«, prema zakonu o merama i težinama od 13 XII 1935 g. i pravilniku uz taj zakon od 20 V 1936 g.[3]). Prema pomenutim zakonima spada kontrolisanje mera u pojedinostima u delokrug PTR, koji određuje uslove i metode za kontrolisanje mera, na osnovi koji posebni zavodi za kontrolisanje mera i instrumenata treba ponovo da prekontrolišu sve mere i instrumente, tj., da utvrde da li granice pri kontrolisanju mera (kod upotrebljivanih neopravljenih uređaja: »prometne greške« obično = 2 × granica dozvoljene greške pri kontrolisanju mera) nisu prekoračene. Propisi »Službe kontrole mera« od 8 XI 1911 g., izdanje od 21 III 1930 g., u preradi su. Osim toga postoje i drugi propisi sa mnogim dopunama, na pr., Uredba od 28 XII 1938 g. Pri policiskom pregledu može se zahtevati obaveštenje o svim uređajima za merenje, pokazivanje tih uređaja i pregledanje knjiga. § 9

---

[1]) Odeljak »Tehnika merenja« je izvod iz Gramberg-ovih knjiga »Technische Messungen bei Maschinenuntersuchungen und im Betriebe« 6. izd., Berlin 1933, Springer, i »Maschinenuntersuchungen und das Verhalten der Maschinen im Betriebe« 3. izd., Berlin 1924, Springer. Dalja literatura: Archiv für Technisches Messen (ATM), München i Berlin, Oldenbourg, od 1931 godine izlazi povremeno u sveskama; DVL — Berichte der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt. Berlin - Adlershof kao i Wärmestelle des VDEh, sadrže rasprave o pojedinim problemima Tehnike merenja, to isto sadrže i pojedini propisi VDI i najzad Eucken-Jacob: Der Chemie-Ingenieur, II knj., Leipzig 1933 Akad. Verlag.

[2]) AEF priprema i posebnu brošuru pod naslovom »Grundbegriffe der Messtechnik«.

[3]) v. »Reichsgesetzblatt I« 1935 str. 1499; 1936, str. 459.

»RG« propisuje obavezno kontrolisanje mera i onda kada se radi o mernim uređajima koji automatski vrše i pakovanje u »paketiće«, čiju težinu kupac utvrđuje obavezno tek kasnije.

# I. Merenje pritiska

Treba razlikovati tehničku atmosferu: 1 at = 1 kg/cm² = 735,5 mm Hg od fizičke: 1 Atm = 760 mm Hg = 1,033 at (v. str. 621 i 1470). Pored toga treba pamtiti da je 1 mm $H_2O$ (hladan) pri 4° C = 1 kg/m², a 13,6 mm $H_2O$ (hladan) = 1 mm Hg pri 0°.

Manometri su sprave koji pokazuju razlike pritiska u odnosu na okolinu, najčešće u odnosu na pritisak slobodne atmosfere. Manometrima za pritisak se mere pritisci veći, a vakuummetrima pritisci manji (vakuum) od pritiska okoline. Oba tipa manometara su iste gradnje. Barometrom se meri pritisak (apsolutni) slobodne atmosfere.

**Primer:** Manometar priključen parnom kotlu pokazuje pritisak od 4,25 at, a barometar 705 mm Hg, tako da barometarskom stanju odgovara 705/735,5 = 0,96 at. Apsolutni pritisak u kotlu iznosi dakle 4,25 + 0,96 = 5,21 at. Čista voda, prema tome, (v. str. 646) ključala bi pri 152,5° C. — Vakuummetar nekog kondenzatora pokazuje 64,5 cm ili 645 mm Hg pri barometarskom stanju kao u gornjem primeru. Prema tome je na tome mestu kondenzatora apsolutni pritisak 705 — 645 = 60 mm Hg = 60/735 = 0,082 at, a temperatura kondenzacije < 42°, usled parcijalnog pritiska atmosferskog vazduha (v. str. 654).

VDI-Pravila[1]) za kompresore propisuju, sa izvesnim otstupanjima od ranijih izdanja, ove nazive i oznake: Pritisak se označuje sa $P$ [kg/cm²], uvek apsolutni pritisak; $\Delta P = P_1 - P_2$ razlika pritiska. $p$ [kg/cm²] ili $p$ [at] treba označavati sa $p_{abs}$, $p_ü$, $p_u$. Dozvoljena je i oznaka, na primer, $p = 6$ atü. $h_ü$ ili $h_u$ mm stuba tečnosti upotrebljava se za označavanje malih razlika pritisaka u odnosu na atmosferski pritisak. Za hladnu vodu kao tečnost u manometru je 1 mm $H_2O$ = 1 kg/m².

Kod tečnosti u kretanju, brzinom $w_1$ [m/s], specifične težine $\gamma_1$ [kg/m³], treba razlikovati statički pritisak $P_{st}$, dinamički pritisak $\Delta P_{din}$ i ukupni pritisak $P_t = P_{st} - \Delta P_{din}$ kao meru sadržane energije. $P_{st}$ se meri barometrom koji se pomera sa tečnošću. $P_{st}$ se povećava pred središtem neke prepreke u tečnosti u kretanju za $\Delta P_{din} = (w_1^2/2g)\,\gamma_1$; na tome mestu meri se $P_t$ pa je $\Delta P_{din} = P_t - P_{st}$ razlika gornjih vrednosti. Dinamičkom pritisku, tzv. zaustavnom pritisku odgovara smanjenje pritiska iza prepreke (osim ako je prepreka tačno hidrodinamičkog oblika). Zato se u zavetrini predmeta ne sme nikada meriti statički pritisak (v. niže). Na osnovi zakona o energiji je $P_t$ konstantno i pri promenljivoj brzini, međutim, $P_{st}$ se menja sa promenom $w$ ili $\Delta P_{din}$ (Venturi-cev v. str. 1315, sisak za merenje v. str. 1312).

**Merenje pritiska.** a) U sredini koja se kreće: ako treba izmeriti $P_{st}$ valja ukloniti uticaje $\Delta P_{din}$ i to: 1) na otvoru gde se meri pritisak: ovaj otvor treba da je na zidu pored koga fluid protiče nesmetano. Ivice otvora treba da su što bolje zaobljene. 2) na otvoru za izjednačenje (drugi otvor manometra sa tečnošću)

[1]) VDI, Regeln zur Abnahme- und Leistungsversuche an Verdichtern, DIN 1945, 3. izd., Berlin 1934, VDI Verlag.

ako leži u struji ili ako leži iza neke prepreke strujanju u tzv. »polju vrtloga niskoga pritiska«. Na ove poteškoće treba obratiti naročitu pažnju pri malim razlikama pritiska i velikim brzinama. b) Na raznim visinama: u fluidu specifične težine $\gamma$ kg/m³ povećava se apsolutni pritisak za $\gamma$ kg/m² kad se visinska razlika smanji za 1 m; u dva prostora različitih temperatura ili različitih specifičnih težina menja se razlika pritisaka srazmerno visini.

**Primer**: Pogonski pritisak crpke jednak je pritisku što ga pokazuje vakuummetar + manometar ± razlika nivoa na koju se odnose podaci.

**Barometar.** Barometar sa živom: treba ga korigovati zbog kapilarne depresije (osim u slučaju kada su oba kraka iste širine) i uticaja živine temperature iznad 0°C. Pri sobnoj temperaturi ovaj drugi uticaj iznosi do $^1/_{30}$%. Aneroid: treba ga uporediti sa tačnim živinim barometrom. Bimetalne trake koje se nalaze između kutije i kazaljke otklanjaju uticaj temperature.

Svako čitanje barometarskog stanja mora se korigovati (stanična popravka) ako pritisak treba da se odnosi na morski nivo (za meteorološke svrhe). Ova popravka nije potrebna ako je stvarni barometarski pritisak od interesa za oglede kod tehničkih običnih merenja. Ako se podatak za barometarsko stanje uzima iz zvaničnog meteorološkog izveštaja, onda se ta popravka mora opet odrediti prema visini mesta ogleda i temperaturi okoline ($\approx$ 1 mm Hg za 10 m visine), pa oduzeti od podataka. Odredivanje visine i srednji barometarski pritisak v. i str. 590 i dalje.

**Manometar.** Veliki i srednji pritisci mere se opružnim manometrima i instrumentima sa cevastom ili pločastom oprugom, poslednji su manje osetljivi na potrese ali i nepreciźniji.

Skala manometra treba da je toliko duga da se na njoj mogu čitati pritisci koji su dva puta veći od onih koji se obično koriste. Instrumente treba čuvati od zagrevanja i udara usled naglih promena pritiska. Petlje za kondenzat, umanjivači udara, slavina za prigušivanje — kao slavina sa tri dovoda — služe za proveravanje nultog položaja. Kod čitanja na uskim, vertikalno postavljenim dovodnim cevima za paru treba izvršiti popravku usled težine vodenog stuba u njima, osim toga se ne zna sigurno da li su ispunjene vodom kada je pritisak u porastu pa potiskuje vodeni stub.

Merenje srednjih pritisaka i vakuuma je tačnije kad se vrši pomoću manometara sa živom tipa U-cevi ili manometara sa sudom. Kod manometra sa sudom postoji mogućnost za nameštanje nulte tačke[1]). Kod pare obratiti pažnju na vodu koja se kondenzuje iznad žive. Nivo ove vode treba da se poklapa tačno sa nivoom vode u dovodnoj cevi (bolje je da se ova voda dolije). Jedinica mernog stuba je (mm Hg — mm $H_2O$), gde je 1 mm (Hg—$H_2O$) = 12,6 mm $H_2O$ = 12,6 kg/m².

Merenje veoma malih pritisaka promaja (u postrojenjima za loženje) vrši se pomoću manometra sa vodom koji ima isti oblik kao i onaj sa Hg ali je osetljiviji kad mu je cev nagnuta. Petroleum prijanja za staklo manje od vode. Slično dej-

[1]) Regeln für Leistungsversuche an Kreiselpumpen, Berlin 1928, VDI-Verlag.

stvo postiže se kada se vodi doda izvesna količina kalijeve potaše ili sapuna. Kod **mikromanometra** nagib iznosi do 1 : 1000.

Podesno punjenje: Toluol, $C_7H_8$; spec. težina $\approx 0{,}864$ kg/dm$^3$ pri 20°; ona se menja za 0,0011 pri promeni temperature za 1°; isparava umereno hemiski je homogen, dakle nepromenljiva sastava. Skalu treba izdeliti empirički jer cev nikada nije potpuno pravoliniska. Baždarenje treba izvršiti dolivanjem $V$ cm$^3$ toluola u 10 cm široki sud površine 78,5 cm$^2$. Ako se tečnost pri tome popne za $n'$ skalinih podeoka, onda je — pri docnijem merenju, kome odgovara $n$ skalinih podeoka — pritisak $h = n\ 10\ V/(78.5\ n')$ mm toluol stuba. Dakle, vrednost jednog skalinog podeoka je $10\ V/(78{,}5\ n')$ mm toluol stuba, odnosno $10\ V\gamma/(78.5\ n')$ mm $H_2O$, gde je $\gamma$ spec. težina toluola.

Minimetri su tako građeni da se nivo-površine izravnavaju podizanjem suda za izravnavanje.

Uspone na dovodima ka manometru treba izbegavati jer bi sadržaj na obema stranama mogao da ima različite specifične težine (zbog temperature, vlažnosti pare toluola). Spajanje sa dovodima treba dobro obezbediti, nezaptivena mesta su izvor grešaka pri merenju. Kod fluida u kretanju, čiji pritisak treba izmeriti, treba otkloniti sve štetne brzinske uticaje u blizini mesta gde se vrši merenje. Pritisak treba meriti na mestu koje ne leži u blizini kolena, a odnosni otvor treba dobro zaobliti da se ne bi obrazovali vrtlozi; izbočine, ukoliko ih ima, treba poravnati, uske cevi treba probušiti i koristiti taj otvor. Dobro je postaviti Prandtl-ovu cev (sl. 1 str. 1303) ali ne meriti zaustavni pritisak.

**Diferencijalni manometri.** Ovim manometrima mere se pritisci koji su u odnosu na apsolutni pritisak mali[1]). Tipovi: U-cev sa živom, vaga sa prstenom, instrumenti sa pločastom oprugom.

Jako mogu da smetaju uticaji pri merenju pritiska s obe strane. Kod pare naročito vodeni stubovi neodređene visine, koji pri malim razlikama pritisaka brzo utiču na rezultate merenja. Da bi se ovi uticaji zaista mogli tačno ispoljiti treba predvideti ili sudove za izravnavanje, koji imaju tako veliku površinu da se pomeranja zapremine u manometru zbivaju bez osetne promene nivoa tečnosti ili (samo kod horizontalnih cevi) namestiti dovodne cevi za vezu sa cevi — pomoću koje vršimo merenje — do izvesnog otstojanja horizontalno. Isto ovo važi i za merače strujanjem pare (str. 1317).

---

# II. Merenje brzine

## a) Merenje broja obrtaja

Uz **brojače** treba istovremeno upotrebljavati i časovnik. Kod pojedinih ogleda broj obrtaja treba posmatrati u toku od 1 do 5 minuta. Pri manjem broju obrtaja i kraćem trajanju vremena posmatranja rezultati su tačniji ako se meri vreme trajanja štopericom i to, vreme za 10 ili 100 obrtaja. Pri dugotrajnim ispitivanjima za svako pročitano vreme treba zabeležiti stanje brojača. Iz razlike ovih stanja konstatuje se jednolikost hoda i nađe broj obrtaja u minutu.

Brojači kod kojih iskaču cifre automatski podesni su za čitanje ali nisu podesni za merenje pri velikom broju obrtaja. Za merenja pri veoma velikom broju obrtaja treba uzimati čisto rotacione brojače sa kazaljkom. Ovi brojači se pokreću pomoću žice savijene u zavojnicu ili pomoću obične žice, upotrebljene kao savitljiva osovina.

---

[1]) VDI - Durchfluss-Messregeln, vidi napomenu [1]) na str. 1312.

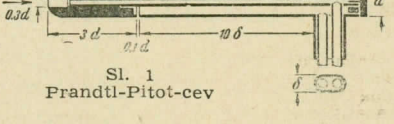
**Tahometri** pokazuju neposredno broj obrtaja u minutu. Tahometre treba baždariti. Tahometri sa centrifugalnim, prstenastim ili krstatim klatnom mogu biti stacionarnog ili ručnog tipa. Ovi poslednji se mogu obično upotrebljavati za različita merna područja menjanjem zupčastih prenosnika (na pr., 30 do 120, 120 do 400, 300 do 1200, 1000 do 4000 na jednom instrumentu). Tahometri građeni na principu »vrtložnih struja« daju obično netačnije podatke; pomoću ovih tahometara može se utvrditi smer obrtanja, pri promenljivoj ugaonoj brzini pokazuju njenu aritmetičku sredinu (centrifugalna klatna njenu kvadratnu sredinu). Tahometri sa fluidom upotrebljavaju se za stacionarne svrhe i daju nepromenljive podatke. Električni tahometri upotrebljavaju se u telekomunikaciji. Predajnik je magnetno-električna mašina, a prijemnik voltmetar. Frahm-ovi češljevi (Siemens & Halske, Hartmann & Braun) su pokazivači broja obrtaja, konstruisani na principu rezonancije. Iz niza opruga koje imaju određene sopstvene frekvencije talasanja, vibrira ona opruga kojoj odgovara u rezonanciji odnosni broj obrtaja. Ekscitiranje opruga je električno ili mehaničko; prvo se upotrebljava i u telekomunikaciji. Postoje i prinudni tahometri sa svojstvenim dejstvom — rade nezavisno od potresa.

**Tahografi** su tahometri sa centrifugalnim klatnom, podešeni da registruju na traku brojeve obrtaja. Nepokretni tahografi sa širokim mernim područjem upotrebljavaju se za nadzor izvoznih mašina i slično, a pokretni sa uskim mernim područjem (uobičajeni broj obrtaja 500/min, merno područje većinom ± 12%) za ispitivanje regulisanja mašina.

### b) Merenje brzine tečnosti i gasova. Merenje brzine u samim tečnostima i gasovima

**1. Anemotahometar** v. str. 1315.

**2. Uređaji za merenje zaustavnog pritiska[1]).** Pretvaranje pritiska fluida u brzinu i obratno pokorava se Bernoulli-evom zakonu (str. 532 i 592). Između pritiska $P_1$—$P_2$ [kg/m²] i razlike brzina $w_2 - w_1$ postoji zavisnost $P_1 - P_2 = (w_2^2 - w_1^2/2\,g \cdot \gamma$, gde je sa $g$ [m/s²] označeno ubrzanje Zemljine teže, sa $\gamma$ [kg/m³] specifična težina fluida. Dakle, da bi se odredila relativna brzina fluida može se merenje brzine svesti na merenje pritiska u odnosu na neko telo. Ako uređaj miruje dobiva se brzina fluida; ako fluid miruje dobiva se brzina kretanja uređaja. Uređaji za ova merenja su Prandtl-ova cev i sisak za merenje, oba spojena sa diferencijalnim manometrom (v. str. 1302).



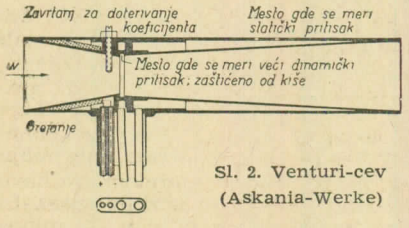
Sl. 1
Prandtl-Pitot-cev

[1]) VDI - Verdichter-Regeln, v. napomenu [1]) na str. 1300.

**Prandtl-ova cev za merenje zaustavnog pritiska** (sl. 1) ima sa prednje strane kuglasti oblik. U struji fluida koji se kreće brzinom $w$ ovaj instrument pokazuje na prednjoj strani (čelu) ukupni pritisak $P_t$, koji se superponuje odnosnom statičkom pritisku $P_{st}$. Statički pritisak se meri kroz bočni prorez na Prandtl-ovoj cevi (v. str. 1300, merenje pritiska). Diferencijalni manometar pokazuje dinamički pritisak

$$\Delta P_{din} = P_t - P = \gamma w^2/2\,g;\ \text{otuda je}\ w = c\sqrt{2\,g\cdot\Delta P_{din}/\gamma}.$$

Koeficijent $c$ je kod dobrih instrumenata jednak jedinici, ako se statički pritisak meri na onom mestu gde nema ni sisajućih, ni kompresionih poremećaja usled vrtloženja ili skretanja strujanja. Da merenje ovim meračem ne bi zavisilo od položaja cevi u odnosu na smer struje, treba prečnik otvora — koji je u neposrednoj vezi sa fluidom — da bude jednak 0,3 prečnika same cevi (Kumbruch, Mitt. Forschungsarb. VDI, sv. 240) tj., jednak prečniku prednje polukugle.




Sl. 2. Venturi-cev (Askania-Werke)

Kod Prandtl-ovih cevi sa jednostavnim prednjim otvorom zapremina instrumenta brže se puni pri promeni pritiska, ali oni su osetljiviji s obzirom na relativan položaj prema smeru struje.

Avionski brzinomeri su Prandtl-ove cevi sa ugrađenim grejačem i zaštićeni od kiše. Za brzine do $\approx$ 100 m/s su pritisci izmereni pomoću siska uvek nešto veći od stvarnih (sl. 2). Brzina $w$ koja se meri pomoću siska povećava se u njegovom kanalu srazmerno recipročnoj vrednosti slobodne površine na $w_2$. Ako je to povećanje, naprimer, jednako $n$, onda zaustavni pritisak $P_d = (n^2w^2 - w^2)/2\,g\cdot\gamma = (n^2-1)\,(w^2/2\,g)\,\gamma$, dakle $w = c_1\sqrt{2\,g\,\Delta P_d/\gamma}$, gde je koeficijent $c_1 = n^2 - 1$. Napr., za $n = 2{,}12$ ili $d_2 = 0{,}69\,d$ je koeficijent $c_1 = 3{,}5$.

Relacija između brzine i pokazivanja diferencijalnog manometra zavisi od $\gamma$, menja se dakle sa pritiskom i temperaturom, koje treba svaki put meriti. Na manometru treba, prema tome, skalu za brzinu korigovati. Na visini od 6 km avionski brzinomer pokazuje 1,5 puta veću brzinu ako je instrument baždaren na morskom nivou.

Brzinomeri za brodove v. ZVDI 80 (1936), str. 1067; WRH 16 (1935), str. 53.

---

# III. Merenje količina

## A. Vage [1])

**Zadaci:** a) Određivanje težine date količine. Specijalni slučaj: da li veliki broj približno istih količina odgovara u okviru propisanih granica normiranoj vrednosti ili za koliko svaka odstupa od te normirane vrednosti. b) Izrada količine

[1]) Zingler: Bau und Theorie der zusammengesetzten Waagen, Berlin 1928, Springer.

određene težine odvajanjem od celine. Specijalni slučaj: izrada velikog broja količina koje su u određenim granicama međusobno jednake i koje kasnije važe kao normirane vrednosti.

**Vrste vaga:** obična vaga sa polugom za analitičke svrhe. U prodaji na malo ona je danas zamenjena nagibnom vagom. Složena vaga sa polugama: mostovna vaga kao decimalna, centezimalna ili vaga sa pokretnim tegom. Vaga sa pokretnim tegom može, ili da ima veliki teg za grubo merenje i mali teg za precizno merenje, koji se mogu pomerati po zasebnoj poluzi, ili ima u velikom tegu za grubo merenje ugrađene male pokretne skale koje igraju istu ulogu kao i pokretni teg. Prva vrsta vaga je podesna za oglede a druga može imati i uređaj za registrovanje (upisivanje) rezultata na karte, za potrebe pogona. Uređaj za registrovanje može da bude i takve konstrukcije da se mehanizam oslobađa onda kada je teret u ravnoteži. Postoje mostovne vage i nagibne vage koje mogu imati i svetlosnu kazaljku. Kombinacijom pojedinih tipova vaga teži se da se uklone nedostaci: kod decimalne vage sa pomoćnim pokretnim tegom nisu potrebni mali tegovi. Kod vaga sa kazaljkom, gde se grubo merenje vrši pomoću tegova (pojedinačni ili pokretni tegovi), skazaljka ne mora da pređe celu skalu kada se meri veliki broj jednakih količina. Vage normalne gradnje imaju nulti položaj na početku. Vage za odmeravanje jednakih količina su vage tipa: vaga sa tegovima, koje imaju osim toga i uređaj za pokazivanje nagiba pod teretom. Njihove skale, nameštene levo i desno od nulte tačke, pokazuju višak ili manjak opterećenja u odnosu na propisani teret (plus — minus vage).

**Obavezna baždarenja.** Baždarenja, ponovna baždarenja, policiski pregled, granice tačnosti baždarenja v. str. 1299. Obavezno baždarenje je predviđeno i za vage čiji se podaci koriste pri izračunavanju akorda i tome slično. Vage treba ponovo baždariti svake dve godine i posle svake opravke.

**Automatske vage** za trajnu kontrolu pogona. Teret, obično posredstvom servo-motora, stavlja u kretanje pokretni teg ove vage. Pokretni teg se automatski zaustavlja kada vaga dođe u ravnotežu. Teret se obično registruje pomoću brojača, a može se ubeležiti i na karton. Automatskim vagama može se meriti i tako da se jednake količine sipaju u sud za merenje, pri čemu se otvor kroz koji prolazi materijal automatski zatvara kada se sud napuni predviđenom količinom, a broj punjenja se registruje. Prvi tipovi pomenutih automatskih vaga podesni su, recimo, za merenje uglja utovarenog u vagon, a drugi za merenje uglja u neutovarenom stanju. Poluautomatske vage za merenje, na pr., uglja koji se uzima iz bunkera. Povlačenjem ručice, iz bunkera se izruči određena količina uglja (200 ili 400 kg) koja pada na vagu; brojač pokazuje broj pražnjenja.

**Kolosečne vage.** Vaga je ugrađena, napr., u kolosek koji vodi u ložionicu parnih kotlova. Na vagu može da naiđe samo natovaren vagonet i to u određenom smeru. Čim vagonet dođe na vagu mehanizam ga tu zaustavi i zadržava do obavljenog merenja. Posle merenja vagonet može da odlazi u određenom smeru tako da se ne može vratiti na vagu. Red svih ovih operacija je prinudan. Kolosek po kojima vagonet odlazi treba da je mestimično u padu, da se napunjeni vagoneti ne bi vraćali

**Transportne bunkerske vage** istovremeno i transporteri za ugalj. Vage se pune ispod bunkera do predviđene težine. Kada je vaga napunjena dovod uglja se automatski zatvara, zatim se ona automatski

stavlja u pokret i odnosi teret. Slične gradnje su i vage koje se upotrebljavaju kod žičara, visećih železnica, transportera uglja, kod silosa za merenje određene količine žita ili žitarica u mlinovima, pivarama itd. Na vagama sa trakama sabiraju se pomoću specijalnih uređaja količine (tereti) uglja, zita, zitarica itd. koje predu preko pokretne trake.

## B. Merenje tečnosti

### Primedbe uz B do D

Instrumenti sa skalom i brojačem. Ako u vremenu $dt$ treba izmeriti težinu $dG$ onda je $dG/dt$ protok, tj., količina koja protiče u jedinici vremena; njegova dimenzija je kg/sec [kg/h ili drugo]. Pri merenjima protoka fluida kroz cevi treba, prema »Pravilima«, razlikovati težinski protok i zapreminski protok. — U vremenom intervalu od trenutka $t_1$ do trenutka $t_2$ protekne ukupna količina $G = \int_{t_1}^{t_2} \frac{dG}{dt}\, dt$, čija je dimenzija kg ili $m^3$. Instrumenti sa skalom pokazuju na skali protok i podesni su za proveravanje stanja pogona u datom trenutku, kao i za pokazivanje njegove promene. Instrumenti sa brojačem registruju količinu ukupnog protoka i omogućuju naknadno kontrolisanje celokupne proizvodnje, potrošnje ili slično. Izbor instrumenata zavisi od prirode merenja. Ako se na instrumentima sa skalom pročita u vremenim intervalima $\Delta t$ protok $dG/dt$, onda se ukupna količina dobiva računski pomoću obrasca $G = \sum_{t_1}^{t_2} \frac{dG}{dt}\, \Delta t$, ili planimetrisanjem grafički prikazanog čitanja. Pri brzom priraštaju protoka dolazi se do boljih rezultata ako se protok snimi na traku pomoću uređaja za direktno registrovanje. Ako se na brojaču u vremenim intervalima $\Delta t$, pročitaju stanja $G_1$ i $G_2$ onda prosečni protok u vremenom intervalu $\Delta t$ iznosi: $\left(\frac{dG}{dt}\right)_m = \frac{G_2 - G_1}{\Delta t}$; pri dovoljno kratkim vremenim intervalima (ako je to instrumentom omogućeno, o čemu treba voditi računa pri nabavci laboratoriskih instrumenata) ili pri konstantnom toku je $\frac{dG}{dt} = \left(\frac{dG}{dt}\right)_m$.

Merenja opisana pod **B** i **C**, a delimično i pod **D**, izvode se često na isti način. Učinjena podela nije strogo ograničena.

### a) Merenje i vaganje količina koje slobodno protiču ili idu potrošaču

Dva suda za merenje naizmenično se pune i prazne. Pomenuti sudovi nalaze se ili na vagi i pri svakom punjenju se meri količina i vreme punjenja, ili preliv ograničava naizmenično punjenje, tako da se višak tečnosti uliva u drugi sud, koji se u međuvremenu već ispraznio. Merači laboratoriskog tipa poslužuju se ručno, merači pogonskog tipa mehanički na principu otvorenih merača tečnosti. Oni se koriste i za merenje manjih količina, na pr., za centralno grejanje kao merač sa dobošem. Kod nekih uređaja uzima se pri svakom pražnjenju proba da bi se uzela u obzir specifična težina tečnosti. Količina tečnosti meri se ili težinski ili zapreminski. Jednostavnije je kada se u sud, poznate te-

žine, sipa tečnost, izmeri štopericom vreme trajanja punjenja, pa sud napunjen tečnošću izmeri na vagi. Za pojedinačne oglede odredi se vremeni interval za jedno punjenje suda. U pogonu čita se stanje pri smeni, razlika može da bude pogrešna za jedno celo punjenje.

Ako je temperatura bliska 100°C treba isparavanje sprečiti pokrivanjem suda, ako je ona iznad 100°C treba tečnost prethodno ohladiti ili pustiti da ističe kroz otvor koji se nalazi u hladnoj vodi.

### b) Merači vode koji se ugrađuju u cevovod (brojači)

**1. Brzinomeri** (pogon točka vodom). *α*) Mlazni merači naročito su podesni za male vodove; mlaz iz siska pokreće točak sa lopaticama. *β*) Woltmann-merači upotrebljavaju se na velikim vodovima. Ako je tečnost nečista veliki točak sa lopaticama ne mora da zauzima celokupni presek cevi. Ovakvi merači izrađuju se sa točkom sa lopaticama prečnika do 500 mm, što odgovara protoku od 12 000 m³/h. Ako je točak sa lopaticama u posebnom bubnju, može se menjati u vodu koji je i pod pritiskom.

**2. Merači zapremine** sa prinudnim propuštanjem vode, mere u novom stanju manje količine protoka tačnije. *γ*) Merači sa kružnom pločom upotrebljavaju se za iste svrhe kao i merači pod *α*. *δ*) Klipni merači — Merači vode sa klipom koji se kreće tamo i amo.

**3. Parcijalni merači.** Venturi-cev sužava presek provodne cevi na približno $^1/_2$ prvobitne vrednosti, pa ga onda opet blago, u obliku kupe, proširuje, da bi se opet dobio izgubljeni pritisak (poželjno za pogon a ne za tehniku merenja). Pad pritiska između ulaza i najužeg preseka cevi pokreće brzinomer ili merač zapremine, na kojem se čita celokupan protok.

Kako instrumenti mere samo integralne vrednosti protoka, to treba registrovati istovremeno i vreme, da bi se mogao izračunati protok [m³/s]. Merenje izvršeno sa protokom koji je ispod jednog minimuma daje rezultate koji su manji od stvarnog učinka i svodi se najzad na nulu (oko 5% normalnog učinka, kod novih merača sa kružnom pločom oko 2%; normalni učinak odnosi se na pad pritiska od 10 m $H_2O$ i kao stalni učinak ne dolazi u obzir; u odnosu na dozvoljeni protok je najmanji protok obično veći). Sa Venturi-cevi i diferencijalnim manometrom umesto vodenog merača meri se vodeni protok, v. niže.

**4) Za merenje raznovrsnih tečnosti** mogu se veoma podesno upotrebljavati razni merači pare. Na pr., merač Bayer-Siemens (sl. 6, str. 1317), ukoliko je količina dovoljno velika.

Pokazivanje instrumenta je i pri prelazu od pare na tečnost proporcionalno kvadratnom korenu iz specifične težine, ako se prethodno uzme u obzir uzgon unutarnjih delova instrumenta, kao i pritisak (unutrašnji) tečnosti na poprečni presek zaptivača. Poželjno je da merač registruje pritisak.

Za merenja pri napajanju kotlova podesni su specijalni tipovi instrumenata opisani pod *α*, *γ*, *δ*, **3** i **4**.

### c) Otvori za isticanje (Poncelet-sud, danaide)

Tečnost koju treba meriti dotiče u sud iz koga ističe kroz brižljivo obrađeni otvor, preseka $f$[m²]. Pri tome treba meriti visinu nivoa vode u sudu $h$ [m] iznad sredine otvora (pri horizontalnom isticanju), ili od preseka gde se mlaz tečnosti odvaja od otvora (pri vertikalnom isticanju). Protok $V = k f \sqrt{2gh}$ [m³s], gde je $k$ koeficijent isticanja; kod oštrih otvora $k = 0{,}605$, ukoliko je $h \geq 0{,}4$ m i prečnik $\geq 20$ mm; inače je $k$ veće. Kod dobro zaobljenih i uglačanih otvora $k = 0{,}99$.

Otvor treba da je dovoljno udaljen od dna i bočnih zidova. Ako ima više otvora treba da budu jedan od drugog na potrebnom otstojanju, da ne ometaju potpunu kontrakciju nalaza. Slobodan nivo tečnosti treba da bude na dovoljnoj visini da se ne bi obrazovali levci. Doticanje vode mora da bude jednoliko jer se inače ne može meriti visina nivoa u sudu.

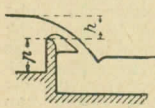
Pri nejednolikom priticanju vode primeniti Brauer-ov postupak. Količina vode koja ističe kroz mali otvor hvata se u sud i meri. Pri istoj visini nivoa vode su količine koje ističu kroz druge otvore proporcionalne; pri tome se mlazevi moraju odvajati od bočnog zida na istoj visini[1]).

### d) Otvori za proticanje

**Standardni sisak, standardna blenda (dijafragma) i Venturicev** za merenje protoka gasova, opisani pod **C**, str. 1312, mogu se upotrebljavati i za merenje tečnosti u cevovodima.

### e) Merenje prelivanjem

Propisi za gradnju preliva za merenje: ivica preko koje se voda preliva mora biti oštra (prema švajcarskim standardima 2 mm široka), horizontalna i upravna na pravac strujanja. Uzvodna strana brane treba da bude vertikalna ravan. Širina kanala za gornju vodu treba da bude jednaka dužini preliva, kako bi se sprečila bočna kontrakcija. Ovu dužinu, ako je to potrebno, ostvariti pomoću dasaka kao vodicama. Voditi računa o provetravanju vodenog mlaza odozdo, ili sa strane — tako da donji kanal bude širi od brane — ili pak veštačkim dovođenjem vazduha (sl. 3). Onda je teoretski



Sl. 3. Preliv

$$Q = {}^2/_3 \cdot k\, b \sqrt{2g}\, h^3,\ [\mathrm{m^3/s}],$$

$b$ — širina krune preliva [m],
$h$ — debljina prelivnog mlaza merena iznad prelivne ivice [m],
$p$ — otstojanje prelivne ivice od dna dovodnog kanala [m],
$k$ — koeficijent koji se određuje eksperimentalno.

[1]) Koeficijenti isticanja za toplu vodu i soni rastvor v. Schneider: Forschungsarbeit VDI, sv. 213.

1. VDI[1]) pravila za merenje količine vode, dobivena na osnovi Rehbock-ovih ogleda[2]); $h$ može da varira do 0,8 m, a $p$ do 1.2 m. Neka bude $b \geqq h$; $0{,}1 < h < 0{,}8$ m (dakle, najmanja količina $V = 40$ l/s) ali $h \leqq p$ i $p \geqq 0{,}3$ m. Debljina $h$ prelivnog mlaza meri se na otstojanju $4h$ uzvodno od preliva. Ustvari meri se pomoćna visina $h_e = h + 0{,}0011$ m, pošto se nulti podeok (početak skale) namesti 1,1 mm ispod prelivne ivice. Kada se uzme u obzir i koeficijent $k$ biće[3])

$$Q = b\,(1{,}782 + 0{,}24\,h_e/p)\,h_e^{3/2}.$$

Nemačka pravila VDI dozvoljavaju i upotrebu niže date »Švajcarske formule«.

2. **Švajcarski standardi** iz 1924 g.[4]): Kanal pred branom treba da bude pravoliniski na $5 \max h$ i $1{,}5\,b$. Treba meriti $3 \max h$ pred branom, do $b = 2$ m u sredini kanala, do $b = 6$ m dva puta, preko $b = 6$ m tri puta, pa uzeti aritmetičke sredine. Nulti položaj treba pažljivo odrediti.

Ako je $p \geqq 0{,}3$ m; $0{,}025\text{ m} \leqq h \leqq 0{,}8$ m; $h : p \leqq 1$ onda je

$$k = 0{,}615\,[1 + 1/(1000\,h + 1{,}6)]\,[1 + 0{,}5\,h^2/(h + p)^2].$$

**Važna napomena:** Pri merenjima trebalo bi uvek ostvariti pomenute, dobro ispitane odnose na prelivu. Lično određivanje brojne vrednosti $k$ bez potrebnih uređaja treba izbegavati. Koeficijenti $k$ za druge oblike preliva, ako se ti oblici moraju upotrebiti, dati su na str. 573. Za prelive sa bočnom kontrakcijom nalaze se odnosni podaci i u švajcarskim standardima.

Uporedni podaci za 1 m širine brane

| Pri $h$ | $p$ | meri Rehbock | Švajc. standard |
|---|---|---|---|
| 0,2 m | 0,5 m | 0,170 m³/s | 0,170 m³/s |
| 0,2 . | 1,0 . | 0,165 . | 0,165 . |
| 0,5 . | 1,0 . | 0,674 . | 0,680 . |
| 0,8 . | 1,0 . | 1,42 . | 1,43 . |

Trougaoni preliv za merenje malih protoka: Voda preliva preko trougaonog zareza. Specijalni slučaj (Thomson-preliv): pravougaoni zarez, vrh dole, kraci nagnuti pod 45°; u tom slučaju je

$$Q = (8/15)\,\mu \sqrt{2g}\,h^5\ [\mathrm{m^3/s}].$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| gde je za | $h = 0{,}05$ | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 m |
| po Barr-u | $\mu = 0{,}597$ | 0,590 | 0,586 | 0,584 | 0,582, |
| dakle, $Q = 2{,}36\,\mu h^2$ | $\sqrt{h} = 0{,}000\,786$ | 0,004 40 | 0,012 06 | 0,0247 | 0,0430 m³/s |

Za dugotrajnija ispitivanja protoka na rekama upotrebljavaju se prelivi sa automatskim registrovanjem, v. III knj., odeljak »Građevine za iskorišćavanje vodene snage«.

---

[1]) VDI, Regeln für Wassermengen-Messungen bei Abnahme von Wasserkraftmaschinen, Berlin 1936, VDI-Verlag.

[2]) Z V D I 73 (1929), str. 817.

[3]) U stručnoj literaturi je ova formula pogrešno otštampana; umesto $h_e$ otštampano je $h$.

[4]) Izradio: Schweiz. Ing. u. Arch.-Ver., Zürich. U stručnoj literaturi je ova formula pogrešno otštampana, ispuštene su dvojke za dizanje na kvadrat. Ova greška se nalazi i u 26. izd. Hütte.

### f) Venturi-kanal

Zamena za merenje prelivanjem, kad je poželjno da gubitak u razlici nivoa vode bude mali. Otvoreni kanal najpre se bočno sužava pa onda blago proširuje. Na najužem mestu meri se visina uspora[1]).

### g) Merenje pomoću štita

Pretpostavka: kanal konstantnog preseka, dovoljno dug i glatko jednoliko obrađen. Laki štit zakačen za kolica spusti se u vodu. Voda svojim tokom nosi štit. Brzina kojom se štit kreće registruje se električnim putem. Za laboratorijume ili za projekt turbinskog postrojenja treba izabrati podesan kanal.

### h) Određivanje protoka iz rasporeda brzine

U poprečnom preseku, površine $f$ [m²], treba odrediti raspored brzine $w$ [m/s], pa je $V = \int w\, df$ [m³/s]. Postupak je nesiguran zato što je merenje brzine pri rubu nemogućno, jer tamo brzina opada do nule; sem toga su, pri jako turbulentnom kretanju, brojne vrednosti brzine netačne. Merenje treba vršiti na pravoliniskom delu toka, što dalje od kolena krivina (najkraće otstojanje mesta gde se vrši merenje treba da bude $\approx 50$ puta veće od prečnika cevi), ako se to ne može ostvariti treba postaviti usmerač na otstojanju koje je 6 puta veće od prečnika cevi. Kod kanala kružnog oblika treba merenja izvršiti na otstojanju od 1 do 3 prečnika, pa rezultate prikazati grafički, i to u obliku $w = f(r^2)$, gde je $r$ otstojanje mesta merenja od ose cevovoda. Planimetrisanjem odnosne površine dolazi se do srednje brzine

$$w_m = (1/f) \int w\, df, \quad \text{protok} \quad V = w_m f\ .$$

Brzine se mere:

**1. Woltmann-ovim hidrometričkim krilom[2]).** Pri tome treba uzeti u obzir jednačinu koja se dobije ispitivanjem — teglenje krila kroz vodu. Točkić sa krilima meri put koji prelazi voda (pri teglenju put pređen u vodi) pokrećući brojač ili električne kontakte. Pored toga treba meriti i vreme. Pri dugotrajnim merenjima vreme se registruje na traku električnim putem. Vreme trajanja i podaci brojača daju elemente za izračunavanje brzine.

**2. Uređajima za merenje zaustavnog pritiska** (v. sl. 1, str. 1303).

---

[1]) Engel: ZVDI 77 (1933), str. 1285; Arch. f. techn. Messen 4 (1935), Lfg. 45; D. Wasserwirtschaft 32 (1937), str. 110.

[2]) Opširan opis ovog postupka v. Handb. d. Ing. Wiss. IV. izd. III. deo, sveska I., kao i Švajcarske standarde. O Woltmann-ovim krilima naročite gradnje za veoma plitke rečne tokove v. Schweiz. Bauztg., 6 okt. 1906.

Pri merenjima u cevovodu uređaj za merenje zaustavnog pritiska uvlači se u cevovod ili na dugim vodicama ili kroz zato naročito predviđeni zaptivač. Dinamički pritisak se meri pomoću U-cevi, čiji je savijeni deo okrenut naviše (dakle ∩ ), sa vazduhom iznad vode ili (kod malih brzina) sa petroleumom ili sličnim tečnostima. U-cev može biti okrenuta naniže (U) i ispunjena hloroformom.

U vodovima pod pritiskom mora se vazduh, koji se nalazi iznad vode, ubaciti pomoću vazdušne pumpe (pumpa za punjenje guma na biciklima), a kod usisnih vodova, treba vodu podići pomoću aspiratora (aspirator od boca i gumenog creva; pri tome voditi računa da se u dovodnoj cevi ne stvaraju mehuri!).

## C. Merenje gasova[1])

**1. Gasni sat** za neprekidno merenje zapremine gasa pod niskim pritiskom. Gasni sat sa vodom i Crossley-bubnjem: kućica je ispunjena vodom do preko horizantalne obrtne ose bubnja. Pri nepromenjenom vodostaju svaki obrtaj bubnja daje jednaku količinu gasa. Male razlike u vodostaju ne igraju veliku ulogu pošto pri zatvaranju komore vraćaju uski sektorski vrh naniže. Kod važnijih staničnih merača gasa nivo se održava nepromenjen stalnim doticanjem i oticanjem vode (King-ov preliv).

Dozvoljeni broj obrtaja ≈ 100/h. Potreban pad pritiska za rad treba da bude obično ispod 2 mm $H_2O$. Tačnost merenja dobrih gasnih satova je skoro apsolutna; oni mere i najmanje protoke. Promene pritiska i brzine izazivaju primetnu grešku tek onda kada uznemirena voda povremeno oslobodi ivice za zatvaranje (pojava šumova nalik na šumove pri srkanju). Kod dovodnih cevi gasnim motorima, kompresorima itd. javlja se strujanje gasa sa udarima, pa je u tom slučaju potrebno da se u cevovod postave regulatori pritiska (gumena kesa kod gasa pod pritiskom, o opruge obešen sat gnjuračkog zvona ili membrane ili slično kod gasa pod vakuumom).

Gasni sat bez vode sastoji se iz dva elastična meka balona koji se naizmenično pune i prazne. Dobiveni rezultati nisu najtačniji. Ovi satovi imaju to preimućstvo da im ne treba dolivati vodu i ne smrzavaju se, podesni su za kućne veze. Za veoma velike količine treba koristiti parcijalne merače kao i za vodu, grade se i sa siskom umesto Venturi-cevi.

**2. Merač Rota.** Gasni pritisak u mernoj cevi podiže plovak-pokazivač koji na omotaču ima zareze u obliku zavojnice i može da se obrće ne dodirujući zidove instrumenta. Ukoliko protiče veća količina gasa, utoliko plovak lebdi na većoj visini. Cev blagog koničnog oblika širi se naviše. Visina plovka pokazuje gasni protok ($m^3/s$).

Skala je obično izdeljena od 1 do 10, tj. plovak se odvaja od dna kad kroz uređaj protekne $^1/_{10}$ maksimalne količine gasa. Izrađuje se i u velikim razmerama. Merač treba baždariti pošto je kroz njega duže vremena proticao gas, jer plovci od tvrde gume apsorbuju gas.

---

[1]) Uporedi primebde pod **B** na str. 1306 i opširno objašnjenje u »VDI-Verdichter-Regeln«, v. str. 1300, primedba [1]).

**3. Aparati za kubiciranje** upotrebljavaju se za laboratoriska merenja i za ponovna baždarenja gasnih merača gasara. Princip: zvona datog poprečnog preseka potiskuju pri spuštanju u rezervoar (pun tečnosti) u cev — koja prolazi kroz tečnost — zapremine koje se mogu tačno izračunati. Pri tome se meri pritisak i temperatura gasa u zvonu. Oni se prevode na normalno stanje (samo ako je to stvarno potrebno). Pritisak u zvonu održava se nepromenjen automatskim povećavanjem opterećenja zvona saobrazno priraštaju uzgona usled veće dubine spuštanja.

**4. Punjenje datog suda gasom pomoću crpki** (naročito za ispitivanje kompresora).

Oznake:

$V$ = zapremina suda [m³],
$p_1$ i $p_2$ = apsolutni pritisci na početku i na kraju ogleda [kg/m²],
$p$ = pritisak u proizvoljno uzetom trenutku vremena,
$T$ = apsolutna temperatura ulaznog gasa u istom, gore proizvoljno uzetom, trenutku vremena [° K],
$G$ = količina sabijenog gasa [kg],
$R$ = gasna konstanta (v. str. 589 i 627),
$\varkappa$ = odnos specifičnih toplota gasa koji se u sudu sabija. Pretpostavlja se da je sabijanje adijabatsko.

Sa tim oznakama je

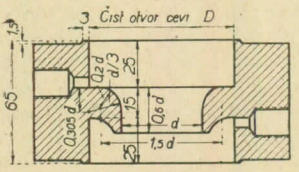
$$G = \frac{V}{R\varkappa}\int_{p_1}^{p_2}\frac{dp}{T},$$

gde je $T$ kao funkcija od $p$ poznato iz ogleda. Integral treba izračunati grafički ili kao srednju vrednost. Ako gas ulazi sa konstantnom temperaturom biće

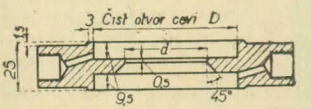
$G = (V/\varkappa RT)(p_2 - p_1)$ a za vazduh $G = (V/41{,}3)(p_2 - p_1)/T$.

**5. Sabijeni (komprimirani) vazduh** se meri instrumentima koji se upotrebljavaju za merenje pare i vode (v. tamo). Askania-merač za sabijeni vazduh, tzv. razdeljivač strujanja sa protočnim otvorom regulisanim membranom, podesan je za merenja pri radu sa alatom sa sabijenim vazduhom.

**6. Otvori za proticanje.** »VDI-Durchfluss-Messregeln«[1]) između ostalog propisuju i ovo: U cevovod prečnika $D$ mm treba ugraditi kao davač stvarnog pritiska (Wirkdruckgeber) sisak (sl. 4) ili blendu (sl. 5) prečnika $d$ mm, čime se poprečni presek suzi u odnosu $m = d^2/D^2 = f/F$. Po-




Sl. 4. Standardni sisak 1930.




Sl. 5. Standardna bledna 1930.

Obavezne su samo dimenzije okvašenih delova

većanju brzina odgovara pad pritiska koji se meri na priključenom diferencijalnom manometru kao stvarni pritisak.

[1]) VDI, Regeln für die Durchflussmessung mit genormten Düsen und Blenden, DIN VDI 1952, 4 izd. Berlin 1937, VDI - Verlag.

Od stvarnog pritiska gubi se trajno samo jedan deo, naime:

| | pri $m =$ | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0 3 | 0,4 | 0,5 | 0,7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kod | standardnog siska . | 0,905 | 0,82 | 0,67 | 0,54 | 0,43 | 0.33 | – |
| kod | standardne blende . | 0 95 | 0,9 | 0,79 | 0,69 | 0,6 | 0,5 | 0.33 |

Diferencijalnim manometrom se meri stvarni pritisak ($P_1$—$P_2$) [kg/m²] obično visinom stuba tečnosti: $h=(P_1—P_2)/\gamma$ [m], gde je $\gamma$ njena specifična težina [kg/m³]. Razlika specifične težine žive u odnosu na vodu iznosi:

| | na 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25° |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $^1/_{1000}\ (\gamma_{Hg} - \gamma_w) =$ | 12,59 | 12,58 | 12,57 | 12,55 | 12,54 | 12,53 kg/l. |

Iz stvarnog pritiska ($P_1$—$P_2$) [kg/m²] izračunava se težinski protok:

$$G = \alpha\, \varepsilon\, d^2\, 0{,}012\,52 \sqrt{(P_1 - P_2)\,\gamma_1}\ [\mathrm{kg/h}] \qquad (1)$$

gde je koeficijent protoka $\alpha$ određen iz niza ogleda; iznad određenih vrednosti $Re_D = w\,D\gamma_1 / g\eta$ on zavisi samo od $m$.

Proširenje zapremine mlaza kod gasova i para uvodi se u račun pomoću koeficijenta $\varepsilon$ = korektivni koeficijent ekspanzije; $1 - \varepsilon$ je približno proporcionalno relativnom padu pritiska $(P_1 - P_2)/P_1$, osim toga zavisi i od $\varkappa = c_p / c_v$ (brojne vrednosti v. str. 590, 619, 628). Za nestišljive tečnosti $\varepsilon = 1$.

$$0\,012\,52 = 3600 \cdot 10^{-6} \sqrt{2g}\,\pi/4$$

Oznake:

$Re_D$ — Reynolds-ov broj, u odnosu na prečnik cevi $D$ [m] (ne u odnosu na njen poluprečnik ili poluprečnik davača stvarnog pritiska).

$\eta$ — dinamička viskoznost [kg s/m]. Brojne vrednosti za tečnosti v. str. 525; za gasove i pare na str. 525; za vodenu paru na str. 526.

$\gamma_1$ — specifična težina [kg/m³], koja odgovara pritisku $P_1$.

$w$ — brzina strujanja [m/s] u poprečnom preseku cevi.

Ovde treba obratiti pažnju na to da se $d$ i $D$ unose u proračun u milimetrima, samo $Re_D$ odnosi se na $D$ izraženo u [m]. Ovo je urađeno iz razloga da se obrazac pojednostavi i olakša izračunavanje.

Brojne vrednosti za $\alpha$ i $\varepsilon$, ukoliko su potrebne za izračunavanje pri običnim merenjima, date su u tablicama 1 do 3. Za tačna merenja pri preuzimanju treba se pridržavati uputstava u »Arbeitsblätter der Regeln«, a sa njihovim sadržajem trebalo bi se upoznati i pri upotrebi tablica 1 do 3. Osnovne vrednosti za $\alpha$ odnose se na potpuno glatke cevi (napr., nove cevi od livenog gvožđa, unutrašnjeg prečnika 200 mm, premazane terom sa unutrašnje strane) i blende sa oštrom ivicom. (ove brojne vrednosti mogu se dostići kad je $d < 150$ mm, a otvor, po završenom bušenju, obrađen skidanjem fine strugotine radijalno napolje. Ako je $d \geq 150$ mm može se ivica obraditi hartijom sa šmirglom.) U ostalim slučajevima u pogonu, dakle, kod većine cevi manjih prečnika, treba izvršiti korekturu.

Rezultati važe sa tolerancijama od 0,5 do 3%. Ove tolerancije sadrže iznad granice tolerancije mali, a ispod ove granice veći osnovni deo, osim toga i dodatke za hrapavost i nedovoljnu zaoštrenost. Odnosne brojne vrednosti se ovde ne mogu dati. U pogonu, netačnost iznad gra-

nice tolerancije može da iznosi, prosečno 1,5% — za siskove, 2% — za blende, pri sve većem zagađivanju cevi i sve većom abanju i zagađivanju otvora ona može da bude i veća.

**Tablica 1. Koeficijenti protoka $\alpha$ za standardnu blendu 1930**

| | $m =$ | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Naniže do | $Re_D =$ | 12 000 | 25 000 | 50 000 | 75 000 | 100 000 | 125 000 | 150 000 | 175 000 |
| važi osnovna vrednost | $\alpha =$ | 0,598 | 0,602 | 0,615 | 0,634 | 0,661 | 0,696 | 0,742 | 0,804 |
| Naniže važi pri | $Re_D =$ 100 000 | 0,598 | 0,602 | 0,615 | 0,634 | 0,661 | 0,697 | 0,745 | 0,811 |
| | 50 000 | 598 | 602 | 615 | 636 | 664 | 702 | 752 | ( 821) |
| | 30 000 | 598 | 602 | 617 | 638 | 668 | 708 | 760 | – |
| | 20 000 | 598 | 603 | 619 | 641 | 672 | 714 | 772 | – |
| | 10 000 | 599 | 605 | 622 | 646 | 681 | 729 | ( 788) | – |
| | 8 000 | 600 | 606 | 625 | 652 | 690 | ( 735) | – | – |
| | 6 000 | 601 | 608 | 628 | 658 | ( 702) | – | – | – |
| | 5 000 | 602 | 610 | 635 | – | – | – | – | – |

Ako je pogonska cev hrapava i ivica nije dovoljno oštra, onda gornje vrednosti za $\alpha$ treba pomnožiti sa:

| za $D =$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 mm | 1,024 | 1,023 | 1,023 | 1,024 | 1,025 | 1,026 | 1,028 | 1,031 |
| 100 . | 019 | 016 | 014 | 014 | 014 | 015 | 016 | 018 |
| 200 . | 011 | 008 | 005 | 004 | 004 | 005 | 006 | 007 |
| 300 . | 006 | 003 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |

**Tablica 2. Koeficijenti protoka za standardni sisak 1930**

| | $m =$ | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,65 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Naniže do | $Re_D =$ | 70 000 | 73 000 | 81 000 | 110 000 | 170 000 | 190 000 | 200 000 | 200 000 |
| je gruba vrednost za | $\alpha =$ | 0,987 | 0,989 | 0,999 | 1,016 | 1,041 | 1,081 | 1,142 | 1,183 |
| Naniže važi pri | $Re_D =$ 100 000 | 0,987 | 0,989 | 0,999 | 1,016 | 1,039 | 1,077 | 1,142 | 1,18 |
| | 70 000 | 987 | 989 | 999 | 015 | 037 | 073 | 142 | – |
| | 50 000 | 987 | 987 | 997 | 012 | 034 | (064) | – | – |
| | 40 000 | 984 | 983 | 995 | 010 | 030 | – | – | – |
| | 30 000 | 978 | 976 | 989 | 006 | 026 | – | – | – |
| | 20 000 | 953 | 964 | 979 | 0,998 | 019 | – | – | – |
| | 10 000 | 914 | 937 | 960 | 981 | 006 | – | – | – |

Ako je pogonska cev hrapava treba gornje vrednosti za $\alpha$ pomnožiti sa:

| $D =$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 mm | 1 | 1 | 1 | $\approx 1$ | 1,003 | 1,008 | 1,014 | 1,017 |
| 100 . | 1 | 1 | 1 | $\approx 1$ | 002 | 005 | 010 | 012 |
| 200 . | 1 | 1 | 1 | $\approx 1$ | 001 | 002 | 005 | 007 |

**Tablica 3. Brojne vrednosti $(1 - \varepsilon)$ za stvarni pritisak $(P_1 - P_2) = 0{,}01\ P_1$**

(Pri manjim pritiscima su brojne vrednosti srazmerno manje, pri većim pritiscima one rastu nešto brže)

| | | $m =$ | 0 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sisak . . | $\varkappa = 1{,}31$ | $1 - \varepsilon =$ | 0,062 | 0,064 | 0,068 | 0,075 | 0,082 | 0,098 | – |
| | $\varkappa = 1{,}41$ | . | 056 | 059 | 063 | 0,068 | 076 | 090 | – |
| Blenda . | $\varkappa = 1{,}31$ | . | 0,033 | – | 0,036 | – | 0,041 | 0,044 | 0,049 |
| | $\varkappa = 1{,}41$ | . | 031 | – | 033 | – | 038 | 041 | 045 |

Pojedinosti: Sisak treba da bude gladak, oblik proveren preciznim meračem. Prečnik treba izmeriti do na $\pm$ 0,001 *d*. Blenda treba da ima oštru ivicu i glatku čeonu površinu ispred otvora. Prečnik treba izmeriti do na $\pm$ 0,001 *d*.

Ispred i iza davača stvarnog pritiska cev treba da bude pravoliniska i bez smetnji proticanju (tablica 4).

**Tablica 4. Potrebne dužine cevi za neporemećeno proticanje fluida**
(Izvod. Odgovarajući dijagrami su uglavnom nepravilni)

| | Standardni sisak | | | | Standardna blenda | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ulaz | | Izlaz | | Ulaz | | Izlaz | |
| $m =$ | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,4 |
| Običan luk . . . . . | 10 $D$ | 15 $D$ | 5 $D$ | 10 $D$ | 8 $D$ | 18 $D$ | 5 $D$ | 5 $D$ |
| Krivina u ravni, oblika slova S . . | 6 . | 20 . | 6 . | 27 . | 5 . | 10 . | 5 . | 10 . |
| Krivina u prostoru (trostruka) . . | 20 . | 30 . | 10 . | 27 . | 28 . | 28 . | 5 . | 5 . |
| Ventil . . . . . | 28 . | 60 . | 5 . | 5 . | 28 . | 55 . | 5 . | 5 . |

Gornje vrednosti se odnose na merenja izvršena na pojedinačno izbušenim otvorima. Ako se stvarni pritisak meri u prstenastim komorama, onda ulaz može biti 20% kraći, ali izlaz treba onda da iznosi uvek 5 $D$. — Ako su dužine cevi upola kraće od navedenih, greška pri merenju protoka iznosi ± 0,5%.

Zavojno kretanje u fluidu, prouzrokovano, naprimer, nizom krivina u prostoru, može se ublažiti pomoću usmerača koji treba ugraditi u cev dovoljno daleko od mesta gde se vrši merenje. I šavovi od zavarivanja remete proticanje. Zasuni ne smeju da su delimično otvoreni; za izravnavanje poremećaja koji oni stvaraju treba predvideti dužinu od 50 do 100 $D$.

Fluid koji protiče mora da bude u čistom stanju, para suva, tečnosti bez gasova ili taloga. Pulziranja koja izazvaju klipne mašine nedozvoljena su. Vidi ZVDI 82 (1938), str. 1107.

**Poređenje siska i blende.** Niže dati parovi daju, pri određenom protoku, jednaki stvarni pritisak. Pri trajnom merenju u pogonu bitno je da trajni gubitak pritiska bude što manji i da rezultati važe do što je moguće manje vrednosti $Re_D$, međutim, pri merenju kod preuzimanja bitne su male tolerancije.

**Tablica 5. Tolerancije za $\alpha$ za standardne siskove i standardne blende 1930**

| | Sisak | Blenda | Sisak | Blenda | |
|---|---|---|---|---|---|
| $m =$ | 0,5 | 0,689 | 0,3 | 0,450 | |
| imaju oba . . . . $\alpha \cdot m$ | 0,55 | 0,55 | 0,305 | 0,305 | dakle jednaki stvarni pri- |
| Trajni gubitak pritiska . . | 0,33 | 0,345 | 0,54 | 0,55 | tisak stvarnog pritiska |
| Tolerancija . . . . . | ±0,5% | ± 2%*) | ±0,5% | ± 1,5%* | *) do $D$ = 200 mm |
| važi naniže do . . $Re_D =$ | 280 000 | 175 000 | 130 000 | 110 000 | |
| Potrebna dužina cevi za neporemećeno | | Ulaz | 12 $D$ | 20 $D$ | |
| proticanje iza krivine: | | Izlaz | 8 $D$ | 5 $D$ | |

**7. Venturi-cev.** Sa gledišta tehnike merenja ona odgovara sisku jednakog odnosa prečnika, ako se pritisak meri na prirubnici gde se fluid usporava. Koničnim proširenjem iza Venturi-cevi dobiva se manji gubitak pritiska nego li kod siska ili blende, dakle ušteda u pogonu. Međutim, pri datom dozvoljenom gubitku pritiska Venturi-cev daje povećanu razliku pritisaka, dakle veću energiju za merenje. Pritisak treba meriti ispred Venturi-cevi i u najužem preseku. Iz odnosa prečnika $\sqrt{m}$ i razlike pritisaka izračunava se protok kao i kod siska. Koeficijent $k$ dobiva se baždarenjem (sl. 7).

**8. Merenje količine iz rasporeda brzine** vrši se kao pod **B h).** Za merenje brzine se upotrebljavaju:

**a) Anemometar.** Anemometar sa točkom sa krilima: pri merenju ovim instrumentom njegova osa mora da pada u pravac vetra. Podaci se čitaju na brojaču ili se regi-

struju električnim kontaktom. Granice merenja se kreću od 0,5 do 10 m/s. Anemometrima sa krilima od liskuna mogu se meriti brzine od 0,12 do 5 m/s. Krstati anemometar sa polu. kuglastim ljuskama: pri merenju ovim anemometrom osa instrumenta može da se postavi proizvoljno u ravni upravnoj na pravac vetra. Podaci se čitaju na isti način kao kod anemometra sa krilima; granice merenja kreću se od 1 do 30 m/s. Kako se anemometrom meri put koji prelazi vetar, to treba meriti istovremeno i vreme. Istovremeno merenje vremena nije potrebno ako se meri anemotahometrom (kombinacija krstatog anemometra sa polukuglastim ljuskama i tahometra sa centrifugalnim klatnom).

**b) Uređaji za merenje zaustavnog pritiska** (v. str. 1303). Ovim instrumentima teško se mere male brzine (ispod 4 m/s) zbog kvadratične zavisnosti; ako se one ipak moraju meriti, onda to treba vršiti pomoću mikromanometara ili minimetara. Gornja granica za brzinu je neograničena. O teškoćama pri merenju pritiska vidi str. 1300.

## D. Merenje pare

Vivi primedbe pod **B** na str. 1306.

**1. Merenje vode za napajanje kotla.** Ako se održava isti vodostaj u kotlu i u eventualnim rezervoarima i isti pritisak u kotlu na početku i kraju merenja, onda treba upotrebiti: uređaje prema **B a)** na usisnom cevovodu, odnosno merače vode za napajanje kotla prema **B b)** na potisnom cevovodu. Ako se proizvodi zasićena para rezultat je netačan za količinu vode koju ona povuče sa sobom. Vodostaj treba održavati trajno nisko i kotao napajati trajno jednoliko. Otpada ispiranje (smanjivanje tvrdoće vode) ili se (što je bolje) mora meriti količina.

**2. Merenje pare koja se kondenzuje iza mašine.** Otakanjem meriti količinu pomoću kondenzat-lonaca ili tome slično. Ako je para zasićena rezultat je netačan kao i pod **1.**

**3. Merač pare.** Kroz presek $F$ [m²] protiče pri razlici pritisaka $(p_1 - p_2) = \Delta p$ [kg/m²] ispred i iza mesta za prigušivanje i specifičnoj težini $\gamma_1$ [kg/m³] pred mestom prigušivanja:

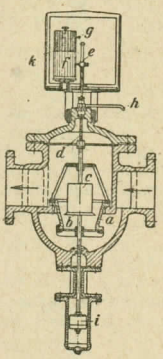
$$G = c F \sqrt{\Delta p} \sqrt{\gamma_1} \text{ [kg/s]}$$

gde je $c = k \sqrt{2g}$ konstanta uređaja, uslovljena kontrakcijom i trenjem. To je korektura jer se ekspanzija zanemaruje i dobiva se iz ogleda. Kod merača sa plovkom obično je $\Delta p$ konstantno a $F$ mera za $G$; kod merača sa otvorom $F$ je konstantno a $\sqrt{\Delta p}$ mera za količinu pare. Treba, dakle, razlikovati:

a) Merač sa plovkom. Para što protiče nosi sa sobom pokretni deo — plovak. Uređaj je statički tako konstruisan da je pomeranje plovka utoliko veće ukoliko je veća količina pare što protiče kroz aparaturu. Dakle, pomeranje plovka određuje količinu pare. Plovak je obično ugrađen u kućicu koja se stavlja u cevovod na isti način kao i ventil (sl. 6).

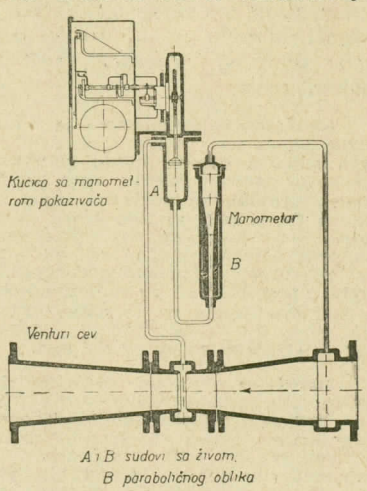
b) Merače strujanja sa otvorom. U parovodnu cev stavlja se sisak ili blenda (kao za vazduh v. str. 1312) na sličan način kao i slepa prirubnica. Pad pritiska je mera za količinu pare. On se čita na diferencijalnom manometru ili se registruje. Ako se kao davač pritiska koristi Venturi-cev (sl. 7) dobiva se manji stalni gubitak pritiska. Da bi pomeranje plovka bilo proporcionalno kvadratnom korenu iz razlike pritisaka treba stvarni pritisak meriti pomoću merača razlike pritisaka sa specijalnim mehanizmima (*B* na sl. 7). Zbog velike radne sposobnosti mnogo se upotrebljavaju vage sa prstenom.

α) Neposredno čitanje trenutnog parnog protoka pomoću pokazivača pare. Svrha: na pr., ložaču parnog kotla ovaj podatak ukazuje kako treba da reguliše vatru pre nego što pritisak u kotlu primetno opadne. β) Grafičko prikazivanje trenutnog protoka pare pomoću dijagrama. Apscisna osa — osa vremena. Svrha: Kontrolisanje




*a* - sisak za merenje, *b* - plovak, *c* - teg, *d* - niklena šipka, *e* - poluga sa pisaljkom, *f* - doboš, *g* - mehanizam koji registruje pritisak, *h* - cevčica za izlaz pare koja prodire kroz zaptivač, *i* - kočnica i teg za izravnavanje pritiska koji proizvodi zaptivač, *k* - belega za kontrolu krajnjih tačaka.

Sl. 6. Merač pare sa plovkom, Bayer - Siemens-ov




Sl. 7.

Registrujući merač tečnosti Siemens & Halske. Može se upotrebljavati za merenje pare, ako su ugrađeni sudovi za izravnavanje

toka pogona i eventualno naknadno utvrđivanje beskorisne potrošnje pare. Planimetrisanjem dijagrama (ako se to radi sa linearnim planimetrom ne treba prelaziti osnovu — nultu liniju dijagrama) dobije se ukupni protok pare za odnosno vreme (12 h ili 24 h), ukoliko su ordinate proporcionalne količinama para. γ) Automatsko integralenje brojačem. Na brojaču se u svako doba može pročitati količina dotada protekle pare. Sabiranje se vrši mehanički (automatski planimetar) ili električno (uključivanje otpornika i amper- ili vat-metra).

Za merače sa plovkom kao i za merače sa otvorom određuje se konstanta *c* baždarenjem pri određenom stanju pare $\gamma_1$, ili pomoću koeficijenta isticanja *k* na isti način kao i kod vazduha. Koeficijent isticanja *k* pri istim dimenzijama merača važi i za

druge fluide, ukoliko je pri tome Reynolds-ov broj $Re_D = w D \gamma_1 / g \eta$ ostao nepromenjen. Vidi **C 6** (obrazac 1, sl. 4, 5 i tabl. 1 do 5). O kinematičkoj viskoznosti $\nu = \eta g / \gamma$ vodene pare v. kod Speyerer-a[1]).

Ako pritisak i temperatura pare ne odgovaraju pretpostavkama, onda treba izvršiti korekturu koja je proporcionalna vrednosti $\sqrt{\gamma_1}$; zato treba ispred mesta gde se vrši merenje izmeriti $p_1$ a kod pregrejane pare i $T_1$. Na meračima sa električnim registrovanjem učinjeni su pokušaji da se oba uticaja uzmu u obzir pomoću otpornika ili slično. Za zasićenu paru je $p_1$ približno proporcionalno sa $\gamma_1$, pa je onda: $G \approx c_1 F \sqrt{\Delta p} \sqrt{p_1}$. Neki merači uzimaju $p_1$ automatski u obzir; pokazuju, upisuju ili integrale proizvod $\sqrt{\Delta p} \sqrt{p_1}$, koji obrazuju posebnim kinematičkim mehanizmom.

Kod merača sa plovkom je direkciona sila u porastu kad se plovak kreće ka nultom položaju. Međutim, kod merača sa otvorom ona je veoma mala u blizini nultog položaja, zbog kvadratične zavisnosti. Zato su pokazivanja u blizini nule prilično netačna. Dakle, pokazivanja pri malom protoku su pogrešna ispod 15 do 20% od najvećeg pokazivanja, tj., za 25 do 30% od normalnog pokazivanja. Osim toga ne može se tačno kontrolisati položaj nulte tačke. Merači sa plovkom sa otvorom za priključivanje, većim od 200 mm, su nepodesni pa se i ne grade. Iz toga proizilazi podela područja primene: Merače sa otvorom treba upotrebljavati za merenje količine pare iz velikih kotlarnica, gde se ne očekuje da će se para trošiti u malim količinama, a merače sa plovkom za merenje količine pare koju troše pojedini potrošači, kod priključaka širine od 200 mm.

Merači sa otvorom, postavljeni izvan kotlarnice, mogu prouzrokovati da se zimi voda u cevima pod pritiskom zaledi, jer njihovi priključci — kao kod svih diferencijalnih manometara — moraju da su osigurani horizontalnim cevima ili sudovima za izravnavanje radi održavanja nivoa tečnosti (v. str. 1302). Održavanje ovih merača u čistom stanju i sa nepromenljivim nivoom tečnosti nije lako. Obrazovanje gasnih mehurova čini da razlika pritisaka u velikoj meri ne odgovara stvarnom stanju. Para koja sadrži gas ($CO_2$, usled čišćenja vode sodom) stalno donosi mehurove. — Gubitak pritiska: Kod merača sa otvorom taj se gubitak kreće u granicama od 0 do oko 0,15 kg/cm²; kod merača sa plovkom on počinje da se javlja kad je opterećenje plovka oko 0,05 kg/cm², pa raste usled otpora strujanju do $\approx$ 0,15 kg/cm².

Ako se umesto blende upotrebi Venturi-cev dobiva se veća razlika pritiska za pokretanje pokazivača, ali se ne može postići da direkciona sila teži ka nuli u blizini nultog položaja; ovo se ne može postići ni pomoću prenosnih mehanizama.

Ako para struji sa pulzacijama — kod klipnih mašina i na većim otstojanjima od same mašine — merači pare ne mogu se upotrebiti zato, što kod merača sa plovkom plovak osciluje, pa se pokazivanje stanja ne može pročitati, međutim, merači sa blendom, gde je to moguće, pokazuje pogrešne vrednosti.

---

[1]) Mit. Forschungsarb. VDI, sv. 273, ili: Arbeitsblatt 7, VDI - Durchfluss-Messregeln.

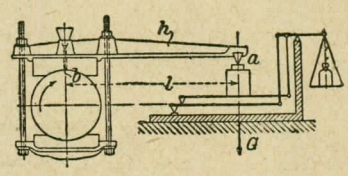
# IV. Merenje snage

**Rad**[1]) 1 kWh = 860 kcal (Reichsgesetz od 7. 8. 1924) = 367 000 kgm,
1 KSh = 632 kcal = 270 000 kgm.

**Snaga**[1]): 1 kW = 1,36 KS = 102,0 kgm/s = 0,239 kcal/s,
1 KS = 0,736 kW = 75 kgm/s.

**Snaga:** $N = M_d n/716$ [KS] $= M_d n/973$ [kW], gde je $M_d$ = izmereni obrtni moment u kgm, $n$/min = broj obrtaja.

**1. Kočnice-dinamometri** proizvode obrtni moment i mere ga istovremeno. Oba dejstva ne zavise jedno od drugog. P r o n y-eva k o č n i c a : na vratilo naglavljen je disk za kočenje pri kočenju pritiskuju ga (drvene ili metalne) papuče kočnice (sl. 8). Teg koji odgovara željenom obrtnom momentu stavlja se na tas vage. (Daru, usled težine uređaja treba odrediti u mirnom stanju; kočnicu treba otpustiti i osioniti je u $b$ pomoću trouglaste prizme). Pritezanjem navrtaka zavrtnjeva za pritezanje papuča dovodi se poluga u horizontalan položaj. Celishodno je da se ispod navrtki za pritezanje nalaze opruge jer se time omogućuje precizno nameštanje $M_d = G l$ ; $N = G l n/716 = C\, G n$ [KS], gde je $C$ konstanta kočnice. Ako se vaga Prony-eve kočnice zameni tegovima koji se vešaju o kočničku polugu (dobro obezbediti odbacivanje tegova) onda polugu treba pri istom smeru obrtanja vratila okrenuti za 180°, inače je uređaj nestabilan. — Uređaj treba podmazivati i dobro hladiti.



Sl. 8. P r o n y-eva kočnica

Dimenzije kočničkog diska treba izračunati prema B ac h -u iz obrasca: $N \leqq {}^1/_{75} \cdot w\, b\, d$, gde je:

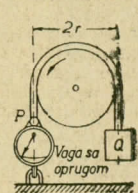
$d$ — prečnik kočničkog diska [cm],
$b$ — širina papuče [cm],
$w$ — do 0,5 pri vazdušnom hlađenju,
do 2,5 pri vodenom hlađenju,
do 5,0 pri vodenom hlađenju, velikim brzinama i malim površinskim pritiscima.

Velike snage treba meriti pomoću kočnica sa trakom a ne pomoću kočnica sa papučama.

Kod kočnice sa užetom (sl. 9) korisna snaga iznosi

$$N = rn\,(Q - P)/716 \text{ [KS]};$$

gde je $P$ — zatezna sila [kg], koju pokazuje vaga sa oprugom, $r$ — poluprečnik diska [m], uvećan za polovinu debljine užeta, $Q$ — težina obešenog tela [kg].



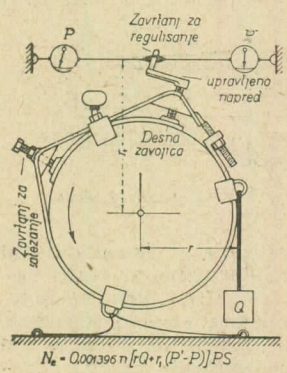
Sl. 9
Kočnica sa užetom

Ručno regulisanje zatezne sile u traki, potrebno kad se promeni trenje, otpada, ako se primene dinamometri sa automatskim zatezanjem i otpuštanjem trake (dinamometar sa trakom, sl. 10).

[1]) Vidi i tablicu u Dodatku str. 1481.

**Hidraulične kočnice** za veliki broj obrtaja: Kružni diskovi, nasađeni neposredno na pogonsko vratilo, rotiraju u kućici koja je — u zavisnosti od opterećenja — delimično ispunjena vodom. Usled obrtanja kružnih diskova voda teži da obrne kućicu u smeru obrtanja. Obimna sila se meri na poluzi na isti način kao i kod kočnice sa papučama, tegom ili vagom.

F r o u d e-ova h i d r a u l i č n a k o č n i c a služi za merenje snage pri manjem broju obrtaja. Usled koritastih udubljenja u diskovima je otpor pri obrtanju (proizvedeni moment obrtanja) veći nego kod glatkih diskova (K r u p p Germania-Werft). J u n k e r s-ova h i d r a u l i č n a k o č n i c a: na rotoru i statoru se nalaze redovi klinova koji pri obrtanju prolaze jedan pored drugih. Umetanjem ili vađenjem ovih klinova omogućeno je relativno tačno merenje obrtnog momenta. Za merenje obrtnog momenta pri velikom broju obrtaja primenjuje se v a z d u š n a k o č n i c a s a k r i l i m a, dakle, za ispitivanje automobilskih i avionskih motora. Elise hlade istovremeno motor. Međutim, obična krila sa ravnim površinama, najčešće promenljivog hoda, ne hlade motor. Krila treba baždariti. Baždarenje zavisi od gustine vazduha i načina ugrađivanja krila.




Sl. 10
B r a u e r-ova kočnica sa automatskim regulisanjem

**2. Dinamometri za uključivanje.** — Ovim se uređajima obrtni moment ne poništava već samo propušta. F ö t t i n g e r- ili D V L[1])-t o r z i o n i m d i n a m o m e t r i m a meri se ugao torzije za koji se okrenu jedan prema drugom dva poprečna preseka vratila na određenom otstojanju — dužina merenja. Pomeranje (dužina luka) izazvano torzijom se registruje. Obrtni moment treba izračunati iz obrasca

$$M_d = [\psi G \pi (d^4 - d_1^4)]/32\, l \text{ [kgcm]}.$$

gde je $\psi$ — ugao torzije (u lučnoj meri) za dužinu merenja [cm]
$d$ i $d_1$ [cm] — spoljni i unutrašnji prečnik vratila,
$G$ — modul klizanja (za čelik koji se upotrebljava za gradnju brodskih vratila je $G = 829\,000$ kg/cm$^2$).

V i e w e g-t o r z i o n i d i n a m o m e t a r (Bamag) za ispitivanje mašina radilica. Princip: optički se osmatra uvijanje zamenljivih mernih štapova. Uređaj za merenje velikih brzina ima štitnik. Područje merenja: 10, 50, 250 kgm.

Drugi dinamometri ovog tipa (d i n a m o m e t r i F i s c h i n g e r-a i R a t e a u-a), za merenje utrošene snage mašina radilica, ređe se upotrebljavaju jer se merenje može izvršiti postupcima pod 3 i 4.

**3. Postupak reakcionog pritiska.** Korisnom aktivnom obrtnom momentu mašine odgovara reaktivni moment jednake veličine, kojim kućica mašine dejstvuje na postolje. Dakle, umesto da se kočenjem odredi korisni obrtni moment — može se odrediti reaktivni moment. Kućicu treba osloniti na dve vage ili obesiti tako da može oscilovati. Snaga se izračunava iz momenta na isti način

[1]) Z V D I 81 (1937), str. 353.

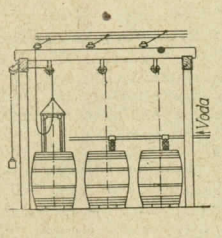
kao što se to radi kad se primeni kočenje. Kako se snaga pri ovom postupku merenja ne poništava, to se on može koristiti umesto postupaka za merenje snage pomoću dinamometra za uključivanje.

**Primer:** Merenje potrošnje snage neke centrifugalne pumpe. Pogonski elektrometar treba obesiti tako da može oscilovati, pa odrediti reaktivni moment. Kod DVL-uređaja za ispitivanje aeroplanskih motora, motor se opterećuje pomoću elise, ali se snaga meri pomoću reaktivnog momenta.

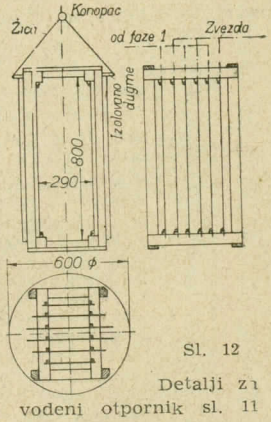
Pri tačnijim merenjima treba imati u vidu da vrednosti reaktivnog momenta i obrtnog momenta na vratilu nisu jednake, zbog izvesnih gubitaka, na pr., usled trenja u ležištima i otpora vazduha, što zavisi od uređaja[1]). O zaštiti vidi pod 2.

**4. Merenje snage električnim putem.** Snaga neke mašine može često puta da se meri pomoću dinamo-mašine koju ona pokreće a čiji je stepen korisnosti poznat. Isti postupak se može primeniti i za određivanje potrebne snage za pogon neke mašine radilice. Traženu snagu treba odrediti pomoću datog elektromotora čija se snaga može električkim putem lako izmeriti.

U prvom slučaju, ako je to potrebno, treba proizvedenu energiju uništiti u vodenim otpornicima. Otstojanje ploča vodenog otpornika zavisi od napona; iskorišćena površina ploča (jednostrano ili obostrano iskorišćenje, prema konstrukciji) zavisi od jačine struje. Snaga se reguliše dubinom potapanja ploča u vodu, u koju se dodaje soda, kuhinjska so ili sona kiselina.




Sl. 11
Vodeni otpornik




Sl. 12
Detalji za vodeni otpornik sl. 11

Vodeni otpornik (v. i II knj. od.: Elektrotoplota) (sl. 11 i 12) izrađen od čeličnog lima debljine 1 mm, ugrađen u tri bureta, pokazao se je veoma podesan pri dugotrajnom pogonu sa 220 V između faza a za 240 kW (oko 800 A u svakoj fazi); pri aktivnoj površini od 2 × 1,6 m² iznosila je gustina struje 40 cm²/A. Da voda ne bi provrila treba je menjati, 1 m³/h po buretu. Kod jednosmerne struje od 500 V dovoljna je, obično, čista voda bez dodavanja soli ili sode; kod viših napona — naizmenična struja od oko 3000 V — može se upotrebljavati uvek čista voda. Voditi računa o tome da je voda što otiče naelektrisana. Ako specifični otpor vode iznosi 2000 Ω/cm³ uzima se otstojanje za elektrode oko 8 cm za svakih 1000 V. Za vreme rada voditi računa da se u vodenom otporniku ne stvaraju gasni mehuri. Pri jakom obrazovanju mehurova opterećenje postaje prekidno a elektrode se mogu zagrejati do tačke topljenja. Pri ispitivanju vodnih turbina za veće snage mogu se satima upotrebljavati drvetom povezani čelični limovi — debljine 0,5 do 1 mm, ako su tako smešteni u kanal za doniu vodu da su stalno pod vodom (zbog uzgona treba ih opteretiti). Kod naizmenične struje 3000 V, 500 kW dovoljno je uzeti gustinu struje od 1 A na 5 do 10 cm², odnosno tri

[1]) ZVDI 79 (1935), str. 468; Forschung 5 (1934), str. 196; ZVDI 81 (1937), sv. 41.

ploče po 30 × 30 cm² na otstojanju 10 do 15 cm. Za poništavanje manjih električnih snaga mogu se upotrebiti kao otpornici električne lampe ili namotaji žica.

Stepen korisnosti, odnosno gubitka električne mašine treba uzimati iz podataka firme koja proizvodi mašinu ili odrediti posebnim ogledom. Stepeni korisnosti sadrže gubitke koji se javljaju u potrebnim otpornicima uključivanja, ili gubitke otpora polja.

**5. Indikator** se upotrebljava za određivanje indicirane snage klipnih mašina (kako mašina koje proizvode snagu tako i mašina koje je troše). Indikator se sastoji iz ovih delova: cilinder sa klipom, opterećen oprugom — podešenom da se prema potrebi može menjati — koja dejstvuje na polugu sa pisaljkom, valjak za papir sa povratnom oprugom, pokreće ga ukrsna glava preko reduktora hoda; redukovanje hoda mora da bude proporcionalno. Usled istezanja kanapa bolje je kanapom prenositi puni nego redukovani hod. Ordinata u registrovanom dijagramu prikazuje pritisak cilindera (silu na klipu) a apscisa zapreminu hoda (put klipa). Rad izvršen za vreme jednog hoda dobiva se planimetrisanjem površine dijagrama. Snagu $N_i$ treba izračunati iz obrasca

$$N_i = F_w \, s \, n_w \, p_i / (60 \cdot 75) = C \, n_w \, p_i \text{ [KS]}.$$

**Oznake:**

$F_w$ — korisna površina klipa (poprečni presek cilindra umanjen za površinu klipnjače itd.) [cm²],

$s$ — hod klipa [m],

$w$ — broj aktivnih hodova u minuti,
= dvostrukom broju obrtaja kod mašina sa obostranim dejstvom na klip. $F_w$ je onda jednako aritmetičkoj sredini korisnih površina prednje i zadnje strane klipa),
= broju obrtaja kod mašina sa jednostranim dejstvom na klip, a kod mašina sa obostranim dejstvom na klip, kad se koristi samo jedna strana,
= polovini broja obrtaja kod četvorotaktnih mašina,

$p$ — srednji indicirani pritisak [kg/cm²];
= površini dijagrama: dužina dijagrama × karakteristika opruge. Kod četverotaktnih mašina izgubljenu površinu treba odrediti odvojeno, pomoću mekše opruge, pa nađenu vrednost odbiti od $p_i$ iz velikog dijagrama, ostatak je krajnji rezultat. Ako su dijagrami nejednakih površina onda iz pet dijagrama treba odrediti srednji $p_i$; slučaj kod Otto-motora.

$C$ — konstanta cilindera (može se odnositi na $n$ umesto na $n_w$

**Opruga indikatora** postavljena je ili sa spoljne (hladne) ili sa unutrašnje strane (dakle, kod toplotnih mašina, tople strane). Na svakoj opruzi označen je odnosni maksimalni pritisak i karakteristika (pomeranje pisaljke indikatora u mm pri porastu pritiska za 1 kg/cm²). Na pr., na opruzi za maksimalno opterećenje od 10 kg: 1 kg = 6 mm; na opruzi za maksimalno opterećenje od 2 kg: 1 kg = 25 mm. Kako opruge mogu menjati elastičnost to vrednost karakteristike treba proveriti baždarenjem.

VDI-propisi za ispitivanje indikatora:

1. Pre ispitivanja indikatorske opruge ispitati opšte stanje indikatora (naročito trenje između klipa i cilindera, zaptivanje i mrtav hod uređaja za pisanje).
2. Indikatorsku oprugu ispitati pomoću tegova.
3. Opruge ispitati u sklopu sa pisaljkom.

4. Opruge koje su pri upotrebi indikatora izložene višim temperaturama ispitati u hladnom i toplom stanju, i to na $\approx 20°$ C (sobna temperatura) i 100° C.

5. Indikatorske opruge ispitivati teretom koji se menja u stupnjevima, i to u pet stupnjeva iznad i najmanje tri stupnja ispod atmosferske linije. Uverenje o izvršenom ispitivanju treba da sadrži sve pojedinačne brojne vrednosti dobivene ispitivanjem.

6. Prečnik klipa indikatora izmeriti na sobnoj temperaturi.

$p_i$ se izračunava iz indikatorskog dijagrama pomoću planimetra. Ako je opruga nejednolika, onda dijagram treba izdeliti u horizontalne pojaseve, pa odnosne površine planimetrisati pojedinačno. Ponekad se na ovaj način iz nekoliko dijagrama može naći prosečna vrednost razmere, da bi se veliki broj dijagrama sličnog oblika mogao planimetrisati bez prethodne deobe dijagrama. Najbolje je kad se koriste samo dobre opruge.

**Indikatori posebne gradnje.** Indikatori sa dobošem, koji se jednoliko obrće, ili sa papirnom trakom, koja se jednoliko odvija umesto indikatora sa dobošem koji osciluje, daju dijagrame vremena - krivajin put (umesto dijagrama vreme - put klipa). Svrha: Dijagrami ove vrste jasno pokazuju procese u blizini povratne tačke. U iste svrhe snimaju se pomereni dijagrami (doboš se pokreće pomoću krivaje koja je okrenuta za 90°). Dijagram puta klipa snima se besprekidno na dobošu posebne gradnje. Na kraju svaka dva hoda ovaj doboš pomera papirnu traku za malu dužinu unapred i tako razdvaja dijagrame. Postoje i indikatori sa zamenljivim cilinderom i klipom čija je površina za $^1/_2$, $^1/_5$ ili 4 puta veća od normalne (3,14 cm² pri prečniku 2 cm); karakteristika opruge celishodno je promenjena. Ovi indikatori podešeni su za snimanje visokih pritisaka (Diesel-motora) ili naročito malih pritisaka (ventilatori i vakuum pumpe)

**Indiciranje pri velikom broju obrtaja**[1]) vrši se: 1) Umanjivanjem dijagrama po dužini i visini, indikatorima malih sopstvenih masa, prema potrebi do $n = 2500$ obr/min. Superponirane oscilacije treba korigovati dvostrukim diferencijalenjem (Harbouscher-ov derivator sa prizmom, Askania-Werke) snimljenog dijagrama[2]). Ako navedeni postupci ne daju zadovoljavajuće rezultate onda treba: 2) snimiti pojedine proizvoljno uzete tačke dijagrama pomoću a) slavina[3]) ili pomoću b) regulacionog ventila, koji se opterećuje rastućim protivpritiskom sabijenog vazduha. Registrovanje u dijagram vrši se pomoću snimanja na fotografski papir[4]). Time se smanjuje, skoro poništava dejstvo masa. 3) Veoma malim dijagramima, izgrebenim pomoću dijamanta na staklu ili filmu. Debljina grebotina iznosi 2 do 0,5 μ. Dužine na ovim dijagramima treba meriti pomoću mikroskopa[5]). 4) Pomoću mernog tela od ugljena. Promena njegovog otpora dejstvuje električno na mostovnu sklopku, ili 5) Pomoću kvarca koji se usled pritiska naelektriše. Kod metode pod 4 i 5 prikazan je brzi tok pomoću trakastog ili katodnog oscilografa u dijagramu vremena, ili se snima fotografski[6]). Braun-ove cevi specijalne gradnje (sa dva para skretnih pločica; na jednu utiče put klipa) daju dijagram puta klipa.

---

[1]) Meurer: Indikatoren für schnellaufende Verbrennungsmotoren, ZVDI 80 (1937), str. 1447, tamo se nalaze podaci za literaturu. — Kallhardt: Indizieren schnellaufender Verbrennungsmotoren, Mitt. Forschungsarbeit VDI, H. 376 (1936).

[2]) Fliegner, Schweiz. Bauztg. 18 (1891), str. 27; — Borth, Mitt. Forschungsarb. VDI H. 55.

[3]) Juhasz, ZVDI 68 (1924), str. 477.

[4]) Glimmlampen - Indikatorder DVL, Scheuermeyer, Jahrb. DVL 1937, str. 464 — Gasterstädt, ZVDI 69 (1925), str. 1371.

[5]) Luftfahrtforschung 14 (1937), str. 373.

[6]) v. Borries: Der Kathodenstrahl-Oszillograph, ZVDI 80 (1936), str. 1135.

**Indiciranje određenih mašina.** Kod parnih mašina sa više cilindera (sa dva cilindera, šest cilindera i Compound-mašine) treba za svaki cilinder posebno izračunati snagu i nađene rezultate sabrati. Kod mašina sa unutrašnjim sagorevanjem glavni dijagram treba snimiti pomoću jake opruge ili pomoću malog klipa, a izgubljenu površinu pomoću slabe opruge. Razlika indiciranih pritisaka daje stvarni indicirani pritisak. Kod Otto-motora, zbog nejednakosti dijagrama, treba izračunati srednju vrednost iz više dijagrama. Kod pumpi se javljaju jake vibracije vodenih masa naročito u cevi za vezu indikatora, ova treba da je zato široka i kratka. Kod višestupnih klipnih pumpi treba indicirati i kompresioni prostor, jer dijagram kompresionog prostora (u obliku položene osmice) često ima nejednake plus i minus površine, prema tome, stvarni pritisak zavisi od razlike površina. Iz njega se može izračunati snaga koja proizvodi pritisak na razlici površina. Ovu snagu treba dodati ili odbiti od snage glavnog klipa.

Brojači rada su indikatori sa stalnim automatskim planimetrisanjem opisanog dijagrama. Cifrenik pokazuje ukupni indicirani rad. Zbog dejstva masa podesan za merenje pri srednjem broju obrtaja.

---

# V. Vibracije. Dejstva poremećajnih sila na građevinske delove[1])

Periodična kretanja pojedinih građevinskih delova (vibracije) ili izvanredna (potresi), kao i sile koje one prouzrokuju u ovim delovima određuju se iz promene položaja u odnosu na neku nepokretnu tačku. Kako se takva tačka obično ne može naznačiti, to se posmatra ponašanje inertne mase pri kretanju.

Granični slučajevi:

a) masa, meko poduprta, ostaje u prostoru u stanju mirovanja, relativna kretnja, pomerena za 180°, su kretanja dela građevine koji se ispituje (vibrometri, seizmometri);

b) masa, tvrdo poduprta, sleduje kretanju. Sile (ubrzavajuće) koje prenosi opruga omogućuju da se odredi kretanje (akcelerometri).

Umesto iz ubrzanja mogu se:

c) iz deformacije odnosnog dela građevine odrediti sile koje na njega dejstvuju (tenzometri).

Poslednjih deset godina znatno je usavršena odnosna tehnika merenja. O njoj se ovde mogu dati samo podaci o literaturi.

a) Vibrometri[2]) imaju manju frekvenciju sopstvenih oscilacija od najveće frekvencije oscilacija koje pomoću njih treba meriti — razlika iznosi najviše jednu trećinu. Seizmometri imaju veliku, vibrometri, malu osetljivost. Vibrometrima se mogu meriti frekvencije kako kružnih tako i translatorskih kretanja.

---

[1]) Geiger: Mechanische Schwingungen. Berlin, 1937. Springer. — Steuding: Messung mechanischer Schwingungen, Berlin, 1928, VDI-Verlag. — Koch u. Boedecker: Schwingungen im Bauwesen bei Fahrzeugen und Maschinen: sa oko 500 podataka o literaturi, Berlin 1936. VDI-Verlag. — Koch u. Zeller: Schwingmessverfahren und ihre Anwendung in der Praxis, ZVDI 80, (1936), str. 1440.

[2]) Literatura o vibrometrima i akcelerometrima data je u knjizi Koch-a i Zeller-a, loc cit.

Jednostavniji instrumenti pokazuju samo veličine amplituda, tako da senka kazaljke, koja osciluje, pokriva određeni deo podele na skali, ili se amplitude prenose pomoću kalema, koji ih integrali i pokazuje na električnom cifreniku. Bolji instrumenti grebu filmsku traku ili staklenu ploču.

b) Akcelerometri[1]) imaju bar tri puta veću frekvenciju sopstvenih oscilacija od najveće frekvencije oscilacija koje pomoću njih treba meriti. Masa je oslonjena na isti način kao kod indikatora sa velikom sopstvenom frekvencijom. Ona leži između dva reda piezo-kvarca ili između dva reda ugljenih otpornika, koji povezani deferencijalnom mostovnom sklopkom dejstvuju na skretnu pločicu katodnog oscilografa.

U specijalnim slučajevima (automobili) preporučuje se instrument sa sopstvenom frekvencijom srednje brojne vrednosti[2]).

c) Tenzometri. Kod tenzometara za merenje sporih deformacija prenos je mehanički uz veliko povećanje, kod onih za merenje brzih deformacija prenos je električni na oscilograf sa trakom ili katodni oscilograf. Poželjno je da se merenje vrši na samoj površini (ustvari na srednjoj liniji). Merenja koja se vrše na mestima koja ne padaju u srednju liniju biće netačna ako je deo izložen i savijanju.

**Specijalni zadaci:** 1. Za ispitivanje lokalnih, jako promenljivih napona, na pr., kod žljebova kretača, zakovanih veza čeličnih konstrukcija, treba uzimati sasvim male merne dužine (10 mm i manje) a veliko povećanje ostvariti mehanički. Kod Huggenberger-ova tenzometra to povećanje iznosi do 2000[3]) puta. Kod Berg-ova tenzometra ono iznosi do 7000[4]) puta i ostvareno je optički. Kod Lehr-ova vanredno preciznog tenzometra merna dužina iznosi 2 ili 1 mm, povećanje je najpre mehaničko, 50 puta, zatim električno, foto-ćelija, tako da se na galvanometru izduženje povećava $10^5$ do $10^6$ puta[5]). Pre no što se priđe ispitivanju treba naći mesta najvećeg izduženja i pripremiti ih premazom kopallaka, koji treba da 100° C pažljivo osušiti i zatim pažljivo ohladiti (Primena Lehr-ova tenzometra pri ispitivanju Röntgen-zracima, v. niže).

2. Za merenje na pokretnim delovima (klipnjača u pogonu) ili na prečac opterećenih elemenata (mostovi pri prelazu voza, ramenjače aviona) treba instrument, podesno građen kao predajnik, postaviti sa spoljne strane elementa i njegove podatke preneti električnim putem na oscilograf. Kod Lehr-ova tenzometra istezanje utiče na položaj kotve ispred magneta; magnet za upoređivanje ima nepokretnu kotvu, sklopka je diferencijalna, struja visokofrekventna od 10 000 Hz, uređaj ima pored toga umerač struje i oscilograf. Konture frekventnih talasanja nosača daju izduženje. Osnovna dužina merenja iznosi 20 do 50 mm[6]).

3. Za utvrđivanje pojava puženja usled preopterećenja ili usled sleganja temelja treba ponovna merenja izvršiti posle dužeg vremenog razmaka. Instrument, tzv. merač sleganja, može se skinuti i ponova namestiti tačno u prvobitni položaj. Radi toga su na odnosnom mestu ugrađeni naročiti reperi. Instrument se može kontrolisati pomoću normalnog komparatora. Kao reperi služe udubljeni konusi sa uglom pri vrhu od 60° (konusne nožice instrumenata imaju pri vrhu ugao od 30°) ili lopte prečnika 1 do 2 mm zabijene u izbušene rupe. Huggenberger-ov i Pfender-Siebel-ov (Mahr, Esslingen) tenzometar za merenje sleganja.

---

[1]) Vidi napomenu [2]) na str. 1324.
[2]) Wass, ZVDI 79 (1935), str. 199. — [3]) ZVDI 76 (1932), str. 417. — [4]) ZVDI 81 (1937), str. 295. — [5]) Forschung (1937), sv. 2 str. 66 — [6]) ZVDI 82 (1938), str. 541.

4. Umesto izduženja može se sličnim instrumentima meriti: ugao klizanja kod delova koji su izloženi torziji, nagib delova prema horizontali. Na sličan način se mere i deformacije usled savijanja kotlovskih zidova i brodskih obloga: prvim ogledom meri se izduženje gornje površine zida, drugim ogledom, pomeranje dva meko zalemljena šiljka Poređenje (grafički) daje dijagram izduženja i neutralni sloj.

Dalju literaturu o tenzometrima v. pod [1]).

Postupci: indiciranje pri velikom broju obrtaja, merenje oscilacija i izduženja, u mnogome su metodski slični, zato treba pregledati odnosnu literaturu i literaturu o postupcima za merenje pritiska u cevima pušaka i topova. Na osnovi tih postupaka razrađeni su mnogi postupci koji se danas primenjuju u inženjerstvu. Stručnu literaturu o uređajima za sve pomenute ciljeve v. Freise, ZVDI 82 (1938), str. 457, gde je data dalja literatura; o električnom pojačavanju i ostalim elektroaparatima v. Kohlrausch: Praktische Physik, 17 izd. Leipzig (1935) i Archiv f. techn. Messen 6 (1937); vidi str. 1299. O oscilografima sa elektronskim zrakom v. Borries, ZVDI 80 (1936), str. 1135; o automatskom isključivanju pri neočekivanim pojavama v. ETZ 59 (1938), str. 389.

5. Merenje jačine zvuka v. str. 285.

# VI. Merenje toplote

## A. Merenje temperature

Zakonska skala za merenje temperature je termodinamička skala ostvarena od —193 do 630,5° (tačka topljenja antimona) termometrom sa platinskim otpornikom, a od 630,5 do 1063° (tačka topljenja zlata) Le Chatelier-pirometrom; iznad ovih vrednosti zakonima zračenja (Reichs-Min. Bl. 17. X. 24). U pojedinim područjima je skala određena empirički i tačkama ključanja i topljenja. Reperi (definisane stalne tačke) su 0° — tačka topljenja leda, 100° — tačka ključanja vode pri normalnim uslovima.

**Temperatura se meri** u stepenima [°]. Ranije se to označavalo sa °C, definisanim kako je to gore pomenuto, ili u apsolutnim stepenima [° abs]. Ovi se ponekad zovu Kelvin-ovi stepeni [° K], a definisani su obrascem $T^0\,K = t^0 + 273$. Stepeni su u oba slučaja jednaki, ali je nulta tačka različita; podatak bez dodatka odnosi se na Celsius-ovu skalu (str. 606).

Za **normalnu temperaturu** uzima se obično temperatura od + 20°, ona je u poslednje vreme usvojena i u Velikoj Britaniji za normalnu temperaturu [68° F]. Međutim, za definiciju metra, oma, normalnog barometarskog stanja 760 mm Hg, fizičke atmosfere, normalnog stanja gasova (0° 760 mm Hg) ostaje i nadalje temperatura 0° kao normalna temperatura, a za definiciju litra i za poređenje gustina (str. 959) uzima se temperatura od + 4°.

[1]) Bernhard: Messung an Brückenstäben. — Odnosni uređaj: dva paketa od ugljena, pokretni šiljak merne dužine pritiskuje jedan paket a rasterećuje drugi; mostovna sklopka; oscilograf; sopstvena frekvencija uređaja 4000 Hz. — Bautechn. 6 (1928), Beilage Stahlbau, str. 145 — Lehr: Spannungsverteilung in Konstruktionselementen, Berlin, 1934, VDI-Verlag. — Lehr: Messung der ... in Konstruktionsteilen entstehenden Spannungen, Röntgentechnik, Bd. VI, Berlin 1938, Springer.

Pomoću običnog bezvazdušnog termometra sa živom mogu se meriti temperature do 250° i 280°; za više temperature treba kapilarnu cevčicu iznad živine površine napuniti sabijenim azotom ili ugljenom kiselinom, jer se onda mogu meriti temperature do 625° — granica do koje su baždareni PTR stakleni termometri. Ako je kapilarna cevčica od kvarc stakla, onda se mogu meriti temperature do 800°. Donja granica upotrebljivosti živinog termometra leži približno oko —30°.

Ako živin stub termometra nema na celoj dužini temperaturu merenja, pročitano stanje $t$ treba popraviti za $\Delta t = f(t - t_f)/6300$ (korektura živinog stuba), gde je $f$ dužina živinog stuba iznad suda (merena u stepenima), $t_f$ treba izmeriti pomoćnim termometrom koji je obešen pored glavnog tako, da je njegova loptica na polovini visine živinog stuba glavnog termometra ili Mahlke-ovim termometrom. Veće korekture živinog stuba utiču primetno na stepen tačnosti merenja. Dugi termometri na štapu, na pr., za merenje temperature dimnih gasova baždare se, ako je to potrebno, tako, da se pokazivanje živinog stuba prenosi napolje, što ne smanjuje nesigurnost. Izduženje termometarskog stakla v. str. 610.

Cevčice termometra za merenje temperature ispod —30° pune se alkoholom, toluolom, pentanom ili petroleum-eterom.

**Platinski termometri** (električni termometri sa otporom). Grade se na principu: povećanje otpora provodnika (platinska žica) srazmerno je povećanju temperature. Sastavni delovi: proizvoljan broj termometara, uključivač, milivoltmetar za pokazivanje, akumulator ili suva baterija; Wheatston-ov most, obično mostovni četvorougaonik sa tri nepromenljive grane, u četvrtoj se nalazi termometar sa otporom; u most je uključen osetljivi galvanometar. Za merenje razlike temperature treba postaviti po jedan termometar u susedne grane četvorougaonika. Gornja granica merenja, pri podesnoj dispoziciji, leži oko 1000°, donja granica je neograničena. Da bi se sprečile greške pri zagrevanju treba jačina struje da bude mala. Baždarenje ovih termometara vrši se prema normalnom termometru; korektura živinog stuba otpada. Uređaj ima Bruger-uključivač — instrument sa obrtnim ukrštenim namotajem — kojim se upoređuju otpori u oba ukrštena namotaja; zato je pokazivanje nezavisno od napona pogonskog izvora struje. Ovi uređaji se grade sa posebnim uključivačima.

**Termoelementom** se meri temperatura naponom termostruje. On se sastoji od dve žice od različitih metala, koje su meko zalemljene na jednom kraju. Zalemljeni krajevi stave se na mesto merenja temperature, a slobodni krajevi žica izvuku se izvan mesta merenja i održavaju na nepromenjenoj temperaturi. Napon se meri galvanometrom ili kompenzacijom. Termoelementi se baždare prema normalnom termometru ili pomoću poznatih stalnih tačaka. Za merenje temperatura nižih od 500° upotrebljavaju se termoelementi od žica bakar-konstantan ili gvožđe-konstantan

(40% Ni, 60% Cu). Za temperature od 500° do 1600° upotrebljavaju se Le Chatelier-termoelementi od platine sa 10% rodijuma (v. str. 1076 i 1329).

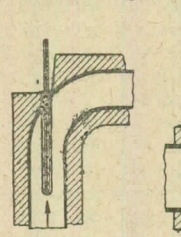
Preimućstvo nad termometrom sa otporom: nije potrebna baterija; nedostatak: potreban je jako osetljiv galvanometar. Termometri sa otporom integrale tok temperature na celoj dužini merne žice, termoelementi mere temperature u jednoj tački, zalemljenoj tački, koja mora imati temperaturu merenja. O sprečavanju odvođenja struje v. niže. Ostala mesta u kojima su spojeni različiti metali ne smeju davati znatnije elektromotorne sile (gde opet treba sprečiti odvođenje). 0° treba odrediti pomoću leda u termosflaši.

Na kajevima niže navedenih parova metalnih žica javljaju se pri razlici u temperaturi od 100° elektromotorne snage približno ovih veličina:

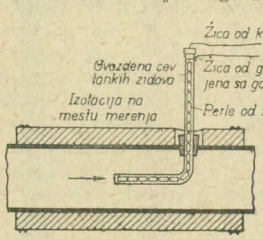
gvožđe — konstantan 4,9 do 5,4 mV,
bakar — konstantan 4,1 mV,
gvožđe — nikl 3,0 do 3,5 m V,
bakar — nikl 2,3 mV,
gvožđe — platina 1,4 do 1,9 mV,
platina — platina sa 10% rodijuma 1,0 mV.

**Baždarenje termometra.** Termometar koji se baždari potopi se celom dužinom živog stuba u vodu ili ulje, koje treba stalno mešati, a upoređuje se sa termometrom koji je baždarila PTR. Najjednostavniji uređaj za baždarenje je cev sa dvostrukim zidom priključena za vod zasićene pare, postavljena vertikalno radi otičanja kondenzata. Termometar koji se stavi u cev baždari se prema pritisku pare.

**Ugrađivanje termometra**[1]). Veoma je važan način ugrađivanja mesta na kojem se meri temperatura (kuglica termometra sa živom, zalemljeno mesto, žice otpornika) tako da primi temperaturu koju treba izmeriti. Provodnost i zračenje, dovođenje i odvođenje toplote štetno utiču na rezultat merenja temperature. Postavljanjem mesta za merenje temperature na što veću udaljenost od delova koji mogu da dovode toplotu smanjuje se štetno dejstvo provodnosti. Zato treba termometar uvući duboko u naročito postavljenu cev (ili drugi omotač) čije su spoljne površine male ili zaštićene, pa sprečavaju gubitak toplote. Zračenje se smanjuje ako su mesta merenj i njihova bliža okolina i sami na temperaturi merenja, cev treba zato omotati sredstvom za toplotno izolovanje, a termometar zaštiti zaštitnikom zračenja tj., limom (obično cilindričnog oblika). Primeri za pravilno ugra-



Sl. 13. Način ugrađivanja živinog termometra u jedan cevni vod. Zidove voda treba izolovati, a cev za termometar uvući duboko u vod, po mogućstvu suprotno smeru strujanja u vodu.




Sl. 14. Način ugrađivanja termoelementa u cevni vod. Mesto treba izolovati, a termometar uvući dovoljnom dužinom u sredinu čiju temperaturu treba izmeriti, radi sprečavanja odvođenja toplote.

[1]) Knoblauch u. Hencky: Anleitung zu genauen technischen Temperaturmessungen, 2. izd., München i Berlin 1926, Oldenbourg. — VDI; Regeln für Temperaturmessungen (VDI-Temperatur-Messregeln), Berlin 1936, VDI-Verlag, 2 izd. u pripremi. — Tewes, Arch. Wärme 19 (1938) str. 189. — Closterhalfen. Z. Forschung, u štampi.

divanje termometra v. sl. 13. i 14. Pri merenju temperature u dimnom kanalu postrojenja dobivaju se netačni rezultati i onda ako termometar prolazi kroz nezaptiven otvor u zidu, jer vazdušna struja usled usisnog dejstva kanala prolazeći pored termometra utiče na temperaturu merenja (kod zida sa vazdušnom izolacijom treba zaptivanje otvora izvršiti sa unutrašnje strane). Termometar postavljen u vazduh koji miruje pokazuje stvarnu toplotu okolne sredine posle dužeg vremena, zbog malog kapaciteta toplote i loše toplotne provodnosti vazduha. Iz istih razloga povećani su uticaji zračenja i provodnosti. Vazduh u pokretu dejstvuje povoljnije (aspiracioni termometri).

**Instrumenti za merenje u pogonu.** Pored gore opisanih instrumenata upotrebljavaju se i sledeći: 1. živin termometar sa oprugom (širenje tečne žive, merenje pritiska). 2. Termometar za merenje pritiska pare (thalpotasimetar) (ključanje tečnosti, merenje pritiska). Oba instrumenta imaju isti oblik, grade se i sa pokazivanjem na daljinu sa kapilarnom cevi. 3. Metalni termometar (različita izduženja) u obliku štapa, sa kućicom sa skalom kao kod manometra. Prenos u daljinu može biti i električni.

Površinska temperatura, meri se ili posebnim uređajima — trebalo bi da postavljanjem ne povećavaju ni odvođenje toplote sa površine, ni zračenje[1]) ili fotografski pomoću infracrvenog zračenja[2]). Temperaturska polja mogu se meriti pomoću bojenih premaza[3]) čija boja zavisi od temperature. Temperature gasova mere se pomoću usisnih pirometara[4]).

**Merenje visokih temperatura.** Pomoću Le Chatelier-pirometra (termoelement platina prema platini sa 10% rodijuma) mogu se meriti temperature do 1600°. Pirometar za merenje zračenjem je optički pirometar. Pomoću njega se okom upoređuje stepen usijanosti posmatranog predmeta sa jednom normalnom usijanošću [vlakna električne sijalice, površine osvetljene vlaknom sijalice ili usijanog komparativnog vlakna kod pirometra sa ukrštenim vlaknima (S & H)]. Poželjno je da se predmet čija se temperatura meri neposredno posmatra. Tačnost merenja od 500° do 1500° iznosi oko ± 10°, preko 1500° ± 15°. Preimućstvo: u peći sa visokim temperaturama instrument nema delova koji bi se mogli razbiti. Nedostatak: subjektivno posmatranje. Ovaj nedostatak nema ardometar (S & H). — objektivni pirometar za merenje zračenja, kojim se zračenje meri pomoću termoelementa. Ardometar se može primeniti za merenje temperatura i ispod temperature zračenja, mada je tada neosetljiviji. Isto važi i za »Pyro uređaj«. Pyrowerk Hannover. Kako se kod pomenutih uređaja ne zaklanja jedan deo zračenja, tj. koristi se celokupno zračenje umesto jednog dela talasne dužine, to rezultati merenja zavise od »crnine« tela koje zrači. Dakle: jednaku temperaturu oni pokazuju na sjajnoj platini kao nižu a na ugljenu kao višu. Ova činjenica često nije bitna pri upoređivanju tem-

[1]) Wamsler, Mitt. Forschungsarb. VDI H. 98 i 99. — [2]) Hencky u. Neubert, ZVDI 75 (1931), No. 30. — [3]) Penzig, ZVDI 83 (1939), str. 69 — [4]) Friedrich, Mit. Forschungsanst. Gutehoffnungshütte Juli 1931, str. 140.

peratura. Ako gasovi zrače jako selektivno to bi ovim instrumentima načelno trebalo meriti temperature samo čvrstih i tečnih tela koja se nalaze u plamenu i imaju temperaturu plamena (izbeći reflektorno zračenje).

**Tablica 1**
**Tačke topljenja Seger-piramida**

| Broj | Temperatura |
|---|---|
| 22 | 600 |
| 16 | 750 |
| 01a | 1080 |
| 1a | 1100 |
| 10 | 1300 |
| 15 | 1435 |
| 20 | 1530 |
| 26*) | 1580 |
| 30 | 1670 |
| 35 | 1770 |
| 39 | 1880 |
| 42 | oko 2000 |

*) Keramički produkti koji se tope iznad SP 20 obeležavaju se kao »vatrostalni«.

**Seger-piramide**, izrađuju se u 59 različitih brojeva za različite temperature a od smesa silikata. Visina piramida iznosi 6 cm. One su se pokazale kao podesne za merenje temperature od 600° do 2000° u keramičkoj industriji i raznim pećima[1]). Seger-piramide daju samo jednu — krajnju temperaturu, koja se smatra da je dostignuta u trenutku kada je piramida tako omekšala da se savila i vrhom dodirnula podlogu na kojoj stoji. Međutim, i vreme znatno utiče da vrh dodirne podlogu, kao što i dobro pečenje vatrostalnog materijala zavisi od trajanja pečenja.

## B. Merenje količine toplote

Zakonska jedinica za količinu toplote je 1 kcal = 1000 cal (v. str. 242); 1 cal zagreva 1 g vode od 14,5 na 15,5°; 860 kcal = 1 kWh prema Reichsgesetz-u od 7. VIII. 24)[2]). Meri se količina toplote koja se ili oslobađa ili ostaje vezana: 1) pri prelaženju toplote sa jednog tela (nosača toplote) na drugo, $\alpha$) usled promene temperature od $t_1$ na $t_2$, $\beta$) usled promene agregatnog stanja. 2) pri hemiskim ili fizičkohemiskim pojavama, naročito pri sagorevanju. 3) pri električnim pojavama.

Kako je baš kod toplote uticaj akumulacije osetan, to je potrebno da se pri svim ogledima kod kojih su toplotni uticaji od odlučujućeg značaja obrati pažnja na pojave akumulacije toplote.

Treba razlikovati: **1.** Oglede u stacionarnom stanju — aparaturi koja se posmatra, odvodi se toliko energije koliko joj se i dovodi, tako da se mera jedne količine može smatrati i merom druge; otstupanje sadržine energije na kraju ogleda od sadržine na početku treba uzeti u obzir korekturom. **2.** Oglede pri dovođenju i odvođenju toplote — na odnosnoj aparaturi posmatra se povećavanje ili opadanje sadržine energije, kada se ona ili samo dovodi ili samo odvodi; dakle akumuluje ili troši. Nenamerno dovođenje ili odvođenje treba uzeti u obzir korekturom.

Primer uz 1: Merenje snage frigorifičnog postrojenja sa korekturom usled akumulacije toplotne energije u samom postrojenju; uz 2: Merenje ohlađivanja frigorifičnog postrojenja sa korekturom usled zračenja. Praktično se 1 i 2 zbivaju paralelno ali 1 ipak preovlađuje.

$W = G\,c\,(t_2 - t_1)$ ili $W = V\,c'\,(t_2 - t_1)$, gde je $W$ = količina toplote [kcal], $G$ = težina nosača toplote u zagrejanom stanju, $c$ = specifična toplota jedinice težine nosača toplote [kcal/°], $V$ = za-

[1]) Isporučuje: Chemisches Laboratorium für Tonindustrie, Berlin, kao i Staatl. Porzellan-Manufaktur, Berlin; v. i Eisenhütte, 4. izd. str. 366; Stoffhütte, 2 izd. str. 505.

[2]) Tablica za pretvaranje kcal u BTU, v. Dodatak, str. 1481.

premina zagrejanog nosača toplote, c′ — specifična toplota jedinice zapremine nosača toplote [kcal/°], $(t_2 - t_1)$ = priraštaj ili pad temperature. O merenju količina v. str. 1304, spec. toplote vidi str. 614. Spec. toplote gasova v. str. 618, 628 i 713. Kod smese gasova (na pr., dimni gasovi) podesnije je kad se računa sa zapreminom jer su specifične težine svih dvoatomskih gasova približno jednake. Obratiti pažnju da li se podaci za c′ odnose na 0° i 760 mm Hg, ili na 15° i 1 kg/cm², ili na neko drugo stanje, pa za to stanje proračunati $V$[1]). O brojačima toplote kod centralnog grejanja v. Gesund. Ing. 60 (1937), str. 725.

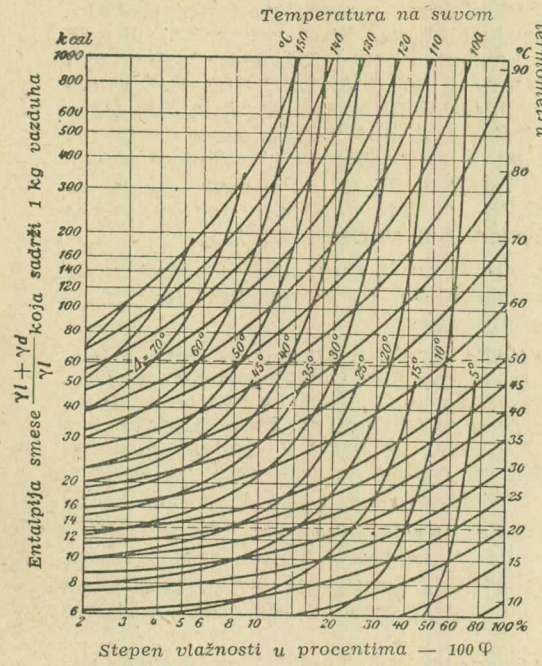
Kod vazduha prouzrokuju promene (apsolutne) vlažnosti usled isparavanja ili kondenzovanja velike transformacije toplote i ne mogu se zanemariti (v. donji primer).

**Merenje vlažnosti vazduha.** Svojstva vlažnog vazduha v. str. 657. Ako je kod vazduha na temperaturi $t$ (dakle pritisku zasićene pare $p_t$) parcijalni pritisak pare $p_d$, onda je $\varphi = p_d/p_t$ relativna vlažnost ili stepen vlažnosti, koji se često izražava i u procentima: $\varphi\% = 100 \cdot p_d/p_t$. Kako je ispod 0° pritisak zasićene pare nad ledom $p_E$ različit od pritiska zasićene pare $p_W$ nad vodom (posljednji važi za prehlađivanje; $p_E < p_W$), to postoje i dva stepena vlažnosti: $\varphi_E = p_d/p_E$ i $\varphi_W = p_d/p_W$ (tabl. 2 na str. 1333). Sa tehničkog gledišta uopšte je povoljnije kad se računa sa $\varphi_E$, pogotovo u proračunu frigorifičnih postrojenja, jer je led ispod 0° stabilan. — Za mnoge svrhe dovoljni su dobro justirani **higrometri sa dlakom.**

**Psihrometar.** Dva termometra, jedan suvi i drugi kod koga je loptica obavijena vlažnom krpicom izlažu se istovremeno dejstvu vazduha koji se ispituje. Termometar sa vlažnom krpicom trebalo bi teoriski da pokazuje temperaturu zasićenog vazduha koji je pri prolaženju pored vlažne krpice imao istu sadržinu toplote kao i nezasićeni vazduh koji dolazi vlažnoj krpici, plus toplotu isparavanja potrebnu za vlažnost, da bi se iz toga mogla izračunati teoriska razlika temperatura $\Delta$ dva termometra. Stvarna razlika između temperature suvog ($t$) i vlažnog ($f$) termometra je $t - f < \Delta$. Odnos $a = [t - f]/\Delta < 1$, tzv. stepen dobrote psihrometarskog uređaja zavisi od konvekcije (v. str. 677), koja ima zadatak da pojačavanjem isparavanja smanji uticaje zračenja i provodnosti koji nepovoljno utiču na formiranje razlike $\Delta$. Iz teoriske razlike $\Delta$ psihometra proizilazi teoriski parcijalni pritisak pare:

$$p_d = b \Big/ \left[1 + \frac{r_f + (\lambda_t - \lambda_f)}{r_f p_f / (b - p_f) - c_p \Delta (R_d/R_l)}\right], \quad \ldots \quad (1)$$

[1]) Tablice za pretvaranje v. Dodatak str. 1487.




Oznake:

- $b$ — barometarsko stanje,
- $r$ — toplota isparavanja,
- $\lambda$ — entalpija (toplotna sadržina),
- $p$ — pritisak pare, sve tri veličine pri zasićenosti na temperaturi $t$ ili $f$,
- $c_p$ — specifična toplota 1 kg suvog vazduha,
- $R$ — gasna konstanta vazduha ili pare (v. str. 589).

Iz razlike $(t - f)$ — dobivene osmatranjem termometra — dobiva se $\Delta = (t - f)/a$; $\varphi = p_d/p_t$ se može izračunati (sl. 15).

Sl. 15.

Entalpija i teoriska psihrometarska razlika $\Delta$ za barometarsko stanje 760 mm Hg. Primer: Postrojenje za sušenje: suv termometar 90°, vlažan term. 61°, dakle $t - f = 29°$. Posle ugrađivanja psihrometra je stepen dobrote uređaja $a = 0{,}97$, dakle, $\Delta = (t - f)/a = 29 : 0{,}97 = 30°$. Prema tablici je: $100\ \varphi = 24\%$. Entalpija $i = 103$ kcal, sadržina u 1 kg vazduha + 0,13 kg pare = 1,13 kg smese.

Prema rezultatima ogleda PTR[1]) može se obrazac (1) koristiti i za temperature $t > 100°$, što je važno pri ispitivanju postrojenja za sušenje. — Pri dobroj aspiraciji je:

| $t =$ | 20 | 40 | 60 | 90 | 120° |
|---|---|---|---|---|---|
| $a =$ | 0,995 | 0,985 | 0,955 | 0,95 | 0,95 |

Za temperature do 40° prelazi obrazac (1) u Sprung-ov obrazac:

$$p_d = p_f - 0{,}5 \frac{p}{760} (t - f) \text{ [mm Hg]} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

koji se upotrebljava u Meteorologiji. Umesto ovog obrasca preporučujemo (v. gore) da se pri zamrznutoj krpici na loptici vlažnog termometra upotrebi obrazac:

$$p_d = p_{f_E} - 0{,}445 \frac{p}{760} (t - f) \text{ [mm Hg]} \quad . \quad . \quad . \quad (2a)$$

(pri zamrzavanju vlažnog termometra temperatura ostaje nešto iznad 0°, što zavisi od vlažnosti vazduha).

[1]) Ebert u. Pfeiffer, Z. f. Phys, 46 (1928), str. 420.

Drugi obrasci sa većim vrednostima od 0,5 (manjim vrednostima za *a*) danas su zastareli. Psihrometar treba da ima dobru aspiraciju. Veštačka aspiracija nije potrebna pri merenju u jako turbulentnoj struji.

Nezavisno od toga da li se upotrebljava obrazac (2) ili (2a), (što zavisi od stanja krpice oko loptice termometra) može se zatim izračunati $\varphi_E$ ili $\varphi_W$.

Obrazac (1) važi za vazduh ovlažen vodom i za proizvoljne smese gasa i pare (i dve vrste pare), ali pod pretpostavkom da sastavni delovi smese ne reaguju međusobno ni termički ni hemiski (na pr., $NH_3$ i $H_2O$). Krpicu za kvašenje psihrometra treba natopiti čistom tečnošću čiji se pritisak zasićene pare $p_d$ traži.

**Tablica 2. Pritisci pare $p_W$ nad vodom i $p_E$ nad ledom. Količina vlage u vazduhu u stanju zasićenosti $\gamma_W$ (iznad 0 °) i $\gamma_E$ (ispod 0 °)**
Uporedi i tabl. 1 na str. 640 i tabl. 5 na str. 657.

| $t$ | − 20 | − 18 | − 16 | − 14 | − 12 | − 10 | − 8 | − 6 | − 4 | − 2 | 0 | stepena |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $p_W$ | – | – | 1,315 | 1,551 | 1,826 | 2,143 | 2,509 | 2,928 | 3,404 | 3,952 | 4,579 | mm Hg |
| $p_E$ | 0,772 | 0,935 | 1,128 | 1,357 | 1,627 | 1,946 | 2,321 | 2,761 | 3,276 | 3,879 | 4,579 | mm Hg |
| $\gamma_E$ | 0,90 | 1,08 | 1,29 | 1,53 | 1,83 | 2,17 | 2,56 | 3,01 | 3,54 | 4,15 | 4,84 | g/m³ |

| $t$ | 0 | + 2 | + 4 | + 6 | + 8 | + 10 | + 12 | + 14 | + 16 | + 18 | + 20 | stepena |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $p_W$ | 4,58 | 5,29 | 6,10 | 7,01 | 8,05 | 9,21 | 10,52 | 12,00 | 13,63 | 15,48 | 17,54 | mm Hg |
| $\gamma_W$ | 4,84 | 5,57 | 6,37 | 7,26 | 8,28 | 9,41 | 10,7 | 12,1 | 13,7 | 15,4 | 17,3 | g/m³ |

**Primer:** Proračun vezivanja toplote jednog postrojenja za hlađenje vazduhom. Podaci koji se odnose na mesto pred hladnjakom označeni su indeksom 1, iza hladnjaka indeksom 2.

Izmereno: Zapremina vazduha $V_1 = 24\,500$ m³/h.
Barometarsko stanje $b = 752$ mm Hg.
Natpritisak $p_1 = 25$ mm $H_2O = 2$ mm Hg,
$p_2 = 21$ mm $H_2O = 2$ mm Hg,
Apsolutni pritisak $[b + p_1;\ b + p_2] = 754$ mm Hg,
Suvi termometar $t_1 = +4{,}35°$, $t_2 = -1{,}75°$.
Vlažni termometar $f_1 = +2{,}65°$, $f_2 = -1{,}75°$.

Iz gore navedenih podataka dobiva se za udeo vazduha:
Zapremina pri stanju 15°, 1 kg/cm²:
$V = 24\,500 \cdot (754/735{,}5) \cdot (288/277{,}35) = 26\,100$ m³ pri 1 kg/cm² i 15°.
Specifična toplota u odnosu na 1 kg/cm² i 15°:
$c_p = 0{,}286$ kcal/m³° pri 1 kg/cm² i 15°.
Vezana toplota u vazduhu: $26\,100 \cdot 0{,}286 \cdot (4{,}35 + 1{,}75) = 45\,500$ kcal/h.

Za udeo pare uz upotrebu tabl. za paru str. 657 i 1332 dobiva se:
Pritisak zasićene pare za $t_1$ : $p_{s_1} = 6{,}25$ mm Hg,
za $t'_1$ : $p_{s'_1} = 5{,}55$ mm Hg.
Pritisak pare $p_{d_1} = 5{,}55 - 0{,}5 \cdot (4{,}35 - 2{,}65) = 4{,}70$ mm Hg.
Relativna vlažnost $\varphi_1 = 4{,}70 : 6{,}25 = 0{,}752$.
Gustina zasićene pare na $t_1$ : $\gamma_{s_1} = 6{,}52$ g/m³.
Specifična težina udela pare: $0.752 \cdot 6\,52 = 4{,}91$ g/m³.
Količina pare $D_1 = 24\,500 \cdot 0{,}004\,91 = 120{,}2$ kg/h.
Relativna vlažnost $\varphi_2 = 1$.
Gustina zasićene pare na $t_2$ : $\gamma_{s_2} = 4{,}23$ g/m³ $= \gamma_{d_2}$
Zapremina $V_2 = 26\,100\ (735{,}5/754) \cdot (271{,}25/288) = 24\,000$ m³/h.
Količina pare $D_2 = 24\,000 \cdot 0{,}004\,23 = 101{,}5$ kg/h.
Kondenzovana količina pare $D_1 - D_2 = 18{,}7$ kg/h.
Toplota isparavanja u blizini 0 °: $r = 595$ kcal/kg.
Vezana toplota u pari $18.7 \cdot 595 = 11\,100$ kcal/h.
Ukupna vezana toplota $45\,500 + 11\,100 = 56\,600$ kcal/h.

Pojednostavljenje ovog računa: smanjenje zapremine usled nestajanja zapremine pare, kao i uticaj udela pare na specifičnu toplotu dozvoljeno je samo pri vrlo malim težinama pare u poređenju sa težinom vazduha, ali i to ne uvek pri visokim temperaturama (sušnice) ili pri malim pritiscima (kondenzaciona postrojenja, vakuum sušnice); u tim slučajevima, ako je potrebno, moraju se uzeti u obzir i parcijalni pritisci za vazduh.

**Gubici toplote usled izolacije** mere se prema postupku pomoćnih pregrada sa vezivanjem toplote, po Hencky-Schmidt-u (Forschungsheim für Wärmeschutz, München) [1]).

# VII. Termotehnička merenja

## A. Određivanje toplotne moći goriva

O gornjoj i donjoj toplotnoj moći goriva v. str. 709 i 1162. Donja toplotna moć merodavna je za proizvodnju rada, gornja za prenošenje toplote, mada je nemogućno samo **jednim** brojem okarakterisati sva svojstva datog goriva. Ako sa $w$ označimo količinu vlage u 1 kg goriva (suvoga na vazduhu), sa $H_u$ donju toplotnu moć, i sa $H_o$ gornju toplotnu moć, onda je $H_u = H_o - 600\,w$.

**1. Kalorimetarske bombe** služe za određivanje toplotne moći čvrstih goriva. U Berthelot-Mahler-bombi sagoreva sa komprimiranim kiseonikom određena količina čvrstog goriva. Iz priraštaja temperature kalorimetra izračunava se gornja toplotna moć goriva. Donju toplotnu moć treba odrediti ili pomoću Kroker-ove bombe, pomoću koje se može izmeriti i voda proizvedena sagorevanjem, ili izvršiti elementarnu analizu goriva.

**Uzimanje uzorka.** Najtačnije ispitivanje kalorimetriskim putem biće bez vrednosti ako se **najsavesnije** ne pripremi uzorak iz isporučene količine, koji treba da pretstavlja njenu prosečnu vrednost. S obzirom da je 1 g goriva mala veličina u odnosu na težinu celog brodskog tovara, to će rezultati, dobiveni ispitivanjem, odgovarati stvarnom stanju samo onda, ako se od jedne veće količine isporučenog, dobro promešanog goriva, postepeno odvajaju sve manji i manji delovi vodeći pri tom računa o odnosnoj površini[2]). — Na krajnji rezultat utiče i mlevenje i drobljenje čvrstog goriva. U gvozdenim sudovima se trlja gorivo, tom prilikom odvajaju se sitni delići suda, koji sagorevaju sa gorivom i povećavaju sadržinu pepela. — Treba razlikovati toplotnu moć isporučenog uglja (često slučajno vlažan), uglja »suvog na vazduhu« i sagorljive materije. Kod goriva istog porekla toplotna moć sagorljive materije obično je konstantna, tako da je kod redovnih isporuka dovoljno da se odredi sadržaj vlage i pepela, pa pomoću tih podataka izvršiti preračunavanje.

**2. Junkers-ov kalorimetar** služi za određivanje toplotne moći tečnih i gasovitih goriva. U kalorimetru sagoreva određena količina goriva. Količinu tečnog goriva treba izmeriti na vagi, a gasovitog na odnosnom meraču gasa. Iz količine vode koja stalno protiče kroz kalorimetar i priraštaja njene temperature određuje se toplotna moć goriva. Istovremeno ili u nešto dužem vremenom

[1]) Hencky, Gesund. Ing. 42 (1919), str. 496; — E. Schmidt, Arch. Wärme 5 (1924), str. 9.

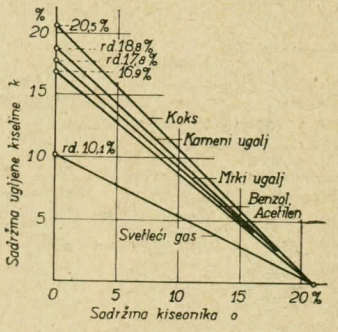
[2]) DIN DVM 3711 Probenahme und Probenaufbereitung von stückfestem Brennstoff, 3712 ebenso für Brennstaub, 3701, 3721, 3725 Chemische Untersuchung derselben. Izdanja Beuth-Vertriebs GmbH.

periodu prikuplja se voda proizvedena sagorevanjem. — Pomoću **Union-kalorimetra** upoređuje se gornja toplotna moć odnosnog gasa sa istom količinom praskavog gasa. Toplotna moć praskavog gasa (za $H_2+O$) iznosi 2020 kcal/m³ (0° i 760 mm Hg). Pomoću suvog tipa meri se zagrevanje na vagi sa prstenom.

**3.** Određivanje toplotne moći iz podataka elementarne analize (vršiti samo u izuzetnim slučajevima). Gorivo treba analizirati i iz dobivenih podataka, po tzv. saveznom obrascu (v. str. 709, napomena 2), izračunati toplotnu moć.

## B. Tehnička analiza gasova[1])

Pri prolazu vazduha kroz usijan koks stvara se najpre $CO_2$, a pri dužem putu (u gornjim slojevima koksa) i CO. Rezultat: Dimni gas se sastoji od $CO_2$, $O_2$, CO i $N_2$, koji se označavaju sa $k$, $o$, $c$, $n$ %. Pri sagorevanju ugljena oslobađaju se, u vremenu kad se razvijaju gasovi, ugljovodonici koji treba da sagore sa vazduhom u $CO_2$ i $H_2O$; količina vode $w$ %.




Sl. 16. Kontrolisanje analiza dimnih gasova

**Analiza dimnog gasa** daje $k$, $o$ i $c$ u % suvo zamišljenog gasa, dakle $k+o+c+n=100$%. Ukupna zapremina vrelog gasa, u kome je $H_2O$ još u obliku pare, neka iznosi $100+w$. Kako sagorevanjem H dobivena $H_2O$ — pri hlađenju volumetriski nestaje — to se $n$ penje do iznad 79%, $N_2$, međutim, prividno raste; najviše, kad pri potpunom sagorevanju bez viška vazduha, dimni gas zauzima najmanju mogućnu zapreminu i sadrži samo $CO_2$ i $N_2$, pri čemu $k$ i $n$ dostižu najveću mogućnu vrednost. Ova vrednost zavisi od sadržine slobodnog $H_2$, tj. onog koji nije uravnotežen sagorevanjem kiseonika, tačnije od odnosa $C:H_2$ (ostali sastojci kao S zanemareni su). Najveće mogućne vrednosti (sl. 16) iznose za:

| Ugljenik | sa $C:H_2=\infty$ | max $n=79$ | max $k=21$ |
|---|---|---|---|
| Koks | 94 | 79,5 | 20,5 |
| Kameni ugalj | 21 | 81,9 | 18,8 |
| Mrki ugalj | 16 | 82,2 | 17,8 |
| Acetilen, Benzol | 12 | 83,1 | 16,9 |
| Svetleći gas | 2,2% | 9,9% | 10,1% |

max $k$ se stvara onda kad se za sagorevanje uduvava potrebna stehiometriska količina vazduha ($L_0$), ili, bolje rečeno, kada se vazduh koji se uduvava vodi tako dugo pored ugljenika

[1]) Mitt. 123, 129, 133 der Wärmestelle des Ver. d. Eisenhüttenleute; Ott, GWF 63 (1920), str. 198 i 72 (1929), H. 35 — Monatsbull. Schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm. 1926, Nr. 1 i 15; (1928). Nr. 2.

(visina sloja goriva!) dok se sav $O_2$ ne pretvori u $CO_2$. Pod drugim uslovima, na pr., ako su slojevi goriva tanji, ostaje u gasu pored $CO_2$ i izvesna količina $O_2$. Količina vazduha koja se uduvava ($L$) veća je od one koja je potrebna za sagorevanje uglja ($L_0$). Odnos $L : L_0 = l$ zove se stepen viška vazduha i izračunava se na osnovi podataka analize iz obrazaca

$$l = n : \left[ n - \frac{79}{21} \left( o - \frac{c}{2} \right) \right]$$

(Obrazac daje tačne vrednosti ukoliko gorivo ne sadrži $N_2$ i ne sme se upotrebljavati za vazdušni gas)

$$l = \max k/k = 21/[21 - o]$$

(Obrazac daje tačne vrednosti za čisti C i može se upotrebljavati za koks i kameni ugalj).

**1. Orsat-aparatom** ispituju se vrući gasovi ložišta kotlova. 100 zapreminskih delova gasa dovodi se uzastopce u dodir sa tečnostima koje apsorbuju $CO_2$, $O_2$ i CO. Smanjivanje zapremine po apsorpciji pokazuje neposredno sadržaj gasa u %, ostatak se smatra da je $N_2$.

Radi otklanjanja uticaja temperature za vreme merenja postavlja se oko cevi za merenje vodeni omotač. Po uzimanju gasa u aparat treba sačekati ili ostvariti izjednačenje temperatura. Prethodno proveriti tačnost podele birete i zaptivanje na gumenim crevima i slavinama. Štetna zapremina u cevima za vezu unosi grešku u rezultat merenja. Cevi treba da budu kapilarne. Creva treba da su puna. Punjenje izvršiti kad se odnosni krajevi dodiruju po celom obimu. Polovinu još preostalog prostora treba dodati zapremini birete, najbolje je kad se to uzme u obzir pri deobi. Može se upotrebiti Ott-ov postupak, 1928 (loc. cit.). Vodu treba zakiseliti sumpornom kiselinom i obojiti metiloranžom, da bi se KOH, koji može da uđe u kapilare, učinio bezopasnim i primetnim.

Za uzimanje gasa za analizu treba upotrebljavati cev, pri višim temperaturama (> 500°) cev od porcelana, pri visokim temperaturama kapilarnu cev sa vodenim hlađenjem. Ove cevi treba provoditi kroz kotlovski ozid u ognjište (ispitivanje procesa sagorevanja) ili u odvodni kanal (utvrđivanje gubitka po procesu, v. II. knj., odeljak: Proizvodnja pare) i dovesti do sredine gasne struje. U cev treba postaviti filter (staklenu vunu) za gar. Voditi računa o zaptivanju crevnog dovoda.

**Sredstva za apsorpciju** gasova:

$CO_2$: kalijeva lužina, spec. tež. 1,24 do 1,32 (jedan težinski deo KOH na dva do tri težinska dela vode).

$O_2$: pirogalna kiselina: 5 g na toplo rastvorene kiseline u 15 $cm^3$ vode, domešano 120 g kalijum hidroksida rastvorenog u 80 $cm^3$ vode. Apsorpciona vrednost iznosi samo $21/4$ $cm^3$ $O_2$. Radi toga je podesnije da se umesto staklenih cevčica upotrebljavaju fosforni štapići koji se u destiliranoj vodi unose u sud Orsat aparata. Apsorpciona vrednost fosfornih štapića veoma je velika.

CO: Alkalni amonijak bakar hloratum rastvor: 250 g $NH_4Cl$ rastvoreno u 750 $cm^3$ vode uz dodatak 200 grama Cu Cl, (rezervni rastvor može se dugo čuvati u boci koja je zatvorena gumenim zapušačem ako se u njoj nalazi bakarna zavojnica). Pred upotrebu treba dodati amonijačnu tečnost spec. težine 0,91 u iznosu $1/3$ zapremine. Dozvoljena apsorpciona vrednost iznosi 4 $cm^3$ CO. Umesto alkalnog amonijak bakar hloratuma mogu se upotrebiti ili cupro sulfat - β naphthol-suspenzija (Mitt. 129 der Wärmestelle des Ver. d. Eisenhüttenleute) ili jodpentoksid po Schläpfer-u i Hoffmann-u (Bericht 25 der Eidgen. Materialprüfungsanstalt — Zürich). 3 do 4 porcije 25 g u prah samlevenog jodpentoksida umutiti u tarioniku sa 100 do 150 g 10% oleuma u što homogeniju finu kašu. Dobro umućenu suspenziju treba odasuti od grubljeg jodpentoksida koji ostaje u tarioniku i dalje mutiti dok svi

delovi ne postanu homogena fina kaša. Tako pripravljenu suspenziju treba razrediti sa 120 g istog 10% oleuma pa dobivenu smesu usuti u flašu i nekoliko sati mućkati na mašini za mućkanje. Ako je suspenzija pravilno pripremljena[1]), onda ona veoma sporo taloži pentoksid koji se može opet dobro umutiti. (Ako u sumpornoj kiselini ima više ili manje od 10% $SO_3$ pojavljuju se grube pahuljice, kristali). CO se pretvara u $CO_2$, koji se apsorbuje u kali-pipeti. — Dok je kupro hlorid ($Cu_2Cl_2$) zbog male apsorpcije i zbog nestabilnog rastvora nepodesan za rad, dotle je, prema velikom broju obaveštenja $J_2O_5$ veoma podesan — pogotovu kada su u pitanju veće količine CO.

K o n t r o l i s a n j e a n a l i z a: Sve vrednosti analiza treba prikazati grafički: $k = f(o)$ (sl. 16). Odnosne tačke analize jednog goriva moraju ležati na pravoj koja na ordinatnoj osi otseca max $k$, a s druge strane ide ka $o = 21\%$. Ako se pri ispitivanju menja sadržaj $H_2$, onda tačke leže razbacane. Za nepotpuno sagorevanje tačke leže ispod linije.

**2. Automatski analizatori gasa** upotrebljavaju se za stalno nadziranje pogona.

Gasni protok koji se neprekidno uzima iz dimnog kanala protiče kroz automatski analizator. Tačno odmerene zapremine gasa propuštaju se u vremenim razmacima (koji se mogu menjati) kroz kalijevu lužinu i sabijaju u mali recipijent za merenje. Hod recipijenta za merenje registruje se na traku; on je utoliko veći ukoliko gas sadrži manju količinu ugljene kiseline, tj, ukoliko po završnoj apsorpciji $CO_2$ pod recipijent uđe više gasa. Obično se određuje samo sadržaj $CO_2$. Tzv. duplex-aparati određuju i CO. Treba obratiti pažnju da dovodi gasa do analizatora i vreme analize budu što je moguće kraći, kako bi se dodatno pokazivanje smanjilo; da zaptivanje cevovoda za gas bude što bolje, da cevovodi budu zavareni ili zalemljeni, ako su bakarni; da mehanizam za usisavanje gasa bude što jači, napr., da se punjenje vrši živom umesto vodom; da se podaci analize pojavljuju na mestu koje je stalno pristupačno ložaču; u protivnom se ne može uticati na proces sagorevanja. Podatke analize preneti do na tablu sa instrumentima. Jednostavnije je da se za vreme jedne radne smene postupno puni gasom aspirator (oticanjem vode) ili recipijent (mehanizmom časovnika) (Dittmar & Vierth, Hamburg), pa zatim, pomoću Orsat-aparata, utvrdi prosečan sastav gasova. Ovaj postupak može se primeniti, napr., za izračunavanje premija za ložače.

U poslednje vreme koriste se automatski analizatori gasa za određivanje i drugih sastojaka gasova, kao $SO_2$. Za svaki sastojak upotrebljava se određena tečnost za apsorbovanje. Integralenje izgubljenih malih količina vrši se vagom za određivanje gubitka gasova (proizvod Junkers-Thermotechnik).

**3. Ispitivanje** g a s a f i z i č k i m m e t o d a m a vrši se korišćenjem svojstva gasova (zavise od sadržaja $CO_2$): Zapreminska težina ($CO_2 = 1{,}52$ prema vazduhu $= 1$), provodnost toplote (60 prema 100), viskoznost (1,5 prema 1,7), odnos specifične težine prema viskoznosti (oko 2 do 1), indeks prelamanja (450 prema 295). Preimućstvo nad analizatorima: rad bez kalijeve lužine, neposredno pokazivanje, u većini slučajeva znatno lakše prenošenje podataka na daljinu (na tablu sa instrumentima). Nedostatak: netačnost podataka usled prisustva drugih gasova, naročito $H_2$ i $CH_4$, kao i usled promena temperature i vlažnosti.

---

[1]) Gotovu emulziju isporučuje S c h i l t k n e c h t — Zürich 7.

Ispitivači gasa: S & H (princip — provodnost), Ranarex, firme AEG, Unograf, firme Union - Apparatebau - Gesellschaft, Karlsruhe (princip — viskoznost). Uticaj vlažnosti treba otkloniti ili sušenjem ili zasićavanjem.

**4. Analiza pogonskog gasa** vrši se sličnim instrumentima, naročito Orsat-aparatima posebne gradnje, pomoću kojih se mogu odrediti i teški ugljovodonici (apsorbovanje pomoću sumporne kiseline koja se puši) kao i $CH_4$ i $H_2$. Red apsorbovanja: prvo $CO_2$ zatim teški ugljovodonici, $O_2$ pa CO. Kad se gas pomeša sa vazduhom pa zatim sagori u Drehschmidtovoj kapilari, onda smanjenje $\Delta$ prostora znači $H_2 = {}^2/_3 \Delta$ ili $CH_4 = {}^1/_2 \Delta$. Ako je u smesi bilo $H_2$ i $CH_4$, onda novostvorenu $CO_2$ treba apsorbovati; bilo je $CH_4 = CO_2$, ostaje $H_2 = {}^2/_3 (\Delta - 2\,CO_2)$.

8. ODELJAK

# Geodezija[1])

## (Nauka o premeravanju. Praktična geometrija)

Obradio prof. Dr. Ing. H. Hohenner, Darmstadt


**I. Opšti deo** Strana

Zadatak Geodezije . . . . . 1340
Domen primene . . . . . 1341
Razmera karata i planova . 1341
Prethodni radovi (primer za građenje železnice) . . . . 1342
Obeležavanje tačaka na terenu 1343
Obeležavanje jedne prave . . 1343
Merne jedinice . . . . . 1344

**II. Instrumenti za merenje uglova**

Obeležavanje ugla stalne veličine od 90°, 180°, 45° . . . 1344
Instrumenti sa dioptrima . . 1344
Instrumenti sa ogledalima . . 1344
Instrumenti sa prizmama . . 1345
Libele, njihovo ispitivanje i rektifikacija . . . . . 1347
Lupa . . . . . 1349
Mikroskopi za čitanje podela 1350
Durbin. Tačnost viziranja 1349, 1350
Nonius . . . . . 1350
Teodolit i njegova upotreba . 1351
Merenje horizontalnih uglova (primer) . . . . . 1352
Merenje vertikalnih uglova (primer) . . . . . 1353
Magnetski instrumenti. Instrumenti za merenje uglova iz slobodne ruke . . . 1355
Busole . . . . . 1355
Padomeri . . . . . 1356
Sekstant . . . . . 1356

**III. Instrumenti za merenje dužina**

Neposredno merenje (letve, pantljike itd.) i njegova tačnost . . . . . 1357
Optičko merenje dužina . . 1358
Instrumenti sa tangentnim zavrtnjem za merenje dužina 1359
Okular sa stadimetriskom končanicom . . . . . 1359

**IV. Snimanje za horizontalnu pretstavu**

Poligonski vlaci . . . . . 1362
Primer u vidu tablice . . . 1364

Strana

Trigonometriski premer . . . 1365
Državna triangulacija . . . . 1366
Presecanje napred, u stranu 1368
Presecanje nazad . . . . . 1368
Ulančavanje . . . . . 1369
Umetanje . . . . . 1369
Centrisanja . . . . . 1369
Snimanje busolom . . . . . 1370
Kartiranje . . . . . 1370

**V. Određivanje površina i njihova deoba**

Iz prirodnih mera . . . . . 1371
Iz planskih mera. Planimetar 1372
Dopuštena otstupanja . . . . 1372
Ispravljanje granice . . . . 1373

**VI. Određivanje visina**

Geometriski nivelman . . . 1373
Nivelmanski instrumenti durbin i libela čvrsto vezani, pokretan durbin sa rezervnom libelom. Zeiss-ov nivelmanski instrument A, nivelmanske letve) . . . 1374, 1375
Nivelman repera sa primerom 1375
Trigonometrisko određivanje visina . . . . . 1376
Barometarsko određivanje visina . . . . . 1377
Brojni primer . . . . . 1379

**VII. Tahimetrija**

Zapisnik . . . . . 1381
Fototahimetrija . . . . . 1382
Izrada situacionog plana . . 1382

**VIII. Obeležavanja pravih i krivina**

Prava . . . . . 1383
Kružni luk. Glavne tačke . 1383, 1384
Luk u tunelu. Korbbogen . . 1385
Prelazna krivina . . . . . 1385

**IX. Izravnavanje po metodi najmanjih kvadrata**

Izravnavanje posrednih nezavisnih opažanja . . . . 1387
Izravnavanje uslovnih opažanja . . . . . 1390


[1]) **Literatura:** Bliže v. Hohenner: Geodäsie, Eine Anleitung zu geodätischen Messungen usw. Leipzig u. Berlin 1910, Teubner. — W. Jordan, Reinhertz u. Eggert: Handbuch d. Vermessungskunde, tri knj.; knj. 1., 7 izd. 1920; knj 2., sv. prva, 9 izd. 1931; sv. druga, 9 izd. 1933; knj. 3, 7 izd. 1923), Stuttgart, Metzler, ovde naročito knj. 2.

# I. Opšti deo

**Zadatak:** Određivanje međusobnog položaja tačaka, koje leže na fizičkoj (vidijivoj) Zemljinoj površini ili ispod nje, pomoću merenja i dalja upotreba podataka za planove, računanje površina itd. Treba zamisliti da se pojedine tačke pomoću svojih vertikalnih linija projektuju na morsku površinu — geoidnu površinu — proširenu ispod kontinenata, pa odrediti položaj prodora ovih vertikala bilo pomoću brojeva (koordinata) ili grafički (u planovima i kartama) i dužine vertikala [kao nadmorske visine u Nemačkoj[1])] nad N. N. (normalna nula — početni reper) takođe u brojevima ili grafički (ili pomoću izohipsa). Položaj prodora vertikala određuje se merenjima u horizontalnoj ravni, dužine vertikala određuju se vertikalnim merenjima ili nivelanjem. Geoidna površina otstupa nepravilno ali vrlo malo od površine rotaciskog elipsoida, koji je na polovima neznatno spljošten. Kad se rade planovi male oblasti (sa površinom od nekoliko km²) sme se zanemariti uticaj Zemljine krivine, tako da se sve vertikale pretvaraju u paralelne prave; kad se mere čitave oblasti mora se voditi računa o Zemljinoj krivini pa se stoga, prema veličini, uzima za računsku površinu površina neke lopte ili elipsoida sa poznatim dimenzijama. U Nemačkoj u tu svrhu služi površina Bessel-ova rotaciskog elipsoida: polovina ekvatorske ose $a$ = = 6 377 397, 155 m, polovina rotaciske ose $b \approx 6\,356\,079$ m, spljoštenost $p = (a-b)/a = 1/299,\ 152\,812\,8$ (mada je $a$ oko 1 km manje); srednji poluprečnik Zemlje kao lopte $R = 6\,370$ km, tako da središnom uglu od 1″ odgovara na Zemljinoj površini luk dužine 31 m (uporedi i str. 1430, 1434).

Za rastojanje (horizontalno) dveju tačaka smatra se dužina luka izmerena između vertikala kroz obe tačke a u srednjoj nadmorskoj visini (na pr. uzdužnog profila).

Ako na srednjoj nadmorskoj visini $h = 500$ m dužina iznosi $e = 1000$ m biće odnosna dužina $e'$ na morskoj površini $e' \approx e - e\,h/R = 1000 - 0{,}079$ m. Zanemarivanje redukcije na morski nivo (drugog člana) izazvalo bi ovde relativno otstupanje od 1/12 700, što se sme zanemariti kod običnih merenja dužina (uz ostala otstupanja koja su mnogo veća).

**Površinom** se smatra projekcija površine zemljišta na horizontalnu ravan, odnosno na morsku površinu (horizontalna projekcija). Horizontalnim planom se zove horizontalna projekcija nekog dela terena nacrtana u smanjenoj razmeri (na pr., 1 : 1000 prirodne veličine); na njemu su pretstavljene u horizontalnom smislu granice linija, površina itd. odnosnog dela terena, međutim, visinski plan, na pr., u vidu uzdužnih i poprečnih profila, ili u vidu horizontalnih planova sa upisanim visinskim podacima (kotama), pretstavlja granice u vertikalnom smislu. Za inženjerske svrhe najvažniji je situacioni plan (horizontalni ili vertikalni plan) izrađen izvlačenjem izohipsa (slojnice, horizontalne linije); to su krive linije, koje spajaju obližnje površinske tačke jednakih visina).

[1]) Nivo Jadranskog mora leži — 0,38 m iznad N. N.

**Domen primene.** — U pojedinim granama geodezije, građevinske tehnike, rudarstva, šumarstva i vojne službe potrebni su horizontalni, vertikalni planovi, kao i situacioni planovi, za čiju tačnost se postavljaju vrlo različiti zahtevi; uglavnom s obzirom na ovo vrlo mnogo se menja razmera, kao što se vidi u odeljcima III i IV knjige, na pr., kod zemljanih radova i građenja tunela, hidrotehnike, građenja puteva i uređenja naselja, građenja železnica, poljoprivrede i šumarstva.

Tamo su delimično pomenuti zvanični propisi i uputstva (pravilnici), koji se naročito moraju uzeti u obzir u raznim zemljama, kako pri snimanju za planove za građevinske i kulturno-tehničke ciljeve tako i za prethodna i naknadna snimanja u svrhu apropriacije, eksproprijacije, katastra i zemljišne knjige.

**Razmere.** — Za prethodno studiranje građenja vrlo izduženih ili prostranih građevina upotrebljavaju se najpre dobre generalne pregledne karte na primer u 1 : 10 000 do 1 : 200 000 za koju se svrhu mogu često upotrebiti »sekcije« topografske karte u 1 : 25 000 (str. 1371). Za opšte prethodne radove potrebni su situacioni planovi u 1 : 5 000 do 1 : 10 000 sa izohipsama na 1—10 m visinskog razmaka i pored toga visinski planovi (uzdužni profili i slično) sa 20-strukim povećanjem razmere za visine: za opširne prethodne radove (bez obzira na izvršne i nadzorničke planove) potrebni su planovi u 1 : 1 000 do 1 : 5 000, većinom sa izohipsama na 1 m visinskog razmaka a vertikalni planovi sa 10—20 strukim povećanjem razmere za visine, a za eksproprijaciju (apropriaciju) itd. samo horizontalni planovi u 1 : 250 do 1 : 5 000 u vezi sa brojevima, koji znače mere iz prirode na detaljnim skicama (1 : 1). U Pruskoj nameravana izrada jedne situacione karte 1 : 5 000[1]) pozdravljena je iz tih razloga mnogostruko i u građevinarstvu.

**Detaljno snimanje.** — Terenska merenja za izradu planova moraju se vršiti sa raznom tačnošću s obzirom na ekonomske razloge, dakle, primenjujući uvek pogodne instrumente i metode merenja kao i koristeći se u odnosnim zemljama već postojećim osnovama.

U zemljama u kojima su katastarski planovi za celokupnu državnu teritoriju štamparski umnoženi (na pr., u Bavarskoj 1 : 5000; u Württembergu 1 : 2500), mogu se ovi planovi sa samo horizontalnom projekcijom upotrebiti za građevinske radove tek kad im se unesu kote, dobivene nivelanjem, trigonometriskim ili barometarskim određivanjem visine, tahimetrijom ili fotogrametrijom, da bi se potom mogle izvući izohipse, ukoliko se takve karte sa visinama ne mogu već da dobiju gotove kod odnosnih nadleštava. Prema ukazu od 28 septembra 1936 o zvaničnoj državnoj karti 1 : 5000 radi se u Nemačkoj u prvoj etapi katastarska karta (bez pretstave terena u visinskom smislu) i zatim definitivno Nemačka osnovna karta sa izohipsama i kotama (bez Austrije oko 125 000 listova[2]) 40 × 40 cm² uglavnom od strane Državnog geodetskog nadleštva u Berlinu) prema uglednom primerku izdatom 24 jula 1937.

Kao primer koji se može upotrebiti slično i za druge svrhe, izložiće se kratak pregled najvažnijih geo-

---

[1]) Vidi v. Müller: Die topographische Grundkarte 1 : 5000 (Wirtschaftskarte), Allg. Vermess. - Nachrichten 37 (1925), str. 69.

[2]) Allg. Vermess. - Nachrichten 50 (1938) str. 81.

detskih radova na prethodnim radovima pri građenju neke železnice, uglavnom prema Handb. d. Ing. Wiss.[1] [2]). Približan pravac železničke trase projektuje se prvo na sekcijama državne topografske karte sa izohipsama (1 : 25 000). Zatim se proputuje po toj liniji pri čemu se u brdovitim predelima prekontrolišu visinske razlike barometrom (v. **VI C**), što je dovoljno tačno, pa se duž trase snimi pojas terena širine ½ do 2 km za dalje opšte prethodne radove (naročito u teškom terenu), prema mišljenju uglednih železničkih stručnjaka[3]) najbolje pomoću geodetskog stola, u 1 : 5 000 sa izohipsama na 1 do 5 m visinskog razmaka (prema nagibu terena) ili prema pruskim propisima pomoću tahimetra u 1 : 10 000 sa izohipsama na 5 do 10 m visinskog razmaka koristeći pri tome topografske, katastarske i druge planove. (O eventualnoj primeni fotografskog uvećanja izohipsa sa novijih topografskih sekcija v. Koppe)[4]). Kako se kod ovih premera ne radi o tačnom ustanovljavanju granica sopstvenosti već poglavito o približnoj topografskoj pretstavi ne baš suviše uzanog terenskog pojasa, to treba upotrebiti manje tačne metode snimanja i instrumente kojima se brzo postiže cilj, kao, na primer, trigonometrisko i barometrisko određivanje visina (v. **VI B, C**), tahimetriski nivelman i tahimetrisko snimanje, (tahimetar sa busolom i letva podeljena u decimetre) (v. **VII**), u visokim planinama i preglednom terenu i stereofotogrametrisko snimanje (v. **VII**).

Ako se u ovu svrhu upotrebljeni fotografski ili pantografski smanjeni katastarski planovi ne mogu dovoljno tačno orijentisati međusobno ili su suviše nepouzdani, onda u terenskom pojasu treba obeležiti poligon sa stranama do ½ km, koji će se izmeriti samo kao tahimetriski vlak. Za kontrolu treba na deonicama od približno 5 km umetnuti[5]) poligon između dve tačke, koje se određuju presecanjem nazad (v. **IV D**) sa tri ili više pravaca sa tačkama državne triangulacije, a visine ovih osnovnih tačaka treba odrediti jednostavnim načinom, merenjem visinskih uglova ka poznatim tačkama (v. **VI B**). Na planovima sa izohipsama, koji su postali na podlozi ovog poligona i pomenutog detaljnog snimanja, projektuje se (sa tačnošću na nekoliko metara) najpovoljnija trasa pa se onda u ravnom terenu ona još za vreme prethodnih radova obeleži, pri čemu se počinje po pravilu sa pravama (tangente kružnih lukova), koje se spajaju predviđenim lukovima (v. **VIII**).

U brdovitom terenu (a isto tako i u slučaju da se za trasu ne treba ranije da zna, s obzirom na špekulante sa zemljištem) celishodnije je snimiti tačnije po položaju i visini (u ovom drugom slučaju naročito tačno) u krupnoj razmeri 1 : 1 000 do 1 : 2 500 odnosnu površinu pojasa od 150 do 300 m širine. Osnovu za ovo čini jedan poligon, koji se prilagođava trasi iz prethodnih radova, koji po mogućstvu treba da se oslanja na poznate tačke i da je tačno izmeren, a čije prelomne tačke (gde se mere uglovi) treba

---

[1]) 5. izdanje, I deo, I knj., I odeljak, obrađen od Clauss-a (Oberschulte, Henkes i Puller). Leipzig, 1924. Engelmann.

[2]) vidi i Fuhrmann: Wirtschaftlich zweckmässige Vermessungen für Bauten, Z. f. Vermesswes. 45. (1916), str. 82.

[3]) Koppe: Die topographischen Grundlagen bei Eisenbahnvorarbeiten in verschiedenen Ländern, Z. f. Vermesswes, 39 (1910), str. 401.

[4]) Eisenbahnvorarbeiten und Landeskarten, Z. f. Vermesswes. 35 (1906) str. 2.

[5]) Puller, Z. f. Vermesswes. 28 (1899), str. 145.

obeležiti i na koga treba primeniti izlaganje pod **III B**. Treba očitati sve preseke granica itd. sa poligonskim stranama, da bi se mogao vlak ucrtati u postojeće planove. Na razmacima oko 100 m treba udariti kolje za pravac. Visine nad N. N. poligonskih tačaka i lako pristupnih susednih graničnih belega i slično određuju se nivelmanom (v. **VI**).

Tačnije prostorno snimanje terena vrši se većinom tahimetriski poglavito sa poligonskih tačaka, a i sa busolnih tahimetriskih vlakova (v. **VII**). Tačan položaj svih parcela u jednom pojasu od 50 do 75 m s obe strane trase, kada nema upotrebljivih planova sa horizontalnom projekcijom, snima se apscisama i ordinatama na poligonske strane, zašta može da posluži i Zeiss-ov Kipplodis sa dodatkom za kose vizure[1]); za snimanje pojedinih većih površina treba često povući nove poligonske vlake (v. **IV**). U plan sa izohipsama na 1 m razmaka, koji je postao na osnovi gornjih snimanja, ponovo se traži (projektuje) najpovoljnija trasa: ova se zasad, na način kao što je ranije rečeno, prenese na teren radi k o n a č n o g p r o j e k t a, a zatim prema podacima položajnog plana izdeli u hektometarske stanice (kao i međustanice), pri čemu treba odmeriti glavne tačke obeleženih lukova i obeležiti prelome na terenu i na niveleti. Pomoću kočića za osiguranje i podešenih odmeravanja van železničke ose treba osigurati da se mogu lako vaspostaviti one tačke, koje bi se uništile za vreme građenja. U razmacima od oko 400 m treba postaviti u blizini trase trajne visinske repere, ali tako da ne mogu biti oštećeni za vreme građenja. Generalnim nivelmanom koji treba da se oslanja na p o u z d a n e vezne repere, određuje se visina repera, stanica itd. Ako ima samo **jedan** vezni reper, onda nivelman repera treba sprovesti i u suprotnom pravcu, ili se nivela u zatvorenom nivelmanskom poligonu; otstupanje može biti $\pm 28$ mm na 1 km, dakle na $s$ nivelanih kilometara sme najviše iznositi $\pm 28 \sqrt{s}$ (v. **VI**). Snimanje poprečnih profila sa stanica itd. vrši se po pravilu nivelmanskim instrumentom, na strmim padinama, međutim, pomoću ravnjače i podravnjače ili tahimetriskim putem.

**Obeležavanje tačaka** na terenu vrši se prema cilju a s time u vezi prema tačnosti i potrebnoj trajnosti: drvenim koljem (sa ili bez rupe, sa ekserom i poprečnim osiguranjem zbog vađenja), gvozdenim, keramičkim cevima, kamenom (tesanim ili netesanim, sa ili bez podzemnog osiguranja i slično, i sa drugim znacima za bliže obeležavanje), signalisanje tačaka na veća otstojanja vrši se značkama (viskom stavljenih u vertikalu), značkama sa zastavom, sa ukrštenim daščicama i slično, malim drvenim piramidama.

**Obeležavanje prave** koja prolazi kroz dve tačke (u geodetskom smislu vertikalne ravni kroz krajnje tačke) vrši se retko zategnutim kanapom, već po pravilu uterivanjem u pravac pojedinih međutačaka. Ove se nalaze bez upotrebe naročitih instrumenata (v. **VIII**) uterivanjem značaka u pravac gledajući s jedne tačke ili pomoću međusobnog uterivanja u pravac dveju značaka.

---

[1]) Prospekt Geo 106/III od C. Zeiss, Jena, i Pohling u Allg. Verm.-Nachr. 49 (1937), str. 265.

**Merne jedinice** — Za dužine se upotrebljava međunarodni metar sa svojom decimalnom podelom, kao i većim jedinicama od njega. Za površine i zapremine kvadrati i kocke metarskih dužina. Jedinica za merenje površine je ar: (a) = 100 m², 100 a = 1 ha (hektar).

Najvažnije podele ugla:

a) pun ugao na 360°, po 60′, po 60″ (stara ili seksagezimalna podela),

b) pun ugao na $400^g$ (gradusa), po $100^c$, po $100^{cc}$ (nova ili centezimalna podela).

c) pun ugao na 360°, dalje se stepen deli decimalno (mešovita ili nonagezimalna podela).

$$\varrho^0 = \frac{360°}{2\pi} = 57{,}295\,779\,5°; \qquad \varrho' = \frac{360 \cdot 60'}{2\pi} = 3\,437{,}746\,77';$$

$$\varrho'' = \frac{360 \cdot 60 \cdot 60''}{2\pi} = 206\,264{,}806''; \qquad \varrho^{cc} = \frac{400 \cdot 100 \cdot 100^{cc}}{2\pi} = 636\,619{,}772^{cc}.$$

Pretvaranje se vrši pomoću tablica (str. 36 i str. 91) i pomoću logaritmara (str. 199).

U zvaničnoj nemačkoj geodetskoj službi propisana je nova podela ukazom Ministra unutrašnjih poslova od 18 oktobra 1937 god.

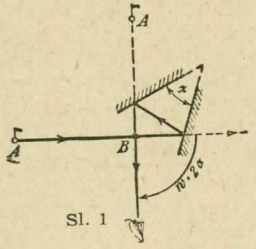
# II. Instrumenti za merenje uglova

## A. Za obeležavanje uglova stalne veličine od 90°, 180° i 45°

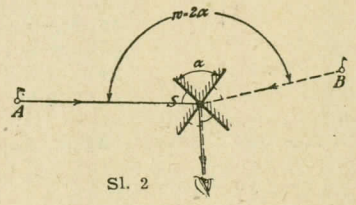
**1. Instrumenti sa dioptrima.** — Ploča sa krstom, krst, doboš. Na novijim instrumentima, skoro bez izuzetaka, vizurne ravni obrazuju dve pukotine za gledanje, širine oko 0,8 mm, pomoću kojih se može vizirati u oba pravca. Ove vizurne ravni moraju svagda međusobno zaklapati potrebni ugao (90°, 45°) i kod upotrebe stavljaju se u vertikalnu ravan; u zemlju pobijeni instrumentov nosač (štap) dovodi se u vertikalu od oka, viskom ili centričkom libelom. Ispitivanje uglova, na pr., pravog ugla pomoću obeležavanja na oba kraka opruženog ugla (na pravu), rektifikacija je većinom nemoguća. Srednje otstupanje obeleženog ugla iznosi ± 2 do 3′.

**2. Instrumenti sa ogledalima.** — a) Ogledala pod uglom. Od svakog ogledala prema sl. 1 jedanput odbijeni svetlosni zrak skreće za dvostruki ugao koga zaklapaju ogledala, dakle za $w = 90°$ (odnosno 45°), ako je $\alpha = 45°$ (odnosno 22½°). $\alpha$ se doteruje na potrebnu veličinu pomoću korektivnih zavrtnjeva koji obrću jedno od ogledala. U tu svrhu treba obeležiti pravu $A$, $B$, $C$, oko 100 m dužine, obeležiti $w$ prema $BA$ i $BC$, pobiti po jednu značku u $A'$ i $C'$, a zatim menjati ugao sve dotle, dok se $A$ i $C$ ne ukažu prema sredini između $A'$ i $C'$. Srednje otstupanje obeleženog ugla (sa dobrim ogledalima) iznosi ± 2′.

b) Ukrštena ogledala. — Oba jedno iznad drugog nameštena ogledala zaklapaju ugao $\alpha=90^0$, tako da, kad oko posmatračevo vidi poklapanje likova $A$ i $B$, tri tačke $A$, $S$ i $B$ leže na istoj pravoj. Jedno od oba ogledala može se obrtati korektivnim zavrtnjem, da bi se načinilo $\alpha=90^0$. U tom cilju treba, krećući



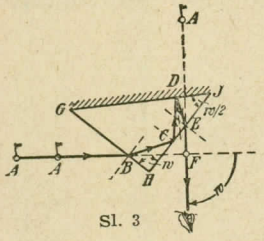
Sl. 1



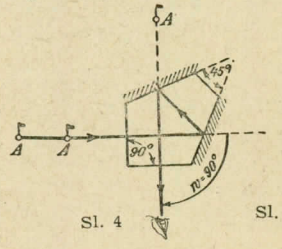
Sl. 2

se napred nazad, dovesti do poklapanja likove $A$ i $B$ (na primer $A$ levo) i naći $S_1$; pošto se operator obrne leži $A$ desno, nađe se druga tačka $S_2$. Instrument se stavi u sredinu između $S_1$ i $S_2$ a pokretno ogledalo tako obrne, da se poklope likovi $A$ i $B$.

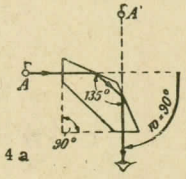
**3. Za instrumente sa prizmama** nije potrebna rektifikacija i po pravilu daju bolje likove nego ogledala. a) Ravnostrana pravougla prizma. — Svetlosni zrak koji prodire kroz prizmu kako se vidi sa sl. 3 (kod $C$ totalno odbijanje, kod $D$ odbijanje od ogledala) biva skrenut za stalni ugao $w$ (nepokretni likovi kad se prizma obrće) kad je $\sphericalangle GHJ=w$ a $\sphericalangle HJG=w/2$.



Sl. 3



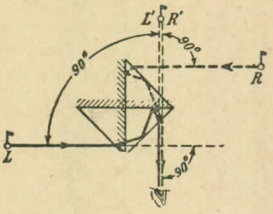
Sl. 4



Sl. 4 a

Ove nepokretne, bezbojne likove treba uvek tražiti u blizini ivica $J$, $H$ i $G$ a slobodnim okom posmatrana značka $A'$, ispod ili iznad prizme, može se uterati u pravac $FE$ (podizanje upravnih) ili naći na pravoj $AA$ teme pravog ugla $F$ (spuštanje upravnih). Ispitivanje da li je $w=90^0$ vrši se kao kod ogledala; rektifikacija je nemogućna, međutim, pomoću novijih prizama, iz dobrih radionica, mogu se obeležiti uglovi u granicama $\pm 1'$.

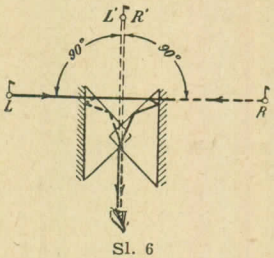
b) Petostrane prizme deluju kao što je prikazano na sl. 4 i 4 a. Vidno polje ovih prizama je veće nego prizama pod a)



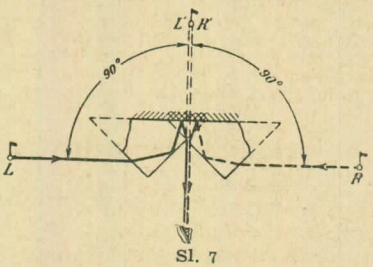
Sl. 5

a ispituju se kao ove. Kako ova prizma prema sl. 4a ima samo totalno odbijanje zraka, daje jasne bezbojne likove bez ikakvog amalgamskog sloja.

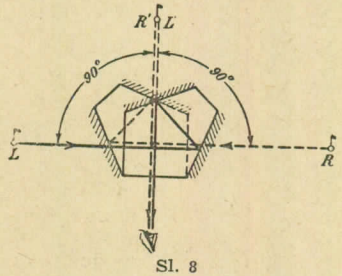
c) Ukrštene prizme, dve trostrane prizme (kao a) spojene prema sl. 5 do 7 stvaraju nepomične likove, tako da se istovremeno može obeležavati tačka na pravoj *LR* i njena upravna. Stalno ispitivanje nije potrebno ako su obe prizme ispravne. Spoj prema sl. 5 dopušta upotrebu kao ukrštenih ogledala (jedanput odbijeni likovi): pri tome se i ovde mora dovesti ugao između hipotenuza na 90°. Na dobošu sa prizmama jedna prizma može da se obrće, tako da $\alpha$ po sl. 2 može imati svaku vrednost; ako se pored toga $w = 2\alpha$ može očitati, onda se instrument može upotrebiti za (grubo) merenje makako velikih (poziciskih) uglova.



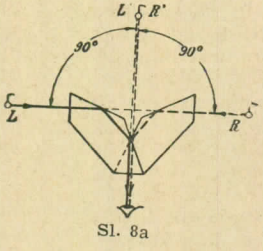
Sl. 6



Sl. 7



Sl. 8



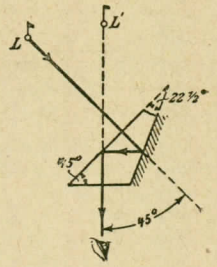
Sl. 8a

Ukrštene prizme sa dve petostrane prizme (prema b) (sl. 8 i 8a). Sl. 8a pokazuje dejstvo Hensoldt-ovih ukrštenih prizama (Wetzlar).

d) Trostrana prizma za obeležavanje polovine pravog ugla (za merenje ordinata na apscisnoj osi kod ortogonalnog snimanja, za merenje visine drveta i slično). Prolaz zrakova prema sl. 9. Ispitivanje: Četvorostrukim nanošenjem ugla

koji obeležava prizma na jedan krak *AAF* (v. sl. 3) dobiva se otstupanje od prave, koje pretstavlja četvorostruku grešku.

**Za instrumente sa ogledalima i prizmama treba primetiti**: sve prizme i ogledala, kad su prizmine ivice (preseci ogledalskih ravni) vertikalne, obeležavaju prave uglove u horizontalnoj ravni ako im se tačke signališu vertikalno stavljenim značkama; vrlo strme vizure omogućava neposredno Schellen-ova prizma za strme vizure, koja je gore i dole ograničena ogledalskim ravnima upravnim na prizmine ivice, kao i Pohling-ov dodatak za strme vizure[1]). Instrumenti sa odbijanjem zrakova za obeležavanje pravog ugla obeležavaju u horizontalnoj ravni ovaj ugao i onda tačno, kad jedan njegov krak stoji horizontalno a prizmine ivice se drže upravno kako na horizontalni tako i na onaj proizvoljno nagnuti drugi krak ugla. Horizontalni pravac može se sa dovoljno tačnosti postići kao upravna na vertikalu, tražeći lik viskovog konca u instrumentu koji se pogodno drži. Nalaženje horizontalne projekcije nepristupne visoke tačke (projektovanje) može se dovoljno tačno postići sa optičkim viskom[2]) koji izrađuju Askaniawerke (Berlin-Friedenau).



Sl. 9

## B. Delovi složenih instrumenata za merenje

**1. Za obeležavanje vertikalnog i horizontalnog pravca.** — a) Visak. — Da bi tačka o koju se veša konac i viskov vrh stali u istu vertikalu, mora visak biti obrtno telo na čijoj se osi nalazi mesto za utvrđivanje kanapa i viskov vrh. Kod trouglaravnjače — za određivanje horizontalnog pravca kao normalnog na (Zemljinu) vertikalu — utvrđen je jedan visak na jednoj daščici tako, da gornja površina daščice stoji horizontalno kad visak pogađa određenu tačku na trouglu.

Ova određena tačka leži u sredini između obeju tačaka koje pokazuje viskov konac pri nameštaju trougla na makakvu kosu pravu u oba moguća položaja.

b) Libele. — Novije cevaste, odnosno centričke libele sastoje se od zatopljenih staklenih sudova, čije su unutrašnje granične površine izbrušene u obliku bureta ili lopte. Pune se tečnošću: alkoholom, benzinom, sumpornim etrom; mehur čini mahom para ovih tečnosti. Mehur se uvek kreće ka najvišem mestu u unutrašnjosti suda. Tačku vrhunjenja pretstavlja kod centričkih libela središte nekolikih koncentričkih krugova ili kakvog kvadrata, kod cevastih libela neka istaknuta tačka na stalnoj ili pokretnoj podelj sa razmakom — od $a=2$ do $2\frac{1}{4}$ mm. Ako je $R$ poluprečnik krivine izbrušene površine u pravcu podele, tada treba nagnuti libelu za vrednost $t'' = a/R \cdot \varrho''$, da bi se mehur pomerio za jedan podelin deo. Kad mehur vrhuni tangenta na izbrušenu površinu u tački vrhunjenja (u pravcu najmanje krivine), tj. libelina osa stoji horizontalno. Kod reverzivnih libela

[1]) Vidi primedbu na str. 1343. — [2]) Günther: Der Durchhangmesser, ein Spezialtheodolit usw., Allg. Vermess. - Nachrichten 88 (1936), str. 224.

izbrušene su dve površine (gore i dole) i one, dakle, imaju dve ose. Parsovna vrednost kod cevastih libela iznosi po pravilu 4″—60″, kod centričkih libela 2′—10′, prve deluju samo u jednom pravcu, druge u svim pravcima. Po Reinhertz-u stavlja se libelina osa u horizontalan položaj dovođenjem mehura da vrhuni sa srednjim otstupanjem $\pm 0{,}09\sqrt{t}''$, (sekunda); čitajući mehurove krajeve nalazi se odnosni nagib libeline ose sa srednjim otstupanjem $\pm 0{,}2\sqrt{t}''$.

Libela za stavljanje na ravan u cilju dovođenja ravni u horizontalni položaj ili za merenje malih visnih uglova. Cevasta libela je vezana sa ravnom podlogom *AA* tako, da se jedan njen kraj može dizati ili spuštati pomoću korektivnog zavrtnja, da bi se njena osa *LL* mogla staviti paralelno sa *AA*. Ispitivanje i rektifikacija: Libela se stavi na ravan i natera mehur da vrhuni pomeranjem ravni; posle obrtanja libele za 180° nastalo mehurovo pomeranje odgovara dvostrukom otstupanju libeline ose, pa se zato popravlja za polovinu korektivnim zavrtnjem, za drugu polovinu pomera se ravan (postupak treba ponoviti).

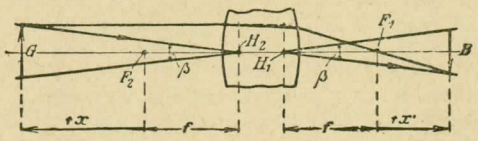
Slobodne libele sa nožicama ili sa vešaljkama služe za dovođenje u horizontalni položaj obrtnih osa (žica i sl.) pa su snabdevene dodacima koji imaju zgodan oblik za stavljanje na valjak, odnosno za vešanje libele. Da bi se libelina osa mogla dovesti paralelno obrtnoj osi, potrebni su korektivni zavrtnji koji pomeraju jedan libelin kraj kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pravcu. Ako se horizontalne projekcije obeju ovih osa seku, znači da se one ukrštaju, pa se za uklanjanje ovog ukrsnog otstupanja obrće libela (kad mehur skoro vrhuni) na obe strane oko obrtne ose; pokaže li se pri tom mehurovo pomeranje u suprotnim pravcima, tada libelinu osu treba pomoću horizontalnog para korektivnih zavrtnjeva sve dotle pomerati dok ono nestane. Tek posle uklanjanja ukrsnog otstupanja može se libelina osa, premeštanjem na obrtnoj osovini, tako da nožice promene mesta, dovesti u paralelan položaj sa obrtnom osom.

Centričke i cevaste libele za dovođenje u vertikalu uspravnih osa. Treba naterati da vrhuni mehur ispravne centričke libele, koja je vezana za uspravnu obrtnu osu; mehur na jednoj cevastoj libeli, koja služi istom cilju, najbolje je naterati da vrhuni naizmenično u dva jedno na drugo upravna položaja. Za rektifikaciju libele (za upravnost libeline ose, na alhidadnu) natera se najpre njen mehur da vrhuni pomeranjem ose, pa se mehurovo pomeranje, nastalo posle obrtanja (oko ose) za 180°, popravlja za polovinu iznosa dizanjem (spuštanjem) jednog libelinog kraja pomoću korektivnih zavrtnjeva, za drugu polovinu pomeranjem uspravne ose. Rektifikacija centričke i ukrsnih libela (dve cevaste libele skoro upravne jedna na drugoj) vrši se na sličan način.

Na finijim cevastim libelama može se menjati mehurova dužina pomoću jedne komore na jednom libelinom kraju, u koju se prema potrebi može presuti tečnost ili para — libele sa komorom. U novije vreme vezuju se čvrsto sa durbinima, koji se mogu da obrću oko mehaničke

osovine (ili obrtne), reverzivne libele, jer se pomoću njih (pošto su im ose paralelne) može vrlo lako staviti u paralelan položaj vizura sa libelinom osom.

**2. Stakleno sočivo. Lupa. Durbin. Mikroskop.** — O sočivima vidi str. 317.




Sl. 10

Žižna daljina $f$ (sl. 10) je ostojanje žiže $F_1$ ili $F_2$ od odnosne glavne tačke $H_1$ i $H_2$. Između daljine $x$ predmeta $G$ od prednje žiže $F_2$, daljine $x'$ njegovog lika $B$ od zadnje žiže $F_1$ i žižne daljine $f$ postoji uopšte jednačina $xx' = f^2$. Više jedno za drugim nameštenih, centrisanih sočiva (razmaci sočiva uopšte uzev manji od žižnih daljina) mogu se zameniti optički tzv. ekvivalentnim sočivom (str. 318).

a) Lupa se sastoji od jednog ili više sabirnih sočiva sa žižnim daljinama od nekoliko centimetara, umetnutih u prsten ili cev.

Predmet mora uvek biti bliži sočivu nego žiža $F_2$ (sl. 10), tako da ga oko, gledajući s druge strane sočiva iz $F_1$, vidi pod vidnim uglom $V = w/f$ puta većim, nego što bi se video golim okom (bez lupe) na normalnoj daljini jasnog viđenja $w = 25$ cm. $f$ = lupina žižna daljina, $V$ (uvećanje), do 10 puta.

b) Durbin za jasno viđenje i viziranje udaljenih predmeta sastoji se od jednog sabirnog sočiva sa velikom žižnom daljinom i velikim otvorom (objektiv), koje od vizirane tačke stvara stvarni (obrnuti) mali lik, koji se posmatra kroz okular koji deluje kao lupa. Za dobivanje neobojenih, nedeformisanih likova sastavljeni su kako objektiv tako i okular od više sočiva. Vizirane tačke na različitim daljinama videće se jasno, bilo što se menja otstojanje između objektiva i okulara, ili što se za nešto pomeri jedno između njih stavljeno sočivo za poništavanje paralakse. Končanični prsten (dijafragma) nalazi se na onom mestu, gde se stvara lik dobiven kroz objektiv; na njemu su razapeti dva ili više tankih konaca — končanica — sa dva ili više konaca — te tako postoji jedna ili više vizura.

U durbinu, kojim treba da se vizira na različite daljine, ove vizure su putevi koje opisuju končanični preseci u prostoru, kad je durbin nepomičan.

U pozitivnim okularima (po Ramsden-u) stoji končanični prsten izvan okularnih sočiva, u negativnom (po Huygens-u) između njih. Durbinovo uvećanje izraženo je sa $F/f$ ($F$, $f$ su žižne daljine objektivnog, okularnog sočiva), ugao vidnog polja dobiva se iz veličine $l$ letvinog otsečka uočenog između oboda končaničnog prstena — pomoću izraza $l/E \cdot \varrho^\circ$, gde je $E$ otstojanje do letve računato od prednje objektivne žiže.

Valjanost likova ispituje se posmatranjem udaljenih, oštro ograničenih predmeta, pismena i tome slično. Relativna jačina svetlosti izražava se po pravilu kao kvadrat prečnika u mm izlaznog otvora (zenice).

**Viziranje neke tačke.** — Najpre se pomeranjem okularnog sočiva u odnosu na končanicu (ili obratno) dovede končanica na daljinu jasnog viđenja, zatim u vidno polje dovedena vizirana tačka pomeranjem celog okulara (odnosno celog objektiva ili sočiva za poništavanje paralakse). Kada se potom finim pomeranjem durbina natera presek konaca da tačno poklopi viziranu tačku, tada se ovo poklapanje ne sme promeniti pomeranjem oka u stranu; u protivnom slučaju postoji paralaksa, koja se poništava malim naknadnim pomeranjem okularne cevi (objektiva ili sočiva za poništavanje paralakse).

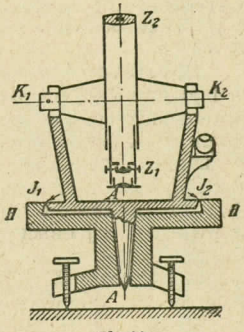
Tačnost viziranja. — Srednje otstupanje poentiranja pri viziranju sredina uzanih polja pod srednjim spoljašnjim prilikama može se pretstaviti sa $m_e'' = (15{,}65''/V)\sqrt{1+0{,}002\,Z}$, ako je $V$ = durbinovo uvećanje, $Z$ = dužina vizure u m (važi samo do 1 200 m). Kad se ceni položaj sredine konca, kojim se vizira na ma kome mestu nekog razmernika izdeljenog na $t$=5 ili 10 mm, srednje otstupanje poentiranja je $m_s'' = 3{,}925'' \cdot t/V + 41{,}25''/Z$.

c) Mikroskopi za čitanje služe za posmatranje i merenje bliskih malih predmeta (razmernika). Ovi složeni mikroskopi dejstvuju isto kao durbini, samo što se mikroskopov objektiv sastoji od jednog malog sabirnog sočiva sa malom žižnom daljinom koje stvara u dijafragminoj ravni stvaran, uvećan lik predmetov. Ako se preko ove dijafragme razapne tanak konac, čiji se položaj ocenjuje u uvećanoj razmernikovoj podeli, tada se to zove mikroskop sa crtom. Kod mikroskopa sa skalom stavlja se na dijafragmu jedna kratka skala, čija je dužina jednaka uvećanom najmanjem delu razmernikove podele; pomoću skale meri se daljina između skaline crte (pokazivača ili indeksa) i prethodne razmernikove crte. Kod mikroskopa sa zavrtnjem namešten je na ovoj dijafragmi tanak konac, koji se pomera mikrometarskim zavrtnjem, i to tako da se daljina između jedne razmernikove crte i indeksa obeleženog u vidnom polju može izmeriti tim zavrtnjem. Stavljanjem jedne kratke noniusne podele na mesto skale (v. 3. Nonius) dobiva se noniusni mikroskop. U poslednje vreme upotrebljavaju se staklene ravne paralelne ploče, koje se mogu obrtati radi merenja malih otstojanja, pri čemu opažani visinski ugao prema prolaznom zraku određuje ova otstojanja; kad se naspramna mesta na limbusu (na prečniku) ogledaju na istom mestu, može se istovremeno naći aritmetička sredina čitanja za jednu pokretnu sečicu (optički mikrometar) v. **C 1.**

3. **Nonius.** — Naprava za merenje malih delova neke podele (za dužine ili uglove) sa jednakim delovima. Obično su $n$ noniusnih delova jednaki ($n$ — 1) delova na merilu, tako da je jedan deo $M$ na merilu za $a = 1/n \cdot M$ duži od noniusovog dela. (tzv. noniusni podatak)). Ako je nulta crta noniusa indeks, a $k$-ta noniusna crta se poklapa sa nekom crtom na merilu, tada indeks otstupa od prethodne crte na merilu za $k\,a$. Da bi se lakše odredila vrednost ovoga otstojanja ($k\,a$) upisane su kraj nekih glavnih noniusnih crta i cifre $i\,a$. Srednje otstupanje jednog čitanja sa odličnim noniusom (podela na metalnim ivicama u jednoj istoj ravni), uz potrebu lupe sa uvećanjem oko 7 puta, iznosi ± 0,003 mm.

## C. Teodolit i njegova upotreba

**1. Teodolit za merenje horizontalnih uglova.** — Tronožac nosi horizontalni limbus $H$, a u njegovoj čauri (tulcu) obrće se alhidadni (indeksni) konus sa alhidadnom osom $AA$ (sl. 11). Sa alhidadnim konusnim delom čvrsto su vezani indeksi $J_1$ $J_2$ i oba durbinova nosača, u kojima leži obrtna osovina $K_1K_2$ durbina sa vizurom $Z_1Z_2$. Za grubo i fino pomeranje durbina u pravcu svake vizure služe pogodni zavrtnji za gruba i fina kretanja; za ispravno nameštanje teodolita služe libele, koje ili stoje u čvrstoj vezi sa alhidadom (alhidadne libele; za manju tačnost centrična libela) ili libela za stavljanje na obrtnu osovinu (libela za obrtnu osovinu) ili libela za nivelanje (celishodno reverzivna libela) čvrsto spojena sa durbinom. Pomoću pogodnih korektivnih zavrtnjeva može se končanica pomerati upravno na vizuru a jedno ležište obrtne osovine premeštati po visini. Kod nekih teodolita ekscentrični durbin stoji na jednom kraju obrtne osovine, da bi se moglo vizirati pod svakim visinskim uglom; kod repetirnog teodolita postoji i druga uspravna osa — limbusna osa — oko koje se može obrtati grubo i fino limbus zajedno sa alhidadom, tako da se može izmeriti multiplum (mnogokratnik, višestruka vrednost) svakog ugla.



Sl. 11

Rektifikacija teodolita: $\alpha$) $Z_1Z_2 \perp K_1K_2$; otstupanje vizure od upravne na obrtnu osu je vizurno ili kolimaciono otstupanje $c$, koje se može ukloniti pomeranjem končanice levo ili desno. $\beta$) $AA$ treba da stoji vertikalno; otstupanje alhidadne ose od vertikale je otstupanje $f$ zbog nameštanja, koje se uklanja dovođenjem alhidadne ose u vertikalu pomoću 3 položajna zavrtnja. $\gamma$) $K_1K_2 \perp AA$; kad je uslov $\beta$) zadovoljen, tada otstupanje od uslova $\gamma$) izaziva nagib $i$ (kosinu) obrtne ose, koji se može ukloniti dizanjem (ili spuštanjem) jednog ležišta obrtne osovine.

Uz $\alpha$). Posle viziranja jedne tačke $P$, udaljene i približno na horizontu, odredi se zadnje produženje ovog pravca posle obrtanja durbina (krajevi osovine $K_1$ i $K_2$ ostaju u svojim ležištima, objektiv i okular menjaju svoja mesta) u drugi položaj (na pr., pobijanjem znaćke $P_1$ ili čitanjem na nekoj vodoravnoj podeli). Posle obrtanja oko alhidadne ose opet se navizira $P$ u drugom durbinovom položaju, durbin se opet obrne oko obrtne ose i obeleži duga tačka $P_2$. Otstojanje $\overline{P_1P_2}$ odgovara kod teodolita sa centričkim durbinom $4c$ i otklanja se pomeranjem končanice vodoravno, tako da se vizura skrene za $\overline{P_1P_2}/4$.

Uz $\beta$). Dovođenje alhidadne ose u vertikalu pomoću alhidadne libele ili libele za nivelanje **B 1 b)** (str. 1347).

Uz $\gamma$). Rektifikovana vizura prema $\alpha$) treba da opisuje vertikalnu ravan pri obrtanju oko obrtne ose, kad je alhidadna osa vertikalna. **Ispitivanje:** pošto se navizira neka tačka $P$ na visini (pod visinskim

uglom $h$) spusti se durbin skoro u horizont i taj se pravac ka $P_1$ obeleži značkom ili očita na nekom razmerniku. Posle promene durbinovog položaja, viziranja u $P_1$ i dizanja durbina ka $P$ pokazuje se otstupanje, koje odgovara dvostrukom uticaju od kosine obrtne ose ($2\ i\ \mathrm{tg}\ h$) pa ga, prema tome, treba za polovinu popraviti dizanjem (ili spuštanjem), jednog ležišta obrtne osovine.

Ako postoji libela za obrtnu osovinu prvo se ona (kao osovinska libela) rektifikuje prema **B 1 b**) (str. 1347). Natera se mehur da vrhuni, libela se obrne za 180° oko alhidadne ose pa se nastalo mehurovo otstupanje popravi za polovinu na jednom ležištu obrtne osovine a za drugu polovinu položajnim zavrtnjima. Rektifikacija vizura vrši se prema $\alpha$).

Neupravnost vizure na obrtnu i obrtne ose na alhidadnu osu ($\alpha$ i $\gamma$) kao i (namerna ili nenamerna) ekscentričnost vizure prema limbusnom centru mogu se učiniti neškodljivim (bez uticaja) merenjem u dva durbinova položaja i obrazovanjem sredina (tzv. kompenzacisko merenje), međutim, to nije slučaj (kod običnih metoda merenja) sa uticajem otstupanja alhidadne osovine od vertikale. Ovo se otstupanje mora utoliko jače ukloniti ukoliko su vizure strmije. Uticaj ekscentričnog položaja alhidadne ose prema središtu izdeljenog kruga treba ukloniti uvek čitanjem naspramnih indeksa i obrazovati sredinu. Tačnija uglovna merenja treba izvršiti uvek u oba durbinova položaja.

**2. Merenje horizontalnih uglova.** — a) Girusnom metodom za merenje uglova (opažanje pravaca). Osobeni slučaj: jednostavno merenje ugla kad sa temena polaze samo dva pravca. Posle centrisanja teodolita nad uglovim temenom i dovoljno tačnog dovođenja alhidadne ose u vertikalu viziraju se redom sve tačke i čitaju odnosna čitanja pomoću indeksa. Zatim se durbin obrne u drugi položaj (da bi se uklonila ranije pomenuta otstupanja) i u tom položaju izvrši se isto merenje u suprotnom smeru. Primer na str. 1353 pokazuje način računanja. Čitanja na limbusu pišu se u prvom položaju uvek iznad, u drugom položaju durbinovom uvek ispod linije. Kad zbog povećanja tačnosti treba opažati više ($n$) girusa, pomeri se limbus posle svakog girusa za približno $180°/n$ u cilju uklanjanja podelinih otstupanja. Pre opažanja svakog novog girusa treba ispitati centrisanje i vertikalnost alhidadne ose.

b) Repetirnom ili višestrukom metodom (pojedinih uglova). Za ovu metodu treba imati repetirni teodolit; ona neposredno daje 2-, 4-struki traženi ugao, tako da se on može odrediti tačno (na nekoliko ″) čak i onda kad čitanja na limbusu nisu mnogo precizna (na pr. čitanja pomoću noniusa na malim limbusima). Merenje jednog ugla sa 4-strukom repeticijom (sa kompenzovanjem uticaja neupravnosti vizure na obrtnu i ove na alhidadnu osu): Posle centrisanja teodolita na temenu ugla i dovoljno tačnog dovođenja u vertikalu limbusne ose namesti se prvi nonius (1) približno na 0. Zatim treba navizirati levu vizurnu tačku $L$ obrtanjem oko limbusne ose, čitati na limbusu $a_0$. Vizirati desnu vizirnu tačku $R$ obrtanjem oko alhidadne ose, približno čitati na limbusu $a_1$. Otpustiti limbus, vizirati $L$; otpustiti alhidadu, vizirati $R$. Obrnuti durbin (u drugi položaj), otpustiti

**Tablica 1. Merenje horizontalnih uglova**

(Brojni primer)

Stanica: Darmstadt, saborna crkva, sa centra

Durbinov položaj: $\frac{1}{2}$, girus 1 (nonius 10″)

| Vizura | Indeks 1 ° | ′ | ″ | Indeks 2 ′ | ″ | Sredina ° | ′ | ″ | Pravci ° | ′ | ″ | Sredina za pravce Nagib ∢ ° | ′ | ″ | Primedbe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *A* | 5 | 12 | 10 | 12 | 40 | 5 | 12 | 30 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| *B* | 105<br>79 | 12<br>28 | 30<br>30 | 12<br>28 | 30<br>20 | 79 | 28 | 40 | 74 | 16 | 10 | | | | |
| *C* | 250<br>195 | 28<br>39 | 50<br>00 | 29<br>39 | 00<br>10 | 195 | 39 | 12 | 100 | 26 | 42 | | | | |
| | 15 | 39 | 20 | 39 | 20 | | | | | | | | | | |
| Stanica: Darmstadt, saborna crkva, sa centra | | | | | | | | | | | | | | | |
| $L=..C_5$ | 0 | 02 | 10 | 02 | 05 | 0 | 02 | 07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| $<$ | (9 | 47 | — | $=a_1$) | | | | | | | | | | | |
| $R=..D_3$ | | | | | | 53 | 26 | 32 | 9 | 44 | 04 | 9 | 44 | 07 | ±3″ |
| (6 puta) | 58 | 26 | 35 | 26 | 30 | | | | | | | | | | |
| | | | | $6w=$ | | 58 | 24 | 25 | | | | | | | |
| $L=..D_2$ | 0 | 01 | 10 | 01 | 20 | 0 | 01 | 15 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| $<$ | (250 | 17) | — | | | | | | | | | | | | |
| $R=..C_5$ | | | | | | 301 | 36 | 22 | 350 | 15 | 51 | | | | |
| (6 puta) | 201 | 36 | 25 | 36 | 20 | | | | | | | | | | |
| | | | | $6w=$ | | 301 | 35 | 07 | 359 | 59 | 55 | | | | |

limbus, vizirati *L*; otpustiti alhidadu, vizirati *R*. Otpustiti limbus, vizirati *L*, otpustiti alhidadu, vizirati *R*; čitati na limbusu $a_4$. Traženi ugao je $w=(a_4-a_0)/4$. Razlika $a_1-a_0$ daje približnu veličinu ugla, da bi se prema njemu moglo ustanoviti, koliko puta po 360° treba dodati na $a_1$ [odnosno koliko puta 360°/4 dodati na $(a_4-a_0)/4$]. Da bi se uklonio uticaj sistematskog otstupanja, koje dolazi od slučajnog pomeranja oba horizontalna kruga, vrše se s v a obrtanja u smeru obrtanja kazaljke na časovniku, dopunski ugao od 360° (*R*=leva, *L*=desna vizurna tačka) meri se na isti način i oba merena ugla izravnaju do 360°. Brojni primer za 6-to struku repeticiju v. tabl. 1.

**3. Teodolit za merenje vertikalnih uglova.** — Sa obrtnom durbinovom osovinom čvrsto je vezan jedan izdeljeni vertikalni punokružni limbus (za manje važne ciljeve luk), na kome se može čitati pomoću dva naspramna indeksa. Ovi indeksi su nameštени bilo na durbinovom nosaču ili na ploči — vertikalnoj alhidadi — užljebljenoj u vertikalni limbus. U pravcu vertikalnog limbusa, za preciznija merenja vertikalnih uglova, treba da postoji jedna osetljiva cevasta libela — visinska libela — bilo kao čvrsta libela na horizontalnoj alhidadi (ili na durbinskim nosačima) ili kao kontrolna libela na vertikalnoj alhidadi (koja se može obrtati) ili kao libela za nivelanje na durbinu (za nuždu).

N. vertikalnom limbusu brojevi mahom rastu neprekidno kao zenitna otstojanja u smeru obrtanja kazaljke na časovniku. Rektifikacija teodolita vrši se prethodno kao što je rečeno pod 1 (str. 1351).

a) Dvostruko merenje zenitnih daljina (najprecizniji način). Pošto se centriše rektifikovani teodolit na stanici dovede se alhidadna osa što bolje u vertikalu i izmeri visina obrtne ose nad stanicom (instrumentova visina). Navizira se tačka $P$, na pr., u prvom položaju u trenutku kad mehur visinske libele tačno vrhuni, i pročita tada $l$ na vertikalnom limbusu. Durbin se obrne oko svoje ose (zbog toga vertikalni limbus prelazi na desnu stranu vizure), vizira se ponovo kada mehur vrhuni i pročita $r$ na limbusu. Kad bi se (u međupoložaju) pri vizuri upravljenoj u zenit pročitalo $Z_0$ na vertikalnom limbusu (položaj zenitne tačke na vertikalnom limbusu), bila bi tražena zenitna daljina prema $Pz = l - Z_0 = Z_0 - r$, prema tome je $z = (l - r)/2$ a $Z_0 = (l+r)/2$. Za sve nepomične tačke je, prema tome, $l + r$ konstantno (merna proba). Preciznost se postiže ponavljanjem; treba pre početka novog merenja pomeriti na drugo mesto vertikalni limbus ili vertikalne indekse, čime se menja i $Z_0$. Brojni primer v. tabl. 2.

**Tablica 2. Merenje vertikalnih uglova** (brojni primer)

Stanica: Darmstadt 18

Položaj vertikalnog limbusa $\frac{l}{r}$, merenje 1, instrumentova visina 1,32 m

(nonius 20″)

| Vizura | Indeks 1 ° | ′ | ″ | Indeks 2 ′ | ″ | Sredina ° | ′ | ″ | $2z = l - r$ $z$ ° | ′ | ″ | Sredina iz $z$ ° | ′ | ″ | Primedbe | $2Z = l + r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dramstadt . | 168 | 23 | 20 | 23 | 50 | 168 | 23 | 35 | 156 | 31 | 05 | | | | sredina jabuke | 16′ 05″ |
| Saborna crkva | 11 | 54 | 10 | 50 | 50 | 11 | 52 | 30 | 78 | 15 | 32 | | | | | |

b) Jednostruko merenje zenitnih daljina, odn. visinskih uglova. — Da bi se jednim merenjem u jednom durbinovom položaju odmah pročitala zenitna daljina $z$ odn. visinski ugao $90^0 - z$ na vertikalnom limbusu, treba staviti $Z_0$ na nulu, odnosno na $90^0$ (uklanjanje otstupanja vertikalnog indeksa); tada je $l = z$ odnosno $r = 90^0 - z$ (uglovi za spuštene vizure su dopune $r$ do $360^0$).

Za uklanjanje indeksnog otstupanja može se prema a) meriti jedna (ili više) zenitna (— tnih) daljina i onda prema teodolitovoj konstrukciji pomeriti ili vertikalne indekse ili končaničin presek (u vertikalnom pravcu) sve dotle, dok se ne pročita izmerena zenitna daljina (odn. visinski ugao) vizirajući u tačku u trenutku kada vrhuni mehur na visinskoj libeli.

c) Merenje visinskih uglova kad se upotrebi libela za nivelanje na durbinu. — Prethodno treba što bolje doterati libelinu osu da bude paralelna sa vizurom

(v. rektifikaciju nivelmanskog instrumenta str. 1374). Ako se tada sa ispravno stavljenim teodolitom navizira tačka $P$, pročita $a$ na vertikalnom limbusu i zatim obrće durbin, dok mehur libele za nivelanje ne vrhuni, pročita $a_0$, tada je visinski ugao vizure ka $P$: $a - a_0$ ili $a_0 - a$.

## D. Magnetski instrumenti. Instrumenti za merenje visinskih i poziciskih uglova iz slobodne ruke

Kod geometarske busole na alhidadnoj osi stoji punokružna busola sa stepenskom ili polustepenskom podelom koja je obeležena ciframa u suprotnom smeru i jedan mali durbin sa obrtnom osom, podešen po potrebi za merenje otstojanja, a čija vizurna ravan prolazi paralelno sa prečnikom kroz nulu busoline podele. Stavljanjem jedne punokružne busole ili orijentaciske busole (za orijentaciju, na pr., na obrtnu durbinovu osovinu) teodolit je upotrebljiv za magnetska merenja. Magnetski azimut jedne vizure (horizontalni ugao između pravca magnetskog severa i vizure) određuje se kružnom busolom čitanjem severnim iglinim krajem a pomoću busole za orijentisanje kao razlika čitanja na horizontalnom limbusu posle viziranja tačke i posle umirenja igle. Čitanjem na oba iglina kraja (i uzimanjem sredine) uklanja se uticaj otstupanja zbog ekcentričnog položaja obrtne tačke magnetske igle u odnosu na središte podele i otstupanja zbog iglinog savijanja. Ako vizurna ravan zaklapa sa prečnikom kroz busolinu nulu ugao $i$ (indeksno otstupanje), tada će svi »opaženi« magnetski azimuti biti veći za $i$.

Srednje otstupanje viziranja i čitanja jedne dobre magnetske igle (pre svakog čitanja treba da se lako kucne) iznosi $\pm$ 2 do 6′; dnevna promena magnetskog pravca severa — meridijanskog — iznosi leti 0,2°, zimi 0,05°, tako da nemaju smisla merenja magnetskih azimuta tačnije od 0,1 ° kod se ne vodi računa o ovim promenama.

Razlika između dva magnetska azimuta izmerena na istoj stanici daje horizontalni ugao između oba pravca čak i onda kad magnetska igla skreće (tzv. merenje uglova busolom). Ako je poznat geografski azimut $\alpha$ nekog pravca a njegov magnetski $N$ azimut izmeren, onda se mogu naći (ne uzimajući u obzir male meridijanske konvergencije u malim oblastima) azimuti $\alpha'$ svih ostalih pravaca opažanih istim instrumentom iz odnosnih magnetskih azimuta $N'$ pomoću $N' + k$, gde je $k = \alpha - N$. Kad je $i = 0$, tada $k$ pretstavlja tadašnju magnetsku deklinaciju, koja se može približno uzeti, na pr., iz magnetske karte Nemačke od K. Haussmann-a.

Merenje uglova busolom je uopšte vrlo netačno u poređenju sa merenjem teodolitom, zbog čega se upotrebljava samo kod manje važnih snimanja, glavno preimućstvo busole sastoji se u tome što se njome u predelima gde nema mesnih uticaja na deklinaciju (koji se poznaju merenjem magnetskih azimuta na oba kraja kakve strane) mogu neposredno izmeriti magnetski azimuti (odnosno nagibi ili geografski azimuti) sa srednjim otstupanjem $\approx \pm 0{,}1^\circ$ i što se zbog toga pri me-

renju busolnih vlakova može preskočiti svaka druga tačka (merenje u skokovima), što ubrzava rad, naročito ako se primeni optičko merenje dužina i za tačke koje leže u stranu.

Da bi se postiglo povoljno prostiranje otstupanja kod busolnih vlakova uzimaju se što kraće strane (pod zemljom do 20, nad zemljom do 100 m).

Ručni padomeri koriste ili visak ili libelu za određivanje vertikalnog ili horizontalnog pravca pa se njima pri brižljivom radu mogu odrediti visinski uglovi sa srednjim otstupanjem $\approx \pm 0{,}1°$. Kod vrlo spretnog Wolz-ova instrumenta (u Bonn-u, po Brandis-u) osciluje krug sa podelom na obodu u jednoj kutiji oko horizontalne ose tako da njegov prečnik kroz nulu stoji uvek horizontalno pomoću jednog tega. Pomoću cevnog dioptra, nameštenog sa strane, može se navizirati tačka i istovremeno pročitali na obodnoj podeli visinski ugao vizurin. Kod Wichmann-ova džepnog padomera (Berlin) visinski ugao vizurin pročita se na jednoj skali, čiji uvećan lik uspravlja jedan teg-šetalica. Ispitivanje se ovde vrši dovoljno tačno merenjem istog visinskog ugla kao pozitivnog i negativnog (napred i natrag).

Sekstant (oktant, krug) sa ogledalima za merenje pozicijskih uglova. Za merenje ugla između leve i desne vizurne tačke $L$ i $R$ obrne se najpre veliko ogledalo tako, dok se ne poklope neposredni i dvaput odbijeni lik $L$, pa se tada čita na krugu $a_0$ ($\approx 0$). Obrtanjem velikog ogledala dovede se do poklapanja neposredni lik sa dvaput odbijenim likom $R$ i pročita $a_1$. Traženi pozicijski ugao između $L$ i $R$ (sredina velikog ogledala mu je teme) iznosi $w = a_1 - a_0$. Uslovi: Ogledala moraju biti ispravna (planparalelna) i stajati upravno na sekstantovu ravan. Mala ekscentričnost obrtne ose u odnosu na središte izdeljenog kruga, znatno kvari izmereni ugao, ako se može čitati samo na jednom indeksu, zbog čega treba sastaviti tablicu popravaka upoređenjem uglova izmerenih sekstantom sa njihovim pravim veličinama. Ogledala mogu potpuno ili delimično da se zamene prizmama, sem toga može se upotrebiti ceo (pun) izdeljen krug. Ako su $z_1$ i $z_2$ zenitna otstojanja ka levoj i desnoj tački i ako je $\alpha$ traženi horizontalni ugao, onda je

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{\sin(s - z_1)\sin(s - z_2)}{\sin s \sin(s - w)}}, \quad \text{gdeje} \quad s = \frac{w + z_1 + z_2}{2}.$$

Vešanjem viska sa koncem dužine $\approx 1¼$ m sa $\approx ¼$ m dugom trakom nad sredinom velikog ogledala i njegovim podesnim obrtanjem može se pravac viskovog konca ogledati u pravcu vizure; tada čitanje na limbusu daje (dovoljno tačno) $180° - z_1$ (odnosno $180° - z_2$) sa srednjim otstupanjem oko $\pm 10''$ (upotrebljivo, ako je $z > 60°$).

Preciznije se dobivaju visinski uglovi pomoću sekstanta merenjem ugla između tačkinog lika u ogledalu (visoke tačke) na veštačkom horizontu (živa, ulje, mastilo) i same tačke, ili, na moru, između horizonta i zvezde.

# III. Instrumenti za merenje dužina

## A. Letve za merenje dužina

Letve za merenje dužina (od borovine ili jelovine) obično 5 ili 3 m dužine, imaju na krajevima metalne okove sa ravnim ili sečivastim završetkom, metarske dužine su različito obojene i izdeljene na decimetre. Za merenje, po pravilu, upotrebljava se jedan par letava.

Prema pruskom katastarskom pravilniku X za katastarski premer[1]) jedna letva od pet metara sme da otstupa najviše za ± 1,6 mm, a letva od 3 m ± 1,3 mm od prave dužine. Pri preciznijim merenjima mora se odrediti prava dužina »letvinog metra« za letve u paru, da bi se merene dužine mogle preračunati na normalnu meru, jer se dužina »letvinog metra« menja čak i do 0,44 mm.

Za ovo je vrlo zgodan Sikler-ov (Karlsruhe u B.) poliski komparator, koji se sastoji iz jedne jake invarske pantljike (legura nikla sa čelikom sa oko 36% Ni, koja se pod uticajem toplote skoro ne menja) uvek jednako zatezane dinamometrom na letvi koja se upoređuje, tako da se može istovremeno očitati i letvina dužina.

U horizontalnom (ravnom) terenu vrši se merenjeređanjem letava pored obeleženog pravca, duž zategnutog kanapa ili duž kredom obeležene linije. U nagnutom terenu letve se drže vodoravno (upravno na viskov kanap) i pomoću viska se nastavljaju (stepenasto merenje) ili se letve polažu po terenu jedna za drugom pa se padomerom (tzv. redukciskim lukom sa što većom površinom naleganja) izmeri visinski ugao $\gamma$ za svaku letvu (koso merenje). Od kose dužine treba tada oduzeti zbir redukcija [$\Sigma (2\, l \sin^2 \gamma/2)$, gde je $l$ = dužina letve], da bi se dobila horizontalna dužina.

## B. Pantljike

Pantljike, mahom 20 m duge, izrađene su od čelika za opruge (10 do 28 mm širine, ½ mm debljine) sa alkama na krajevima, kroz koje se provlače štapovi za zatezanje, tako da se dužina pantljike računa između njih; manji delovi podele su decimetri.

Pri merenju se obeležava kraj pantljike svaki put pobijanjem klina za brojanje (brojač), pantljika se zateže pri tom sa oko 15 kg niena temperatura obično se ne uzima u obzir (promena dužine pantljike od 20 m usled 10° iznosi ≈ 2,2 mm). Na nagnutom terenu obično se meri kad pantljika skoro leži po terenu, međutim, prednji klin brojač pomakne se svaki put napred za $r = 2\, l \sin^2 (\gamma/2)$ ($l$ = dužina pantljike, $\gamma$ = visinski ugao), da bi se odmah dobila horizontalna dužina. $\gamma$ (ili odmah $r$ za $l$ = 20 m) se meri jednim malim padomerom (na pr., Wolz-ovim, v. II D, str. 1356).

Pantljike drugog oblika su (lakše) ručne pantljike sa podesnim ručicama za navijanje, da bi se moglo meriti bez štapova za zatezanje; za manje važne ciljeve treba upotrebljavati platnene pantljike sa utkanim bronzanim žicama.

---

[1]) Berlin, R. v. Deckers Verlag (G. Schenck) v. i III B.

Prema pruskom katastarskom pravilniku X[1]) smeju 20 m dugačke pantljike otstupati za ± 3,5 mm zbog istezanja na toploti. Po rešenju pruskog geodetskog saveta[2]) najveće dopušteno otstupanje od normalne mere sme iznositi kod letava i pantljika (do $n = 30$ m dužine) $d = (1 + 0{,}1 \cdot n)$ u milimetrima.

»Dužina pantljikinog metra« određuje se upoređivanjem dužine cele pantljike sa dužinom oko 20 m, izmerenom normalnom merom, na pr., pomoću dva metalna kontrolna metra sa oštrim dodirnim krajevima.

## C. Lanac. Točak. Žica

Lanac je istisnula pantljika i ne sme se upotrebiti za katastarski premer. Točak sa priborom za brojanje obrtaja upotrebljava se samo u naročitim slučajevima (na pr. na železničkim šinama). Žice od invara sa finim priborom za uterivanje u pravac i zatezanje upotrebljavaju se danas za najtačnija merenja dužina. Zgodno sredstvo pri izradi skica i sl. je brojač koraka: dužinu koraka treba svaki put odrediti probom.

## D. Tačnost

Merenje letvama po tačnosti je bolje od običnog merenja pantljikom; po Jordan-u može se smatrati da je prosečno srednje, slučajno otstupanje jednog merenja od $s$ m kod merenja letvom $\pm 0{,}003 \sqrt{s}$, pantljikom $\pm 0{,}005 \sqrt{s}$, lancem $\pm 0.008 \sqrt{s}$. Dublja ispitivanja uzimaju u obzir nepromenljiva i sistematska otstupanja i po njima je celokupno otstupanje $m_s = c + \mu \sqrt{s} + fs = \sqrt{c^2 + \mu^2 s + f^2 s^2}$. Veličine $c$, $\mu$ i $f$ vr'o su raz'ičite, na pr., prema Rejnhertz-u je $m_s = \sqrt{10 + 0{,}0204\ s + 0{,}000\,56\ s^2}$, gde je $m_s$ u milimetrima, $s$ u metrima, za merenje letvama koje su dobro upoređene, a za ravan i čvrst teren. Dopušteno otstupanje između dva merenja iznosi približno $a = \pm 3 \sqrt{2} \cdot m_s$.

Na pr., po pruskom katastarskom pravilniku IX važi za ravan teren $a_{\mathrm{I}} = 0{,}01 \sqrt{4\,s + 0{,}005\,s^2}$, za vrlo neravan teren $a_{\mathrm{III}} = 0{,}01 \sqrt{8\,s + 0{,}01\,s^2}$; prema zaključcima Saveta[2]): $a_{\mathrm{I}} = 0{,}02 + 0{,}004 \sqrt{s} + 0{,}0003\,s$ do $a_{\mathrm{III}} = 0{,}02 + 0{,}008 \sqrt{s} + 0{,}0004\,s$.

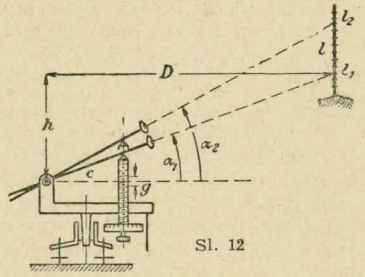
Merenje letvama sa krajevima u vidu sečiva duž zategnutog kanapa i određivanjem visinskog ugla padomerom za svaku letvu tačnost se osetno povećava. Za radove na trasiranju zahteva se odmeravanje dužine skoro svuda sa sigurnošću od 1/2000.

## E. Optički daljinar

Kod ovih instrumenata obrazuje se uvek trougao, u kome se mogu odrediti oštri ugao i njemu naspramna strana (osnovica), da bi se mogla odrediti druga trouglova strana.

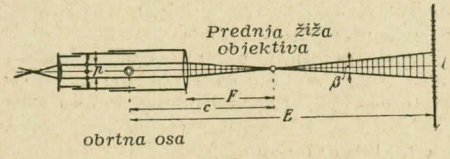
[1]) Berlin, R. v. Deckers Verlag (G. Schenck).
[2]) Z. f. Vermesswes. 58 (1929), Sonderheft.

1. Daljinar sa tangentnim zavrtnjem (tangentni obrtni zavrtanj). — Obrtanjem finog zavrtnja za merenje obrće se durbin oko vodoravne ose (sl. 12). Ako je zavrtnjev hod $g$ i $c$ daljina obrtne ose od zavrtnja, dalje $D$ i $h$ horizontalno i vertikalno otstojanje donje vizirane tačke na vertikalno držanom razmerniku (nivelmanska letva) od obrtne ose, tada je $D=l\,c/[g\,(a_2-a_1)]$ i $h = D\,g\,(a_1 - a_0)/c = l\,(a_1 - a_0)/(a_2 - a_1)$, gde je $a_0$ čitanje na zavrtnjevoj glavi pri horizontalnoj vizuri, $a_1$ čitanje posle viziranja na $l_1$, $a_2$ posle viziranja na $l_2$, i $l=l_2-l_1$. Vrlo često je $g=c/100$ (procentni zavrtanj) i $a_2-a_1=1$ (jedno zavrtnjevo obrtanje), tako da se odnosno (nezaokrugljeno) $l$ mora očitati na letvi; tada je $D=100\,l$ a $h=(a_1-a_0)\,l$. Konstanta $c/g$ određuje se tačno iz $D$, koje treba izmeriti letvama, i opažanih $l$ i $a_2-a_1$.



Sl. 12

2. Daljinar sa 3 konca (stadimetriski). — Na končaničkom prstenu u durbinu zategnuti su sem jednostavnog krsta još dva konca, mahom horizontalna, na razmaku $p$. Na taj način dobivaju se dve vizure, koje stalno zaklapaju ugao $\beta$ (sl. 13). Ako se na letvi upravnoj na srednju vizuru vidi otsečak $l$ između ova dva konca, tada je po sl. 13: $E=c+F/p\cdot l=c+C\,l$. Oblik ove jednačine ostaje nepromenjen i kod negativnih okulara. Kod Porro-vog daljinara je (približno) $c=0$. Teži se mahom da $C$ bude 100 ili 200. Kod običnih daljinara meri se $c$ neposredno na samom instrumentu (do na cm). $C$ se nalazi kao aritmetička sredina iz više, na horizontalnom terenu tačno izmerenih otstojanja $E_1$, $E_2$... (na pr., 50 m, 100 m...) i pri horizontalnoj vizuri opažanih odnosnih $l_1, l_2$... dobivenih vrednosti $C_1=(E_1-c)/l_1$, $C_2=(E_2-c)/l_2$, ... Kako se na većini novijih instrumenata $C$ ne može menjati, to su $c$ i $C$ češće nezaokrugljeni brojevi, na pr., $E=0.41+99{,}42\,l$. Za zgodnije izračunavanje mnogobrojnih $E$ treba čitati između konaca približnu vrednosti $(E) = 0{,}5 + 100\,l$ neposredno, pa joj dodati malu popravku $E-(E)\approx$ $\approx -0{,}09 - 0.58\cdot(E)/100$, koja se može naći pomoću grafikona ili tablica.



Sl. 13

Ako je prava vizura pod uglom $\alpha$ prema horizontu a $l$ pomoću konaca pročitani otsečak na vertikalno postavljenoj letvi, tada se horizontalno i vertikalno otstojanje između tačke gde vizura probija letvu i prekreta durbinovog — dovoljno tačno za sve svrhe — dobiva po jednačinama $D=c\cos\alpha+C\,l\cos^2\alpha$ i $h = c\sin\alpha + C\,l\sin\alpha\cos\alpha$. Mesto ovih dveju jednačina najviše se upotrebljavaju približne jednačine $(D)=E\cos^2\alpha=E-E\sin^2\alpha$ i

$(h) = E\,{}^1/_2 \cdot \sin 2\alpha = (D)\,\mathrm{tg}\,\alpha$, gde je $E = c + C\,l$. Njihove popravke koje se uzimaju u obzir samo u slučaju preciznih merenja (upotreba vertikalnih letava poduprtih kosnicima) iznose: $D - (D) = 2\,c \sin^2(\alpha/2) \cos\alpha$ i $h - (h) = 2\,c \sin^2(\alpha/2) \sin\alpha$. Ove popravke se uzimaju iz tablica. Ako je $Q$ visina stanice, $J$ visina obrtne ose nad stanicom, $Z$ visina prodora vizure kroz letvu (srednji konac) — koji se često obeležava nišanom (pomerljivim) i sl. — iznad letvinog podnožja, a $q$ visina mesta gde stoji letva, tada $q = Q + J - Z + h$. Biranjem podesnog $Z$ može se izraz $Q + J - Z$ svaki put doterati na ceo broj metara.

Precizno se računaju $(D)$ i $(h)$ pomoću logaritamskih tablica sa 4 i 5 decimala, osim toga za brzo računanje služe naročiti logaritmari (kod ovih tahimetriskih logaritmara određuje se mesto desetne zapete grubim računom. Svakih 60 m i 1° daju u $(h)$ po 1 m) i tablice (na pr. Jordan-ove Hilfstafeln für Tachymetrie) ili grafikoni.

Srednje otstupanje za daljinu koja se određuje kad su mali visinski uglovi i kad durbin ima 20-tostruko uvećanje može se uzeti ± 1/400 do 1/500 daljine ($C \approx 100$, upotreba letve sa centimetarskom podelom i centričkom libelom kad se slobodno drži; čitanje pomoću oba konca). Ako se čitanje pomoću dva konca zameni stavljanjem konaca na oštro ocrtane tačke, na pr., na sredine centimetarskih polja, može se tačnost popeti na ± 1/2200, upotrebljavajući pri tome i poduprtu letvu[1]). Da bi se dobila horizontalna dužina meri se teodolitom za merenja dužina vrlo precizno horizontalni ugao pod kojim se vidi jedna letva dužine 1 do 3 m, stavljena horizontalno i upravno na vizuru.

Auto-reduktivni daljinari. — Sa Hammer-Fennel-ovim daljinarom[2]) — pri proizvoljno nagnutoj vizuri (između ± 30°) — čitaju se, između oba »dužinska« i oba »visinska« konca na vertikalnoj letvi, neposredno zaokrugljeni razlomci $l_1$ horizontalnog otstojanja $D$, odnosno $l_2$ visinske razlike $h$, tako da je na pr., $D = 100\,l_1$ a $h = 20\,l_2$. — Projekciski tahimetri ili tahimetri sa razmernicima (na pr., Kreuter-ov, Wagner-Fennel-ov) daju horizontalno otstojanje $D$ i visinsku razliku $h$ (odn. odmah i visinu $q = Q + J - Z + h$) neposredno čitajući na jednom horizontalnom i vertikalnom razmerniku. Stoga je kod njih za durbin vezan jedan $E$-razmernik sa početkom u obrtnoj osi tako, da pri dizanju ili spuštanju ostaje paralelan donjoj vizuri. Pošto se, na letvi, koja se drži upravno na donju vizuru, pročita između konaca koso otstojanje $E' = c + C\,l$ pa ovo namesti na razmernik $E$, onda to čitanje na horizontalnom i vertikalnom razmerniku daje horizontalnu projekciju $D = E' \cos\alpha$ i visinsku razliku $h = E' \sin\alpha$ između obrtne ose i mesta gde letvu pogađa donja vizura, ako $\alpha$ znači visinski ugao donje vizure. Na reduktivnom tahimetru Bosshardt-Zeiss-ovom[3]) stavljen je ispred jedne polovine

[1]) v. Hohenner-ov: Präzisionsdistanzmesser, Leipzig 1919, Teubner. — [2]) Stuttgart 1901 kod Wittwer-a. — [3]) Bosshardt: Das neue Reduktionstachymeter Bosshardt-Zeiss, Schweiz. Z. f. Vermesswes u. Kulturtechnik 1927, Buchdruckerei Winterthur. — Bosshardt: Optische Distanzmessung und Polarkoordinatenmethode, Stuttgart 1930, Wittwer

objektiva optički klin koji se pri obrtanju durbinovom automatski okreće tako, da se dva lika jedne horizontalne letve pomeraju uvek za $1/100 \cdot D$. Naročitim uređajem u durbinu bivaju oba ova lika potpuno razdvojeni i njihov razmak (pomoću noniusa itd.) veoma tačno izmeren. Srednje otstupanje neke horizontalne duži ne merene jedanput ovim preciznim daljinarom iznosi oko $\pm 1/1800$ otstojanja[1]).

---

# IV. Snimanje za horizontalnu pretstavu numeričkom metodom

## A. Male površine

Male površine snimaju se na pravu koja prolazi njihovom dužinom (detaljna linija, apscisna osa) merenjem pravouglih koordinata $(x, y)$ pojedinih karakterističnih tačaka. Merenjem otstojanja ovih tačaka (frontova) i upoređivanjem sa dužinama dobivenim iz odnosnih koordinatnih razlika, dobiva se kontrola. Za obeležavanje temena pravih uglova služe instrumenti opisani pod **II A** (str. 1344), sa srednjim otstupanjem od $m_r = \pm 2'/_0' \cdot y$. Ako se dopušta, na pr., $m_x = \pm 3$ cm, ne smeju ordinate biti duže od $y = \pm 50$ m; dakle, između dve susedne tačke otstupanje dužine ne sme preći $\pm 3\sqrt{2 \cdot 3} = \pm 13$ cm. Apscise i ordinate mere se letvama za dužinu ili pantljikama, ređe daljinarima[2]), apscise isključivo u neprekidnom brojanju.

Ako za snimanje cele jedne grupe preglednih parcela nije dovoljno jedna linija, upotrebljavaju se više linija spojenih u trougle i njihov se međusobni položaj određuje merenjem dužina. Pri obeležavanju linijske mreže treba paziti da se oblik i veličina nekog trougla ako ima više od jednog oštrog ugla određuje vrlo nesigurno, zbog neizbežnih otstupanja dužina; merenjem jedne trouglove visine ovo se uklanja. Pojedine karakteristične tačke mogu se i dalje snimati merenjem njihovih pravouglih koordinata u odnosu na neku susednu liniju za detaljisanje i »vezivanjem« prave kroz dve tačke za dve povoljne linije za detaljisanje; istovremena primena oba načina (kao i merenja frontova) služi kao kontrola. Rezultati merenja upisuju se prema utvrđenim pravilima u skicu (koja se crta u približnoj razmeri) upotpunjujući je obeležavanjem severnog pravca, topografskim znacima za granične tačke i granice, za vrste kultura, kao i imenima vlasnika pojedinih površina.

Kod polarne metode snimanja pravci se po pravilu opažaju teodolitom a horizontalna otstojanja određuju optičkim daljinarima (v. **III E**).

---

[1]) Schneider: Genauigkeitsergebnisse usw., Z f. Instrumentenkunde 49 (1929) str. 541 i dalje; tamo je data dalja literatura.

[2]) Vidi primedbu [3]) na str. 1360.

## B. Snimanje na podlozi poligonske mreže

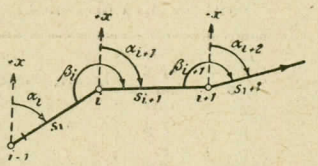
Ovaj način je potreban u slučaju kad površina, koja se snima, nije pregledna i takvog oblika, da se pojedine linije za detaljisanje ne mogu dovoljno tačno međusobno odrediti samo merenjem dužina. Tada se upotrebljavaju poligonski vlaci, koji obuhvataju i presecaju tu površinu tako, da se kako sa poligonskih strana tako isto i sa linija za detaljisanje između tačaka na tim stranama itd., mogu snimiti karakteristične i granične tačke na način opisan u **IV A.** Radi postizanja velike tačnosti treba birati poligonske tačke tako, da strane u mreži budu prosečne dužine 150 m (ne ispod 50 i ne preko 300 m) i da ne budu kratke i duge strane jedna za drugom; dalje, da se lako mogu meriti dužine poligonskih strana letvama ili pantljikama i da se značke na tačkama mogu videti što je moguće niže pri zemlji, kad se mere uglovi malim teodolitima.

Obeležavanje tačaka vrši se koljem, gvozdenim i keramičkim cevima i kamenom; u skici poligonske mreže one se obeležavaju mahom brojevima. Merenje strana vrši se napred i nazad na centimetar — oba merenja smeju se razlikovati (posle redukcije na normalnu meru, ako je potrebno) najviše za $\pm 0{,}007 \sqrt{s}$ Merenje uglova vrši se girusnom metodom (jednom u svakom durbinovom položaju) ili dvostrukim repetovanjem i daje pojedine uglove, ako se još i dobro centriše, sa srednjim otstupanjem oko $\pm 15''$. Zbog kratkih uglovnih krakova treba obratiti veliku pažnju na centrisanje teodolita i signala.

Ako se ne mogu izbeći kratke strane, tada se otklanjaju velike uglovne greške, prouzrokovane malim otstupanjima u centrisanju, pomoću naročitih uređaja, kojima se signali i teodolit mogu stavljati naizmenično na isto mesto do na nekoliko milimetrovih delova tačno. Ovo p r i n u d n o c e n t r i s a n j e postiže se, na pr., pomoću cilindričnih ležišta (Breithaupt-a iz Kassel-a) ili frajberškim priborom (Hildebrandt iz Freiberg-a u Saks.).

Ako je već poznat zbir poligonskih uglova, na pr., ako zbir $\left\{\begin{matrix}\text{unutarnjih}\\ \text{spoljnih}\end{matrix}\right\}$ uglova u zatvorenom poligonu sa $n$ prelomnih tačaka iznosi $\left\{\begin{matrix}n-2\\ n+2\end{matrix}\right\} \cdot 180^\circ$, onda otstupanje zbira uglova od potrebnog iznosa ne treba da pređe $\pm (45'' \text{ do } 60'') \sqrt{n}$, inače se može sumnjati da ima grubih grešaka. Uglove i strane treba upisati u formular (str. 1353), pošto se stubac »primedbe« pretvori u stubac »dužine«. U naročitom slučaju, na pr., kod opštih železničkih prethodnih radova, strane se određuju optičkim daljinarima (**III E**, str. 1358) ili posrednim putem, merenjem jedne dužine i najmanje dva ugla u jednom trouglu u kome se nalazi poligonska strana koja se određuje. Radi orijentisanja poligonske mreže prema stranama sveta može se izmeriti (bar busolom) azimut jedne poligonske strane. Kako je nanošenje dugačkih poligonskih vlakova pomoću transportera i razmernika netačno, računaju se mahom pravougle koordinate za poligonske tačke tako da se pomoću njih mogu uneti u tačnu decimetarsku mrežu (**IV F**, str. 1371).

**Računanje poligonskih vlakova.** — U narednom izlaganju se usvaja, da se $+y$-osa dobiva uvek obrtanjem $+x$-ose u smeru obrtanja kazaljke na časovniku (+ smer) za 90° (= 100g). Nagib nekog pravca je pozitivni ugao između paralele sa $+x$-osom i pravca. Ako su tada (sl. 14) $i-1$, $i$, $i+1$ tri uzastopne poligonske tačke u pravcu računanja poligona, $s_{i-1}$, $s_i$, $s_{i+1}$ poligonske strane između tačaka $i-2$, $i-1$, $i-1$, $i$; $i$, $i+1$, a $\alpha_{i-1}$, $\alpha_i$, $\alpha_{i+1}$ njihovi nagibi, sem toga $\beta_i$ prelomni ugao u tački $i$, računat kao + ugao obrtanja levog kraka $i$, $i-1$, dok ne dođe u pravac naredne poligonske strane, dakle u pravac $i$, $i+1$, (prema tome svi poligonski uglovi leže na levoj strani vlakna), $x_i$, $y_i$; $x_{i+1}$, $y_{i+1}$ pravougle koordinate tačaka $i$ i $i+1$, onda uopšte važi:



Sl. 14

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i \pm 180^\circ + \beta_i; \qquad y_{i+1} = y_i + s_{i+1} \sin \alpha_{i+1};$$

$$x_{i+1} = x_i + s_{i+1} \cos \alpha_{i+1}.$$

Ako su date koordinate j e d n e poligonske tačke i nagib (ili azimut) jedne poligonske strane, tada se pomoću ovih osnovnih jednačina dobivaju koordinate svih poligonskih tačaka. Pri tome se, prema potrebi, bira uvek onaj znak za 180°, da $\alpha_{i+1}$ bude između 0° i 360°. Za računanje koordinatnih razlika dovoljni su 4- ili 5-to decimalni logaritmi. Znake trigonometriskih funkcija uglova u četiri kvadranta pokazuje donja tablica.

| Kad je α u: | onda je sin | cos | tg |
|---|---|---|---|
| I kvadrantu | + | + | + |
| II „ | + | − | − |
| III „ | − | − | + |
| IV „ | − | + | − |

Za nalaženje trigonometriskih funkcija ma kako velikog nagiba (i obratno) koristi se razlika između nagiba i granice prethodnog kvadranta. Ako je nagib u I ili III kvadrantu, onda su trigonometriske funkcije ovog oštrog ugla u isto vreme i funkcije nagiba, ako je on u II ili IV kvadrantu, treba uzeti co-funkcije oštrog ugla. I mašina za računanje, naročito dvostruka mašina, olakšava računanje koordinatnih razlika.

**1. Za računanje otvorenih ili slobodnih poligonskih vlakova** (koji se ne oslanjaju na date tačke) nema nikakve sigurne kontrole. stoga ovakve vlakove treba što više izbegavati. Jedna (mada gruba) kontrola za merenje uglova sastoji se u merenju nagiba (azimuta) prve i poslednje poligonske strane pomoću busole.

**2. U zatvorenom poligonu** poklapaju se početna sa završnom tačkom, pa se merenjem svih strana i uglova dobivaju tri prekobrojna opažanja. Uglovno otstupanje $w_\beta$ zbira prelomnih uglova od potrebnog iznosa (v. napred) deli se podjednako na izmerene poligonske uglove. Zatim se sa ovim popravljenim uglovima iz-

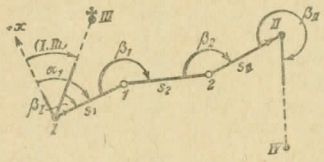
(Nastavak teksta na str. 1365)

## Tablica I. Poligonski vlak od I = P. P. 5 do II = P. P. 11

| Strana $s$ / Tačka | Nagib $\sphericalangle\alpha$ Prelomni ugao $\sphericalangle\beta$ / $d\beta$ | $\lg \sin\alpha$ / $\lg s$ / $\lg \cos\alpha$ | $\lg (s \sin\alpha)$ / $\lg (s \cos\alpha)$ | $\Delta y = s \sin\alpha$ / $dy$ / $y$ | $\Delta x = s \cos\alpha$ / $dx$ / $x$ | $y_{III} = +1444{,}0$; $y_I = +1382{,}7$; $y_{II} - y_I = +61{,}44$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (I · III) = | 168°43′05″ | ka P. P. 6 | | | | $x_{III} = -3060{,}08$ |
| | 236 58 44 | | | | | $x_I = -2752{,}10$ |
| I = P. P. 5 | + 21 | | | + 1382,76 | − 2752,10 | $x_{III} - x_I = -307{,}98$ |
| I · 1 = 70,74 | 45 42 10 | 9.85 475 | 1.70 442 | + 50,63 | + 49,40 | $y_{III} - y_I$ \| 1.78 845 |
| | 182 43 53 | 1.84 967 | | + 2 | − 2 | $x_{III} - x_I$ \| 2.48 852 *n* |
| 1 = P. P. 7 | + 21 | 9.84 409 | 1.69 376 | + 1433,41 | − 2702,72 | tg (I · III) \| 9.29 993 *n* |
| 82,95 | 48 26 24 | 9 87 405 | 1 79 287 | + 62,07 | + 55,03 | (I · III) = 168° 43′ 05″ |
| | 179 54 52 | 1.91 882 | | + 2 | − 3 | $y_{IV} = +16\,46{,}22$ |
| 2 = P. P. 8 | + 21 | 9.82 178 | 1.74 060 | + 1495,50 | − 2647,72 | $y_{II} = +17\,22{,}45$ |
| 109,21 | 48 21 37 | 9.87 352 | 1.91 178 | + 81,62 | + 72,56 | $y_{IV} - y_{II} = -76{,}23$ |
| | 179 59 28 | 2.03 826 | | + 2 | − 3 | $x_{IV} = -23\,96{,}57$ |
| 3 = P. P. 9 | + 20 | 9.82 246 | 1.86 072 | + 1577,14 | − 2575,20 | $x_{II} = -24\,47{,}37$ |
| 99,11 | 48 21 25 | 9.87 350 | 1.86 962 | + 74,07 | + 65,86 | $x_{IV} - x_{II} = +50{,}80$ |
| | 180 34 18 | 1.99 612 | | + 2 | − 3 | $y_{IV} - y_{II}$ \| 1.88 213 *n* |
| 4 = P.P 10 | + 21 | 9.82 249 | 1.81 861 | + 1651,23 | − 2509,37 | $x_{IV} - x_{II}$ \| 1.70 586 |
| 94,43 | 48 56 04 | 9.87 735 | 1.85 246 | + 71,20 | + 62,03 | tg (II · IV) \| 0.17 627 *n* |
| | 74 44 21 | 1.97 511 | | + 2 | − 3 | (II · IV) = 303° 40′ 45″ |
| II = P.P.11 | + 20 | 9 81 751 | 1.79 262 | + 1722,45 | − 2447,37 | $\Sigma (+ s \sin\alpha) = +339{,}59$ |
| | | | | | | $\Sigma (- s \sin\alpha) = -0{,}00$ |
| | 303 40 45 | ka P. P. 12 | | | | $\Sigma (s \sin\alpha)$ je $= +339{,}59$ |
| $\Sigma s = 456{,}$ | 1203 38 41 | | | | | treba da je $= +339{,}69$ |
| $w_\beta =$ | − 204 | | | | | $w_y = -0{,}10$ |
| | | | | | | $\Sigma (+ s \cos\alpha) = +304{,}83$ |
| | | | | | | $\Sigma (- s \cos\alpha) = -0{,}00$ |
| | | | | | | $\Sigma (s \cos\alpha)$ je $= +304{,}88$ |
| | | | | | | treba da je $= +304{,}73$ |
| | | | | | | $w_x = +0{,}15$ |
| | | | | | | $f = \sqrt{0{,}10^2 + 0{,}15^2} = 0{,}18$ |

(Nastavak teksta sa str. 1363)

računaju na osnovi ranijih osnovnih jednačina, koordinatne razlike $s \sin \alpha$ i $s \cos \alpha$, a one pokazuju, zbog još zaostalih otstupanja u stranama i uglovima, koordinatna otstupanja $w_y = \Sigma (s \sin \alpha)$ i $w_x = \Sigma (s \cos \alpha)$, kojima odgovara linearno otstupanje vlaka $f = \sqrt{w_y^2 + w_x^2}$. Ako je $f <$ od $\approx 0{,}015 \sqrt{\Sigma s}$, onda verovatno nema grubih grešaka, pa se $w_y$ i $w_x$ može podeliti na odnosne koordinatne razlike proporcionalno pojedinim stranama. Greške koje bi dolazile od neispravne dužine instrumenta za merenje dužina treba ukloniti upoređenjem instrumenta sa normalnom merom.




Sl. 15

3. Ako se poligonski vlak proteže između dve date krajnje tačke I i II (sl. 15) i ako su pored toga u I i II poznati nagibi početnog i završnog pravca (I · III) i (II · IV) (možda iz poznatih koordinata III i IV) i izmereni vezni uglovi $\beta_I$ i $\beta_{II}$, tada se vrši sledeće postupno izravnavanje ovog na oba kraja oslonjenog dvostruko orijentisanog vlaka. Nagibi, početni i završni, dobivaju se iz: $\operatorname{tg}(\mathrm{I} \cdot \mathrm{III}) = (y_{III} - y_I)/(x_{III} - x_I)$ i

$$\operatorname{tg}(\mathrm{II} \cdot \mathrm{IV}) = (y_{IV} - y_{II})/(x_{IV} - x_{II}).$$

Uglovno otstupanje biće $w_\beta = [(\mathrm{I} \cdot \mathrm{III}) + \Sigma \beta - k \cdot 180^\circ] - (\mathrm{II} \cdot \mathrm{IV})$, ako je $k$ ceo broj, koji ne mora biti bliže poznat. Ako je $w_\beta$ dopušteno (v. napred) onda se ono deli podjednako na $n$ pojedinih prelomnih uglova $\beta$, i posle računanja pojedinih nagiba i koordinatnih razlika, pokazuju se potom koordinatna otstupanja $w_y = \Sigma (s \sin \alpha) - (y_{II} - y_I)$ i $w_x = \Sigma (s \cos \alpha) - (x - x_I)$. Ovima odgovara linearno otstupanje $f = \sqrt{w_y^2 + w_x^2}$. Ako je ono dopušteno, tada se ova otstupanja dele na isti način kao pod 2. Za katastarsko snimanje u Pruskoj, prema pravilniku IX[1]), bilo bi dopušteno: $w_\beta \leqq 1{,}5' \sqrt{n}$ a u terenu I kategorije $f_l \leqq 0{,}01 \sqrt{4\,[s] + 0{,}005\,[s]^2}$; prema zaključku Saveta[2]): $w_\beta \leqq 1' \sqrt{n}$, otstupanje dužina $\Delta l_l \leqq 0{,}05 + 0{,}002 \sqrt{[s]} + 0{,}000\,3\,[s]$ i poprečno otstupanje $\Delta_w \leqq 0{,}05 + w[s]$, gde je $w = 1'/\varrho' \cdot \sqrt{n(n+1)/12(n-1)}$. Najbolje je vršiti računanje u obliku tablica, na pr., na način pokazan u tablici 1 (str. 1364), gde su date količine istaknute masnim brojevima.

## C. Snimanje na podlozi trigonometriske i poligonske mreže

Ovo je neophodno kad se poligonski vlaci daleko prostiru, kada njihove krajnje tačke nisu dovoljno tačno određene, zbog otstupanja kod merenja dužina. Tada se teren za snimanje pokrije po mogućstvu ravnostranim, međusobno povezanim trouglima, čije

[1]) Berlin, R. v. Deckers Verlag (G. Schenck). [2]) Primedba [2]) na str 1358.

se strane isključivo nalaze pomoću uglova (trigonometriski) i jedne jedine pogodne trouglove strane, koja se izmeri 2 do 4 puta dobrim letvama, uporedenim sa normalnom merom (str. 1357, 1358). Dužine trouglovih strana: od ½ do 1 ½ km; trouglova temena obeležavaju se jakim kolјem, keramičkim cevima, približno 1 m dugačkim lomljenim kamenom, dobro je ako imaju podzemno osiguranje u vidu keramičke cevi, pločice i sl. Signalisanje se vrši jakim oko 3—4 m dugačkim, pravim, od kore očišćenim oblicama, koje na vrhu imaju prikovan krst od daščica, zastavu i sl., a poduprte su kosnicama. Uglovi se mere srednjim teodolitima (noniusni podatak oko 20″) po mogućstvu na svim tačkama po pravilu u dva do četiri puna girusa, kod manjeg broja uglova i četvorodo šestostrukim repetovanjem svakog ugla i njegove dopune. Dobivaju se više uglova nego što je potrebno za jednoznačno određivanje triangulacije po veličini i obliku (recimo pomoću sinusne teoreme za ravne trougle).

Da bi se našle sve strane bez otstupanja, moraju se merenja izravnati, najbolje po metodi najmanjih kvadrata, bilo po pravilima koja važe za izravnavanje uslovnih opažanja ili pravilima za posredna opažanja preko koordinata trigonometriskih tačaka (**IV D** 4, str. 1369). Prvo se može pojednostaviti ako se svako otstupanje zbira uglova u trouglu od 180° podeli podjednako na sva tri ugla, ako su sva tri merena istom tačnošću i kad se sve strane u trouglu mogu izračunati samo u j e d n o m nizu.

Otstupanja ne treba da pređu ± 25″ (= ± 3 $m\sqrt{3}$, kad je $m$ srednje otstupanje jednog ugla). Da bi se mogle izračunati koordinate trigonometriskih tačaka odredi se (na pr. busolom) azimut jedne trigometriske strane, usvoje proizvoljne koordinate za jednu tačku, pa se sa definitivnim dužinama strana i uglovima iz mreže izračuna jedan zatvoren poligonski vlak, koji obuhvata sve tačke u triangulaciji. Za dalji rad između trigonometriskih tačaka umeću se poligonski vlaci, koji obuhvataju i presecaju teren za snimanje. O njihovom merenju, računanju i daljoj upotrebi vidi **IV B**, str. 1362.

## D. Veza sa državnom triangulacijom pomoću triangulacije nižeg reda

### Pregledni spisak jedne državne triangulacije

Kod premera sa trigonometriskom osnovom nije potrebno tačno merenje jedne trigonometriske strane niti njenog azimuta ako se nova triangulacija može ukopčati u postojeću državnu triangulaciju. Ovde se vrlo lako mogu dobiti prekobrojna opažanja, tako da se njihovom upotrebom rad može kontrolisati i pojačati tačnost. Nove tačke se određuju ili izračunavanjem triangulacije, koju one sačinjavaju, ili pojedinačnih tačaka između poznatih (tzv. umetanje, presecanje za jednu, dve tačke itd.). U svima ovim slučajevima mere se samo uglovi (triangulacija) delom na datim, delom na tačkama koje se određuju.

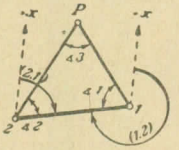
Pri premeru države ova se prekriva mrežom, ili lancem povezanih trouglova (glavna mreža ili mreža I reda) sa stranama prosečno od 50 km, čija se temena (I reda) na terenu obeležavaju

trajnim kamenom a signališu se radi viziranja po pravilu heliotropima (sa kvadratnim ogledalima 8—10 cm dužine). Ovi uglovi opažaju se najpreciznije teodolitima sa srednjim otstupanjem od ± 0,3 do 1″, a dužina jedne strane u triangulaciji, izračuna se iz jedne 5 do 10 km dugačke neposredno izmerene prave (osnovica ili bazis). Za merenje osnovice služe osnovički aparati: kod kojih se primenjuju ili 4 do 5 m dugi čvrsti metalni štapovi (Bessel-ov, Ibanež-ov, Woodward-ov) ili pak 24—50 m duge tanke žice ili pantljike od invara (Ni-čelik sa 36% Ni, koji se usled toplote vrlo malo menja). Prvi daju jednim merenjem slučajno otstupanje od ± 1 mm na 1 km, drugi sa usavršenim aparatima do $0{,}5 \cdot 10^{-6}$ od dužine. Osnovica se obično redukuje na morski nivo dodavajući popravku $-gh/R$ ($g$ = dužina osnovice, $h$ = njena srednja nadmorska visina, $R$ = poluprečnik krivine na morskoj površini), tako da se i sve ostale dužine odnose na morski nivo. U vrlo velikim mrežama mere se ovakve osnovice približno na svakih 300 km. Ova triangulacija se projektuje na loptinu površinu, koja se najbolje prilagođuje odnosnom geoidnom delu, tako da se sferni trougli mogu računati po aditamentnoj metodi ili po Legendre-ovom pravilu. Izravnavanje opažanja vrši se po metodi najmanjih kvadrata. Posle određivanja azimuta jednoj trigonometriskoj strani i geografskih koordinata jedne trigonometriske tačke (geodetsko-astronomskim putem) mogu se pomoću izravnatih strana i uglova izračunati, na pr., pravougle sferoidne (i geografske) koordinate[1]) svima tačkama u triangulaciji. Među ove tačke I reda umeću se samo pomoću merenja horizontalnih uglova tačke II reda (sekundarna mreža sa stranama dugim 10 do 20 km), koja se dalje izravnavaju po metodi najmanjih kvadrata kao posredna opažanja oslanjajući se na tačke I reda kao potpuno tačne. Na sličan način određuju se tačke III i IV reda (3 do 10 km i 0,3 do 3 km duge strane — tzv. triangulacija nižeg reda). Ako su u triangulaciji nižeg reda (sferne) ordinate manje od ± 40 km, mogu se zanemariti tzv. sferne popravke, tako da se računanje sme vršiti kao sa ravnim koordinatama. Preimućstvo ovog postupnog ređanja je u tome, što će za postizanje iste linearne tačnosti za koordinate tačke, ukoliko je njen red niži, biti dovoljni manje precizni instrumenti i manje precizna računanja, pa ipak će svako naredno merenje biti kontrolisano i bolje određeno prethodnim. U triangulaciji nižeg reda dovoljna su 2 do 4 potpuna girusa sa noniusnim teodolitima sa podatkom 10″ do 20″, za signalisanje oblice 3 do 7 m visine, 6—12 cm debljine. Triangulacija III reda se obično izračunava na 0,1″; IV reda na 1″ pomoću logaritamskih tablica sa šest decimala.

U Nemačkoj je prema tzv. TP - AP - RdErl. od 26 oktobra 1936 obrazovana jedinstvena trigonometrijska mreža od državne triangulacije (tačka I i II reda) u koju se umeću tačke oblasne triangulacije (TP = trigonometriska tačka, III reda) i mreža za sni-

[1]) Preračunavanje se vrši, na pr., prema pravilniku XI od 11 marta 1932 pruskog min. fin., za pretvaranje geografskih sferoidnih i konformnih koordinata.

manje (AP = tačka za snimanje, IV reda). Za sve tačke izračunaju se pravougle ravne koordinate dobivene po Gauss-Krüger-ovom postupku za neposredno konformno preslikavanje Zemljinog elipsoida. Državna teritorija preslikana je na 7 meridijanskih zona, širine tri geografska stepena sa glavnim meridijanima 6°, 9° ... istočno od Greenwich-a kao apscisnim osama, koordinatnim početcima na ekvatoru i ordinatama pozitivnim u pravcu istoka. Za jednu konstantu povećane ordinate zovu se Rechtswerte (vrednosti na desno), a apscise Hochwerte (vrednosti na gore). Ovako dobivene ordinatne vrednosti i zgušnjavanje tačaka pomoću oblasnih mreža omogućavaju, prema tome, uopšte, da se pri kasnijem umetanju pojedinih tačaka (AP) mogu zanemariti sferne popravke.




Sl. 15

**Umetanje tačaka i mreža u pravouglom ravnom koordinatnom sistemu** uz zanemarivanje sfernih popravaka (ordinate $< \pm 40$ do 60 km). — Nove tačke određuju se mahom višestrukom primenom presecanja napred i nazad.

1. Presecanje napred u stranu tačke $P$. 1 i 2 su tačke poznate svojim koordinatama (sl. 16). $P$ je nova tačka koja se određuje; polazeći od nje u smislu obrtanja kazaljke na časovniku oko trougla $1 \cdot 2 \cdot P$ redaju se tačke 1 i 2.

$P$ se preseca napred, kad su mereni $\sphericalangle 1$ i $\sphericalangle 2$; u stranu kad su mereni $\sphericalangle 3$ i $\sphericalangle 1$ ili $\sphericalangle 2$. Teodolit treba dakle stavljati uvek na dve tačke.

Kako se kod trouglova koji ovde dolaze u obzir sme zanemariti sferni eksces (za svakih 200 km² površine oko 1″), to je treći ugao uvek dopuna zbira ona druga dva do 180°.

$$\operatorname{tg}(1\cdot 2)=\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1};\qquad \overline{1\cdot 2}=\frac{y_2-y_1}{\sin(1\cdot 2)}\overset{\text{ili}}{=}\frac{x_2-x_1}{\cos(1\cdot 2)};\qquad (1\cdot P)=(1\cdot 2)+\sphericalangle 1;$$

$$(2\cdot P)=(2\cdot 1)-\sphericalangle 2=(1\cdot 2)\pm 180^\circ-\sphericalangle 2;\qquad \overline{1\cdot P}=\frac{\overline{1\cdot 2}}{\sin\sphericalangle 3}\sin\sphericalangle 2;$$

$$\overline{2\cdot P}=\frac{\overline{1\cdot 2}}{\sin\sphericalangle 3}\sin\sphericalangle 1;\qquad y_P=y_1+\overline{1\cdot P}\sin(1\cdot P)\overset{i}{=}y_2+\overline{2\cdot P}\sin(2\cdot P);$$

$$x_P=x_1+\overline{1\cdot P}\cos(1\cdot P)\overset{i}{=}x_2+\overline{2\cdot P}\cos(2\cdot P).$$

2. Presecanje nazad za tačku $P$. — Na $P$ se opažaju uglovi $\alpha$ i $\beta$ između datih tačaka 1, 2 i 3 (sl. 17). Obeležavanje se tako bira da 1, 2 i 3 idu u smislu obrtanja kazaljke na časovniku te da kako $\alpha$ tako i $\beta$ budu manji od 180°. Posle računanja nagiba i strana $(1\cdot 2)$, $(3\cdot 2)$, $\overline{1\cdot 2}$ i $\overline{3\cdot 2}$ iz datih koordinata dobiva se: $\sphericalangle 2 = (2\cdot 1) - (2\cdot 3) = (1\cdot 2) - (3\cdot 2)$. Oba nepoznata ugla $\varphi$ i $\psi$ dobivaju se iz:

$$\frac{\varphi+\psi}{2}=\frac{360^\circ-(\alpha+\beta+\sphericalangle 2)}{2}\quad\text{i}\quad \operatorname{tg}\frac{\varphi-\psi}{2}=\operatorname{tg}\frac{\varphi+\psi}{2}\operatorname{ctg}(45^\circ+\lambda),$$

uvek oštri pomoćni ugao $\lambda$ dobiva se iz

$$\operatorname{tg}\lambda=(1\cdot 2/\sin\alpha)/(2\cdot 3/\sin\beta).$$

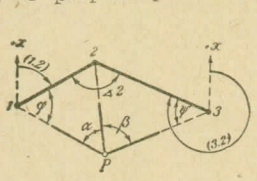
Ugao $(\varphi-\psi)/2$ biće oštar ugao sa znakom + ili — prema znaku desne strane. Rešenja nema, ako je $\alpha+\beta+\sphericalangle 2=180^\circ$, tada se sve četiri tačke nalaze na krugu kroz 1, 2 i 3 (opasni krug), pa se treba čuvati njegove blizine. Iz trouglova $1\cdot 2\cdot P$ i $2\cdot 3\cdot P$

poznate su strane $\overline{1 \cdot P}$ i $\overline{3 \cdot P}$ po sinusnom pravilu, orijentisani pravci ovih strana su $(1 \cdot P) = (1 \cdot 2) + \varphi$ i $(3 \cdot P) = (3 \cdot 2) - \psi$, tako da se računanje koordinata kontroliše sa

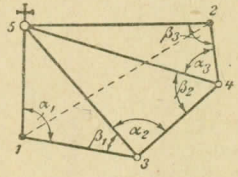
$$y_P = y_1 + \overline{1 \cdot P} \sin (1 \cdot P) \quad \underline{\underline{\text{i}}} \quad y_3 + \overline{3 \cdot P} \sin (3 \cdot P),$$

$$x_P = x_1 + \overline{1 \cdot P} \cos (1 \cdot P) \quad \underline{\underline{\text{i}}} \quad x_3 + \overline{3 \cdot P} \cos (3 \cdot P).$$

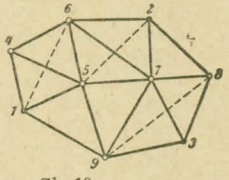
3. Ulančavanje. — 1, 2 su date, 3, 4 i 5 su tačke koje treba odrediti, $\alpha$ i $\beta$ su mereni uglovi (sl. 18) u tri trougla međusobno vezana. Uopšte uzev posredno rešavanje vodi najbrže cilju. Uzme se u sličnom pomoćnom planu $1'$, $3'$, $4'$, $2'$, $5'$, na pr., strana $\overline{1' \cdot 3'}$ potpuno proizvoljno. izračunaju se sve ostale strane $\overline{3' \cdot 4'}, \ldots$



Sl. 17



Sl. 18



Sl. 19

a onda i $\overline{1' \cdot 2'}$. Kako je $\overline{1 \cdot 2}$ poznato iz datih koordinata, treba sve strane u pomoćnom planu pomnožiti sa $\overline{1 \cdot 2}/\overline{1' \cdot 2'}$, da bi se dobile tražene dužine strana. Iz pomoćnog plana može se dalje izračunati ugao $5' \cdot 1' \cdot 2'$, tako da je $(1 \cdot 5) = (1 \cdot 2) - \sphericalangle 5' \cdot 1' \cdot 2'$. Računanjem 1, 3, 5, 4, 2 dobivaju se koordinate novih tačaka (sa kontrolom).

4. Umetanje. — Ako su, na pr., poznate koordinate tačaka 1, 2 i 3 a za određivanje novih tačaka 4 do 9 izmereni u pojedinim trouglima potrebni uglovi (sl. 19), tada se može najpre prema No 3 izvršiti ulančavanje tačaka $2 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 3$ između 2 i 3. Ponavljajući primenu sinusnog obrasca dobiće se ostale strane u mreži a računanjem poligonskog vlaka 7, 6, 5, 4, 1, 9, 3 koordinate ostalih novoodređenih tačaka (sa kontrolom).

Ako uopšte postoji više opažanja, nego što je potrebno za jednoznačno određivanje jedne ili više novih tačaka, ili ako su za ulančavanje ili umetanje merene i dijagonale, tada se najbolje izravnanje dobiva po metodi najmanjih kvadrata po pravilu kao posredna opažanja preko koordinata novih tačaka. Pojedine tačke se mogu lako izravnati i na grafičko-mehanički način[1]). Za istovremeno izravnavanje $n$ umetnutih tačaka vidi, na pr., Hohenner-a[2]) i sl., međutim, sa upotrebom jedne tačno izmerene strane između dve tačke, vidi Helmert-Hohenner[3]).

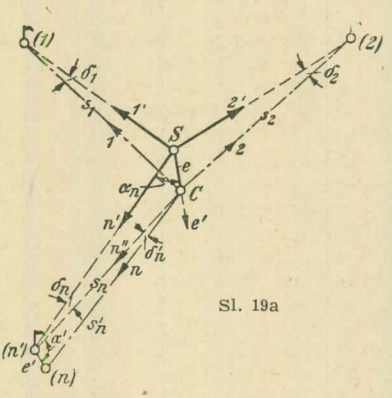
5. Centrisanje. — Često se moraju ekscentrično meriti uglovi (u $S$, sl. 19a) a isto tako i vizirati ekscentrični signali [u ($n'$)]. Tada se odrede veličine ($e$ odnosno $e'$) i pravac ($\alpha_n$, odn. $\alpha'$)

[1]) Hohenner: Graphisch-mechanische Ausgleichung trigonometrisch eingeschalteter Punkte, Stuttgart. 1904, Wittwer. — [2]) Hohenner: Geodäsie, Leipzig 1910, Teubner, odeljak 12. — [3]) Helmert-Hohenner: Die Ausgleichungsrechnung, 3. izd., str. 572, Leipzig, 1924.

ekcentričnosti kao i dužine ($s_n$) do tačaka, pa se potom mogu izračunati popravke ($\delta_n$, odnosno $\delta_n'$) pojedinim pravcima ($1' \ldots n'$) [da bi se dobili pravci ($1 \ldots n$) koje je trebalo opažati sa centra $C$, odnosno ka ($n$)]:

$\sin \delta_n = (e/s_n) \sin \alpha_n$ ; $\sin \delta'_n = (e'/s'_n) \sin \alpha'$ ; $n = n' + \delta_n - \delta'_n$.

Ako je $e/s_n < 1/100$, tada se može staviti $\sin \delta_n = \delta_n''/\varrho''$ sa tačnošću do $1/30''$.



Sl. 19a

## E. Snimanje busolom

Busola se primenjuje nadzemno (na Zemljinoj površini) uglavnom samo kad se ne traži velika tačnost, naročito pri snimanju u šumama i slično. Osnovu čine tada busolni vlaci pomenuti pod **IV B, C, D,** str. 1362 i dalje, i oni treba da se oslone na date krajnje tačke ili da se vrate na polaznu tačku, jer slepi vlaci nisu sigurno kontrolisani. Busolin durbin udešen je za određivanje otstojanja, da bi se sa instrumenata lako mogle meriti poligonske strane kao i dužine do obližnjih tačaka. Iz razloga navedenog u **II D** uzimaju se prilično kratke poligonske strane (do 100 m) pa se po pravilu meri njihov magnetski azimut kao i njihove dužine i to napred i nazad. Kod sporednih vlakova i kad nema opasnosti od mesnih nepravilnih iglinih skretanja, može se meriti na svakoj drugoj stanici. Greške od centrisanja busole i signala kod busolnih vlakova nisu tako uticajne kao kod teodolitskih, jer se ovde nagibi neposredno mere. Detaljno snimanje vrši se mahom merenjem polarnih koordinata za svaku tačku u odnosu na busolnu stanicu, ređe pomoću pravouglih koordinata u odnosu na poligonske strane. Računanje koordinata poligonskih tačaka vrši se kao pod **IV B**, str. 1363.

## F. Izrada planova (kartiranje)

Kod izrade malih planova za horizontalnu pretstavu prethodno se nanese liniska mreža prema odmeravanjima iz detaljne skice a pomoću šestara i transverzalnog razmernika, na kome se mogu odmah koristiti dužine u planskoj razmeri (na pr., $R = 1 : 500$). Prekobrojnim merenim dužinama kontroliše se ova mreža. Detalj se nanosi prema podacima iz skice i kontroliše prekobrojnim merenjima; ako se veća otstupanja ne mogu ničim jasno objasniti, moraju se ukloniti naknadnim snimanjem na licu mesta.

Sve važne pomoćne linije beleže se tankim, bledim linijama (recimo crvenim) ili se izostave, a sve postojeće linije, granični znaci i sl. izvlače

se crno (kasniji projekti crveno). Obeležavanje vrsta kultura na pojedinim površinama vrši se bledim bojenjem i znacima. Približni pravac severa i linearni razmernik moraju biti na planu. Na početku kartiranja izradi se tačna decimetarska mreža na crtežu u cilju određivanja usuha zbog promene hartije.

Za nanošenje glavnih tačaka kod većih snimanja služe njihove koordinate, zbog čega se mora prethodno nacrtati tačna decimetarska kvadratna mreža (koordinatna mreža). To se vrši uz pomoć šestara ili mnogo bolje pomoću jednog metalnog pružnika sa jednom decimetarskom ($l$) podelom i jednom $l\sqrt{2}$ podelom ili pomoću metalne ploče, koja na temenima kvadratne mreže ima fine rupice, kroz koje se finom iglom kopiraju one na crtež pod tablom. Ovakve ploče od bakarnog lima, koje su dovoljno tačne za skoro sve ciljeve, izrađuje ing. Stiefelhagen u Gera (Reuss). Ova se mreža obeležava brojevima prema koordinatama tačaka za kartiranje i planskoj razmeri, zatim dolazi nanošenje trigonometriskih i poligonskih tačaka (primenjujući šestar i transverzalni razmernik) i kontrolisanje nanošenja merenjem i upoređivanjem poligonskih strana. Zatim se ucrta liniska mreža i kontroliše, a zatim detalj kao što je rečeno ranije. Pri izvlačenju ne treba bojom prevući fine ubode iglom koji pretstavljaju tačke. Strane kvadratne mreže kao i sve važne pomoćne linije izvlače se delimično tankim bledim linijama ili još bolje samo ubodima igle. Tačke snimljene polarnim koordinatama prenose se pomoću uglomera (transporter, odnosno polarni koordinatograf) i razmernika.

Pomoću kvadratne mreže mogu se vrlo lako odrediti i uzeti u obzir vrlo često velika otstupanja na planu, mahom različita u dva pravca upravna jedan na drugi (usled promenljivog usuha).

**Katastarski planovi** u velikoj razmeri (1 : 250 do 1 : 5 000) umnožavaju se u nekim zemljama (Bavarska, Württemberg) litografski i sl. i mogu se za malu cenu kupiti, u drugim zemljama mogu se planovi sa horizontalnom pretstavom kopirati na providnu hartiju sa postojećih katastarskih planova[1]). Karte u sitnim razmerama (1 : 10 000, 1 : 25 000, . . .), koje sadrže skoro uvek i visinske podatke za snimljeni teren, pretstavljaju pruske sekcije 1 : 25 000 sa izohipsama, snimljene geodetskim stolom, nemačka karta 1 : 50 000, nemačka državna karta u 1 : 100 000 i pregledne karte $\leq$ 1 : 200 000.

Bliža obaveštenja o zvaničnim nemačkim kartama vidi, na pr., spiskove i preglede Uprave državnog katastra, Berlin, ili Državnog geološkog zavoda, Berlin.

---

# V. Određivanje površina i njihova deoba

Površinom neke parcele — imanja — smatra se površina njene horizontalne projekcije; ona se određuje:

### a) Iz prirodnih mera i pravouglih koordinata prelomnih tačaka

Površina se dobiva iz $F = \frac{1}{2} \cdot g\,h = \sqrt{s\,(s-a)\,(s-b)\,(s-c)}$, gde je $g$ osnovica, $h$ visina, $a$, $b$, $c$, strane nekog trougla i $s = (a+b+c)/2$,

[1]) O katastarskoj karti i nemačkoj osnovnoj karti 1 : 5 000 v. str. 1341.

$$2F = \sum_{i=1}^{i=n} x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) = -\sum_{i=1}^{i=n} y_i (x_{i+1} - x_{i-1})$$

gde su $x_i$ $y_i$ pravougle koordinate prema str. 1363 jednog zatvorenog poligona sa $n$ temena, čije se tačke redaju u smislu obrtanja kazaljke na časovniku.

### b) Iz planskih mera

**1.** Površinu na planu treba izdeliti na trougle i trapeze, čiji se komadi izmere. Deobu treba tako izvršiti da oba faktora budu po mogućstvu iste veličine. Ako $i$ znači površinu na planu (na pr., u mm²), $M$ plansku razmeru (na pr., 1 : 1 000), $p$% i $q$% usuh hartije u dva upravna pravca, tada je terenska površina (u mm²) $F = i/M^2 + (p+q)F/100$, pri čemu se drugi član može zanemariti, tj. uzeti da je dovoljno tačno $F = i/M^2$. Ako planska razmera iznosi u jednom pravcu $M_1$ a u upravnom na njega $M_2$, tada treba staviti $M_1 M_2$ mesto $M^2$.

**2.** Duge uzane površine treba pogodno izdeliti paralelama u trapeze sa jednakim visinama $h$, srednje linije $m$ odmah se šestarom sabiraju, tako da je $F = h \Sigma m$.

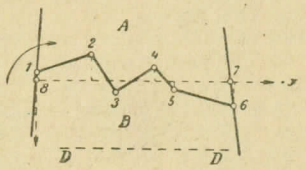
**3.** Površina na planu nalazi se planimetrom obilazeći je potpuno u pozitivnom smeru. Ako se pri tome planimetrov pol nalazi van ograničene površine a točkić se obrne za $n$ jedinica, onda je $F = n f$, gde $f$ pretstavlja onu površinu, pri čijem se obilaženju točkić obrne za jednu jedinicu. $f$ se može udesiti na zaokrugljenu vrednost promenom dužine poluge. Nezavisnost od određivanja $f$ postiže se ako se jedno za drugim obiđe neka poznata (utvrđena) površina $F_1$ (na pr., 1 dm²) i površina $F_2$ koja se određuje, ako se točkić u prvom slučaju obrne za $n_1$, u drugom za $n_2$, to će biti $F_2 = F_1 n_2/n_1$. Planimetar se uvek tako namešta da mu pokretna poluga stoji upravno na polnu polugu. U većini slučajeva dovoljan je polarni planimetar (najbolje u obliku kompenzaciskog planimetra) sa konstantom $f = 10\,000$ do $4\,000$ mm² (za jedan točkićev obrt) (izrađuju: na pr., A. Ott u Kempten-u, Allgäu; Coradi u Zürich-u); srednje otstupanje površine za jedno obilaženje iznosi približno $0{,}001 f + 0{,}001 \sqrt{f}\,\sqrt{F}$, dostiže, dakle, skoro grafičku tačnost. Vrlo velike površine rastavljaju se u više manjih, koje se tada mogu obilaziti »kad je pol spolja«; kompenzaciskim planimetrima, kod preciznijih merenja, vrši se po jedno obilaženje u oba simetrična položaja pokretne poluge. Postoje precizni planimetri čak sa $f = 300$ mm² kao i planimetri za određivanje površine ma koliko dugih pantljika.

**Granice otstupanja** za zvanična merenja površina kod katastarskih premera i sl. su propisane, obično kao dopuštena otstupanja dva merenja iste površine; na pr., u Pruskoj smeju dva računanja površine jedne parcele (recimo jedna iz neposrednih mera, druga planimetrom) prema pravilniku VIII[1]) da se razlikuju, najviše za $d = 0{,}01 \sqrt{60 F + 0{,}02 F^2}$ ($d$ i $F$ izraženo u a); manje površine od 1 a mogu se računati samo iz neposrednih mera.

[1]) Berlin, R. v. Deckers Verlag (G. Schenck); v. i primedbu [2]) na str. 1358.

### c) Deoba površina i ispravljanje granice

Pri deobi površina ili ispravljanju granica treba odrediti novu granicu tako, da ona zadovoljava propisane uslove, na pr., da prolazi kroz jednu određenu tačku i odvaja određeni deo i slično. U većini slučajeva najbrže se rešava zadatak probanjem, na taj način, što se povuče privremena granična linija, koja približno zadovoljava date uslove. Tačno izvršeno snimanje potom i računanje površine pokazivaće sitna otstupanja između konkretnog i potrebnog iznosa, koja se mogu radi ispunjavanja uslova ukloniti paralelnim pomeranjem ili obrtanjem privremene granice. Ako je potrebno izlomljenu granicu **1, 2, ..., 6** između $A$ i $B$ ispraviti (sl. 20), tako da bude paralelna sa $DD$ a da površine obeju parcela ostaju nepromenjene obeleži se detaljna linija $\overline{8 \cdot 7} \parallel DD$, tako, da približno zadovoljava i drugi uslov, snimi se površina 8, 1, 2, .., 6, 7, 8 pravouglim koordinatama $x\,y$ i izračuna $2F = \sum_{i=1}^{i=8} x_i\,(y_{i+1} - y_{i-1})$. Ako je $F = 0$ onda je $\overline{8 \cdot 7}$ tražena granica, u protivnom slučaju mora se $\overline{8 \cdot 7}$ paralelno pomerati dok to ne nastupi.



Sl. 20

## VI. Određivanje visina

Kao nadmorska visina neke tačke važi dužina vertikale u toj tački od prodora njenog kroz zamišljeno produženu morsku površinu do same tačke. U Nemačkoj[1]) služi za upoređivanje nivopovršina (normalna nulta površina) kroz nultu tačku na letvi za vodostanje u Amsterdamu, i visine iznad nje smatraju se kao visine iznad NN.

### A. Geometriski nivelman

Kod najtačnijeg načina određivanja visina, g e o m e t r i s k o g n i v e l m a n a, svaka se nivelmanska razlika meri nivelmanskom letvom (mahom dugačkom 3 do 4 m, podeljenom u centimetre, sa decimetrima obeleženim brojevima koji rastu ozdo naviše) dovedenom u vertikalu pomoću centričke libele ili viska. Nastavljanje letava postiže se posredstvom tačno (ili približno) horizontalnih vizura, koje se ostvaruju pomoću nivelmanskog instrumenta. Ove vizure (dužine) ne uzimaju se kod preciznijih nivelmana mnogo preko 50 m, kod nivelmana na centimetre i decimetre pak toliko daleko, da se na letvi može da čita.

[1]) Vidi primedbu na str. 1340.

**Nivelmanski instrumenti:** 1. Durbin i libela čvrsto su vezani i mogu da se obrću oko alhidadne ose. Glavni uslov: kad libelin mehur vrhuni treba vizura da bude tačno horizontalna, dakle vizura tačno paralelno sa libelinom osom. Sporedni uslov: libelina osa upravna na alhidadnu osu. Rektifikacija: prvo se libelina osa dizanjem i spuštanjem jednog libelinog kraja predviđenim korektivnim zavrtnjem dovede upravno na alhidadnu osu (dovesti mehur da vrhuni, posle obrtanja za 180° nastalo mehurovo otstupanje popravlja se pola na libeli, pola položajnim zavrtnjima) Zatim se nivela visinska razlika između dve tačke $A$ i $B$ međusobno udaljene 80—100 m iz sredine (obe vizure od instrumenata do $A$ i $B$ su jednake) pa se tako nađe prava visinska razlika $h$ između $A$ i $B$, kao razlika dva čitanja na letvi u trenutku kad je mehur na libeli vrhunio. Ako se sada instrument namesti blizu (nekoliko m) $B$ i očita (kad mehur vrhuni) $l_3$, tada horizontalna vizura treba na letvi, stavljenoj u $A$, da pogađa otsečak $L_4 = l_3 + h$ (vrlo približno). Eventualno otstupanje očitanog otsečka $l_4$ od $L_4$ odgovara uglovnoj greški $\delta'' = (l_4 - L_4)/(E_2 - E_1) \cdot \varrho''$, ako su $E_1$ i $E_2$ dužine vizura do $A$ i $B$, i uklanja se dizanjem ili spuštanjem končaničnog preseka. Ako su otstupanja veća treba postupak ponoviti. Ako se durbin zajedno sa libelom može naginjati pomoću elevacionskog zavrtnja, tada se vrši približno dovođenje alhidadne ose u vertikalu jednom centričkom libelom a zatim tačno dovođenje libeline ose sa vizurom (mahom nepromenljivom) u paralelan položaj pomeranjem jednog libelinog kraja.

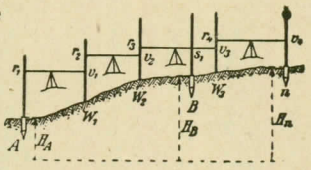
**2.** Pokretni durbin sa čvrsto vezanom reverzivnom libelom i oboje mogu da se obrću oko alhidadne ose. Durbinovi prstenovi ne moraju biti jednake debljine. Prvo se centriše presek konaca, pomoću četiri korektivna zavrtnja, koji služe za njeno pomeranje. Zatim se ukloni ukrštanje libeline ose sa vizurom pomoću korektivnih zavrtnjeva koji horizontalno pomeraju jedan libelin kraj. (Pošto se dotera mehur da vrhuni obrće se malo durbin na obe strane oko vizure; ako pritom mehur otstupa na suprotne strane, postoji ukrštanje). Za tačno dovođenje obeju libelinih osa $L_1$ i $L_2$ u paralelnost sa vizurom, čitaju se otsečci na letvi udaljenoj oko 50 m kad vrhuni mehur $L_1$ i $L_2$, pomeri se durbin položajnim zavrtnjima na aritmetičku sredinu čitanja pa se natera mehur da vrhuni pomoću vertikalnog para korektivnih zavrtnjeva na libeli. Približno dovođenje libeline ose da stane upravno na (vertikalnu) alhidadnu osu postiže se najzad spuštanjem ili dizanjem jednog durbinovog ležišta. Treba jednom ispitati, da li su $L_1$ i $L_2$ dovoljno tačno paralelne, na pr., na taj način što bi se posle ispitivanja prema 1 doterala $L_1$ paralelno sa vizurom, posle čega bi se odredio ugao $\delta$ između $L_2$ i vizure ($=L_1$) kao što je napred dobiven.

**3.** Za inženjerski precizni nivelman dobar je nivelmanski instrument A i B — što ga izrađuje C. Zeiss (Jena) — sa optičkim (malim) paralelnim pomeranjem vizure, durbinom sa dve ose i reverzivnom libelom u vezi sa jednom nivelmanskom

letvom od invara podeljenom na polucentimetre. Ispred durbinovog objektiva nalazi se jedna planparalelna staklena ploča, čijim se obrtanjem može vizura pomerati paralelno za oko 5 mm, a to paralelno pomeranje može se očitati do na $^1/_{20}$ mm. Na taj način može se tačno horizontalno stavljena vizura uvek dovesti na sredinu nekog polja (ili sredinu crte) i izvršiti tačno čitanje otsečka na letvi. Time se znatno smanjuje kod običnih nivelmana relativno veliko otstupanje u oceni od oka položaja konca na ma kome mestu podelinog intervala, čime se tačnost nivelmana znatno povećava (približno na $\pm 1$ mm na 1 km).

**4.** Nivelmanske letve su obično od drveta, njihove promene u dužini (uglavnom zbog raznolike vlažnosti vazduha) su približno iste kao kod letava za merenje dužina. Kod preciznijeg nivelmana preko repera i velikih visinskih razlika mora se stoga odnosna dužina letvinog metra utvrditi pomoću neke normalne mere.

**Nivelman repera.** — Precizniji nivelmani vrše se ako je moguće sa jednakim dužinama vizura napred i nazad, jer se na taj način gotovo uklanjaju uticaji od nedovoljne rektifikacije nivelmanskog instrumenta, od netačnog pomeranja končanice kao i od krivine Zemljine i refrakcije zrakova. Kod svakog čitanja na letvi treba vertikalni konac da bude na letvinoj podeli. Dužina vizura treba da iznosi oko 50 m. Obeležavanje veznih tačaka W treba vršiti dobro nabijenom papučom ili na neki drugi pouzdan način. Kad se radi sa manjom tačnošću, vizure napred i natrag mogu biti nejednake. Nivelanje se vrši prema shemi sl. 21, pisanje i računanje merenja može se izvršiti prema tablici 1. (Pravilnost računanja sporednih tačaka (u stranu) nije pri tome kontrolisana).



Sl. 21

Radi kontrole nivela se svaka visinska razlika napred i nazad ili se nivelman oslanja na dva već data repera ili bar obrazuje zatvoren poligon. Pri tom nastalo otstupanje $d$ deli se na umetnute tačke srazmerno nivelanim dužinama, jer otstupanje neke nivelane visinske razlike raste približno sa kvadratnim korenom iz nivelane dužine. Srednje otstupanje po kilometru jednostavnog nivelmana dobiva se iz $m = d/\sqrt{s}$ odn. $= \sqrt{[d\,d/s]/n}$, gde je $s$ odnosna nivelana ukupna dužina u kilometrima, $n$ broj otstupanja. Pomenutim izravnanjem smanjuje se srednje otstupanje po kilometru na $M = m/\sqrt{2}$. Prema odredbama centralne direkcije za premere u Pruskoj treba, na pr., svaka visinska razlika da se nivela napred i nazad, a nivelman važi kao dobar ako je $M \leqq \pm 5$ mm. Iskustvo kazuje, da se može postići $m = \pm 6$ mm već sa nivelmanskim instrumentima koji imaju 20-struko durbinovo uvećanje i osetljivost libelinu 10″ do 15″ uz upotrebu dobre letve sa centi-

metrima i vizurama od 50 m dužine. Precizni, fini ili državni nivelmani, koji između ostalog treba da stvore repere za vezu tehničkih nivelmana, imaju približno $m = \pm 0{,}5$ do 3 mm. Za tehničke svrhe traži se $m = \pm 3$ do 25, prosečno $\pm 10$ mm.

**Tablica 1. Nivelanje repera**

| Tačka | Čitanje na letvama nazad $r$ | u stranu $s$ | napred $v$ | Visina vizure | Nadmorska visina | Primedbe |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $A$ | 1,852 | | | 173,484 | 171,632 | |
| $W_1$ | | | 0,658 | | 172,826 | |
| | 2,425 | | | 175,251 | | |
| $W_2$ | | | 1,267 | | 173,984 | |
| | 2,121 | | | 176,105 | | |
| $B$ | | 1,410 | | | 174,695 | |
| $W_3$ | | | 0,851 | | 175,254 | |
| | 1,628 | | | 176,882 | | |
| $n$ | | | 1,016 | | 175,866 | |
| $\Sigma =$ | 8,026 | | 3,792 | | | Računska proba |
| $\Sigma_r - \Sigma_v =$ | + 4,234 | | | $H_n - H_A =$ | + 4,234 | |

U većim nivelmanskim mrežama vrši se izravnavanje najbolje uz pomoć visina raskršća (gde se sastaju tri ili više nivelanih linija), kad ih ima malo, sem toga kao uslovna opažanja po metodi najmanjih kvadrata (IX, v. str. 1386); brojni primer na str. 1392.

Kad se snimaju uzdužni i poprečni profili a isto tako i kod površinskog nivelmana određuju se visine nivelanih tačaka duž operativnog poligona i visine detaljnih tačaka, čiji je položaj poznat na ranije pokazan način, ali zaokrugljeno na cm odnosno dm. Na strmim padinama lakše je snimanje poprečnih profila ravnjačom i podravnjačom.

## B. Trigonometrisko određivanje visina

Trigonometrisko određivanje visina je određivanje visinske razlike između obeju tačaka $A$ i $B$ iz njihovog (horizontalnog) otstojanja $a$ i visinskog ugla $\alpha$ vizure, koja ide od $A$ ka $B$: $H_B - H_A = a \operatorname{tg} \alpha + (a^2/2R)\ (1 - k) + J - Z$. Pri tome je $a$ uzeto na srednjoj nadmorskoj visini. $R$ je poluprečnik vertikalnog preseka kroz $A$ i $B$ u srednjoj nadmorskoj visini, $k$ je refrakcijski koeficijent, $J$ visina prekreta nad $A$, $Z$ visina signala nad $B$. $k$ se menja u toku dana približno sa visinom Sunca, međutim dovoljno je staviti uglavnom $k = 0{,}13$ i $R = 6\,370\,000$ m. Sa tom pretpostavkom uticaj Zemljine krivine i refrakcije (u metarskim jedinicama) iznosi $(a^2/2R)\ (1 - k) = a^2$ [km]/14,65. $a$ se dobiva iz poznatih koordinata za $A$ i $B$, ili iz neke male triangula-

cije, $\alpha$ se meri teodoliltom prema **II C 3 a)** (str. 1354). Greška $d\alpha''$ izaziva grešku u visini $d(H_B - H_A) = \frac{a}{\cos^2 \alpha} \frac{d\alpha''}{\varrho''}$. Na pr., za $a = 1000$ m, $\alpha = 10^\circ$, $d\alpha = \pm 10''$ je $d(H_B - H_A) = \pm 0{,}05$ m. Iznos uticaja Zemljine krivine i refrakcije lako se računa logaritmarom; pregled se ima iz ovoga:

| $a =$ | 500 | 1000 | 2000 | 5000 | 10 000 m |
|---|---|---|---|---|---|
| $(a^2/2R)(1-k) =$ | 0,017 | 0,068 | 0,272 | 1,705 | 6,82 m |

Nesigurnost koja dolazi od uticaja Zemljine krivine i refrakcije u $^1/_{20}$ iznosa skoro se potpuno eliminiše ako se sa jedne pomoćne tačke $C$, koja je po mogućnosti jednako udaljena od $A$ i $B$, mere visinski uglovi $\alpha_1$ i $\alpha_2$. Tada je $H_B - H_A = a_1 \operatorname{tg} \alpha_1 - a_2 \operatorname{tg} \alpha_2 + (a_1^2 - a_2^2)/14{,}65$, ako su $a_1$ i $a_2$ horizontalne daljine od $C$ do $A$ i $B$ i ako se u poslednjem članu ove vrednosti izraze u km.

## C. Barometarsko određivanje visina

Ako istovremeno mereni vazdušni pritisak (u istim jedinicama) u dvema tačkama $U$ i $O$ iste vertikalne linije iznosi $B_u$ i $B_o$, tada je visinska razlika između tih tačaka[1]):

$$H_o - H_u = 18\,400 \log (B_u/B_o)(1 + 0{,}003\,67\, t)(1 + 0{,}377 \text{ pritisak pare}/B)$$

$$(1 + 0{,}002\,648 \cos 2\varphi + 2H/6\,370\,000). \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Ovde znači: $t$ srednju temperaturu između $O$ i $U$ u Celsiusovim stepenima, $B$ srednji vazdušni pritisak, $\varphi$ geografsku širinu i $H$ srednju nadmorsku visinu. Ova se barometriska jednačina vrlo retko primenjuje. Za Nemačku je dovoljno da se visinske razlike od više stotina metara računaju iz obrasca:

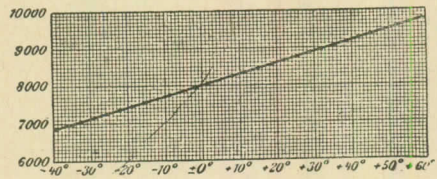
$H_o - H_u = dh\,(B_u - B_o)$, gde je $dh = (8\,019 + 8\,019/273 \cdot t)\, 1/B$ . (2)

Poslednji zagrađeni izraz može se, na pr., lako izračunati, za $t = -20^0$ do $+ 40^0$ običnim logaritmarom pomoću podele numerisane prema $t^\circ$ [takva jedna podela postoji na novijim A. W. Faber-ovim logaritmarima (Stein kod Nürnberg-a)] ili iz tablice, sl. 22. Jednačine (2) lako se računaju logaritmarom (str. 198), a za određivanje desetne zapete treba imati na umu da $dh$ iznosi približno 10 m. Na pr., za $B_u = 754{,}53$ mm, $B_o = 741{,}07$ mm, $t = +28^\circ$ izlazi: $H_o - H_u = (8840/748)\, 13{,}46 = + 159{,}0$ m.

Vazdušni pritisak meri se barometrima sa živom ili sa oprugom, ili se nalazi iz opažanih temperatura pare vode koja ključa na vazduhu. Za inženjerske ciljeve dolaze u obzir barometri sa oprugom ili aneroidi (v. dole). Temperatura vazduha se meri

[1]) V. na pr., Jordan-Eggert: Handb. d. Vermessungskd., II Bd: 8. izd., Stuttgart 1914, str. 686.

malim termometrima koji se obrću; oni se obrću u vazduhu 1 do 2 minuta na kanapu dugom oko ¾ m.




Sl. 22

U **barometrima sa oprugom** biva elastični poklopac jedne bezvazdušne kutije različito pritisnut zbog promenljivosti vazdušnog pritiska. Ovaj poklopac je u čvrstoj vezi sa jakom oprugom, koja stoji u ravnoteži sa vazdušnim pritiskom, a vrlo mala pomeranja kutijom poklopca (oko 0,003 mm za 1 mm u promeni pritiska) uvećavaju se mnogo pomoću prenosnih poluga i sl. kod raznih vrsta [Vidie-Naudet, Reitz-Deutschbein, Goldschmidt (Usteri-Reinacher) i dr.]. Čitanje $A_t$ na ovakom barometru treba smatrati kao funkciju vazdušnog pritiska (= pritisak živinog stuba visine $B$ mm na 0°C i pri nepromenjenom ubrzanju Zemljine teže, na pr., na 45° geografske širine na morskom nivou) i instrumentove temperature $t$ (unutarnji termometar); dakle, $B=A_t+(W)+(T)+S$. Popravka $(W)$ zbog temperature je ona popravka koju treba dodati $A_t$ da bi se dobilo čitanje $A_0$, koje se odnosi na instrumentovu temperaturu 0°; mahom se može staviti $(W)=t^\circ W$, pa je $W$ temperaturni koeficijent. On se može odrediti čitanjem na barometru kad se pritisak ne menja a pri što većoj promeni temperature $t$, i mahom leži između — 0,1 i — 0,2 (za 1°), kod kompenziranih barometara (na pr., Bohne-ov iz Berlina) silazi do 0,02. Popravka zbog podele $(T)$ i stanična popravka $S$ potrebne su, da bi se dobio pritisak $B$, koji odgovara čitanju na barometru sa oprugom $A_0=A_t+(W)$ svedenom na 0°; one se dobivaju istovremenim opažanjem $B$ i $A_0$, pri čemu ovo poslednje treba da bude raspoređeno po celoj dužini podele. Često se sme staviti: $(T) = T\ (750 - A_0)$, faktor $T$ je podelin koeficijent (podele su obično izrađene šablonom). Stanična popravka $S$ menja se vrlo lako, na pr., pri jakom potresu barometra i pri promeni smera vazdušnog pritiska. $W$ i $T$ su duže vremena prilično nepromenljive i određuju se vlastitim ispitivanjima u zavodima za ispitivanje (na pr., Fizičko tehnički zavod u Charlottenburg-u). Važno je da barometar pre svakog čitanja treba prstom lako kucnuti po horizontalno nameštenom poklopcu; međutim, pri upotrebi treba ga dobro čuvati od jakih udara i nejednakih zagrevanja, zbog čega se nosi u podesnom ležištu pomoću kaiša na prsima.

**Korespondenta merenja.** — Na jednom ili dva barometra, koji stoje mirno obešeni u zaklonjenom mestu, čita se svako pola časa. Sa terenskim barometrom(-ima) ide se na tačke za koje se određuje visina i posle čekanja od nekoliko minuta izvrši čitanje na barometru, instrumentovom termometru i časovniku. Tempe-

ratura vazduha određuje se ili na svakoj tački ili samo na svako pola ili 1 čas pomoću termometra koji se obrće. Kad se na početnu tačku ne može otići i po završetku merenja, treba terenski barometar uporediti sa barometrom koji se nije kretao, da bi se otkrile mogućne veće stanične korekciske promene. Pre računanja visinskih razlika niza tačaka [na pr., po obrascu (2)] moraju se popraviti barometriska čitanja za odnosne $(W)+(T)$, kao i za opšte promene vazdušnih pritisaka $R$ nastale od početka merenja, koje je pokazao barometar u miru. — Ako se merenje mora izvršiti bez barometra, koji ostaje miran, tada se treba stalno, posle nekoliko časova, vratiti na neku tačku gde je već mereno; nastala mala otstupanja treba podeliti proporcionalno proteklom vremenu na umetnute tačke.

**Tablica 2. Korespondentna merenja**

Terenski barometar: Bohne 2803 Vreme: 25 juna 1918

| Tačka $n$ | $A_t$ (t) | Vazduh $t$ | Čitanje na časovniku | Stalni barometar (reduk.) | $(W)$ $(T)+S$ $R$ | $B_n$ popravljeno | $\frac{B_{n-1}+B_n}{2}$ | $B_n - B_{n-1}$ | $dh\,(B_{n-1}-B_n)$ (popravljeno) | Visina |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm ° | ° | h min | mm | | mm | mm | mm | m | m |
| Zamak | 750,7 18,0 | 15,0 | 4 00 | 748,2 | −0,36<br>+0,02<br>−0,3<br>−0,64 | 750,06 | | | | 143,3 |
| Böllen-kapija | 746,6 18,0 | 14,8 | 4 43 | 748,1 | −0,36<br>−0,09<br>−0,20<br>−0,65 | 745,95 | 748 | − 4,11 | + 46,4<br>− 5 | 189,2 |
| Bismarck-kula | 740,4 18,2 | 14,8 | 5 28 | 748,05 | −0,36<br>−0,26<br>−0,15<br>−0,77 | 739,63 | 743 | − 6,32 | + 71,9<br>− 6 | 260,5 |
| Zamak | 750,2 18,2 | 17,0 | 6 25 | 747,9 | −0,36<br>+0,01<br>+0,00<br>−0,35 | 749,85 | 745 | + 10,22 | − 116,5<br>− 7 | 143,3 |
| | | | | | | (−0,21) | $\Sigma$ = = treba = | (− 0,21)<br>(0,00) | + 1,8<br>0,0 | |

Tablica 2 pokazuje jedan računski obrazac: kompenzirani Bohne-ov terenski barometar broj 2803 imao je jednačinu $B = A_t - 0{,}020\ t - 0{,}0260\ (750 - A_0)$ i mala stanična korekciska promena od 0,21 mm (pri vraćanju) ispravlja se tek posle izravnavanja visinskih razlika (podela završnog otstupanja proporcionalno dužinama).

**Barometarsko umetanje tačaka** između datih tačaka $A$ i $B$. Data visinska razlika $H_B - H_A$ ne sme biti suviše mala. Barometrom se obiđu redom $A$, 1, 2, . . ., $n$, $B$ i svaki put očita $A_t$ i $(t)$ (instrumentova temperatura). Ako su $(W)$ i $(T)$ linearne funkcije od $(t)$ i $A_0$, tada je dovoljno da se čitanje $A_t$ redukuje na bilo koju

nepromenljivu instrumentovu temperaturu. Ako $H_n$ znači visine umetnutih tačaka $n$, biće

$$H_n - H_{n-1} = (A_n - A_{n-1})(H_B - H_A)/(A_B - A_A).$$

Ova metoda merenja daje dobre visinske razlike ako su male vremenske razlike između merenja u oslonim tačkama.

Barometarskim određivanjem visina može se dobiti uopšte visinska razlika sa srednjim otstupanjem ± 0,6 do 2 m, kod visinskih razlika većih od 200 m do oko ±1% visine. Najpovoljnije vreme za opažanje je pre podne $10^h$ i po podne $4^h$.

---

# VII. Istovremeno određivanje položaja i visine (Tahimetrija)

Tahimetriskom metodom merenja nalazi se horizontalni ugao između nekog datog pravca i vizure, koja ide sa tahimetriske stanice (kao koordinatnog početka) ka nekoj terenskoj detaljnoj tački za snimanje, kao i njena horizontalna i vertikalna dužina. Horizontalni ugao meri se grafički kod tahimetrije geodetskim stolom (kao i u grafičkoj i u stereo-fotogrametriji), u teodolitskoj i busolnoj tahimetriji u stepenima. Za merenje dužina služe daljinari, mahom daljinari sa tri konca (**III E**, str. 1359), i zbog toga su durbini na geodetskom stolu, teodolitu i busoli snabdeveni ovakvim daljinarima. Kako se s malim izuzetkom meri samo u jednom durbinovom položaju, to moraju pomenuti instrumenti biti potpuno rektifikovani za merenje horizontalnih i vertikalnih uglova (**II C**, str. 1351). Da bi se nivelalo lako, treba svaki tahimetriski durbin da ima libelu za nivelanje (najbolje reverzivnu libelu). Osnovu za tahimetrisko snimanje čini po pravilu poligonska mreža, čije su strane duge 100 do 300 m, merene dva puta letvama, čiji se prelomni uglovi mere teodolitom jedanput u oba durbinova položaja, a visine tačaka određuju kontrolisanim nivelmanom. Ako je dovoljna manja tačnost, može se određivanje poligonskih tačaka izvršiti po položaju i po visini samo dvostrukim tahimetriskim merenjem. Pojedini vlaci treba da se umeću — ako je moguće — između datih tačaka, jer se računanjem između ovih tačaka potpuno kontrolišu (**IV B C**, str. 1362 i dalje).

**U preglednom terenu** snimaju se sa poligonskih tačaka obližnje karakteristične terenske tačke (najviše tačke brežuljaka, prelomne tačke grebena i dolina, najdublje tačke vrtača, nizovi tačaka, na liniji najvećeg pada na terenskoj površini) na taj način, što se najpre tahimetar centriše na stanici sa poznatom nadmorskom visinom $Q$ i osposobi za rad (dotera alhidadna osa u vertikalu kroz tačku). Pošto se izmeri visina instrumentova $J$ nad stanicom pomoću tahimetarske letve dobiva se instrumentov

horizont kao $Q+J$, pa se nišan za srednji konac, koji je namešten na letvi tako da se može pomerati, utvrdi u blizini 2 m na $Z$, tako da $Q'=Q+J-Z$ vredi ceo broj metara. Ovakva letva stavlja se vertikalno najpre na najbližu poligonsku tačku (orijentacija), vizira se u nju, očita između stadimetriskih konaca približna vrednost $(E)=0{,}5+100\,l$ (**III E 2**, str. 1359), pri čemu se srednji konac namešta približno na nišan a potom se nišan fino vizira. Zatim se vrši čitanje na vertikalnom limbusu (ako postoji kontrolna libela treba prethodno doterati njen mehur da vrhuni), što daje vizurin visinski ugao $\alpha$, a zatim vrši čitanje na horizontalnom limbusu (ili na busoli). Izložena radna metoda ponavlja se za svaku narednu tačku koja se snima. Čitanja se upisuju u zapisnik (formular, tablica 1) a tačke se ucrtavaju na detaljnoj skici od oka i numerišu. Zapisnik i skica treba uvek da se slažu, pa se to često kontroliše. Visine podesnih tačaka mogu se odrediti i čitanjem otsečka srednjim koncem pri horizontalnoj vizuri (kad vrhuni mehur na libeli za nivelanje). Računanjem horizontalnog otstojanja $D$ i visine $q$ a prema pokazanom postupku u **III E 2** pokazuje primer, tablica 1.

**Tablica 1. Istovremeno snimanje položaja i visine**

Čitanje na letvi: $(E) = 0{,}5 + 100\,l$

Jednačina za otstojanje kod ovog instrumenta je: $E = 0{,}38 + 102{,}00\,l$

| Tačka No. | $(E)$ $E-(E)$ | Vert. ∢ $\pm\alpha$ | Horiz. ∢ (busola) | $D=$ $(E\cos^2\alpha)$ | $\pm h$ | $q=Q'\pm h$ | Primedbe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | g | g | | | | |
| | | *Stanica* | P. P. B. | | $Q=$ | 225,04 | |
| | | $J$=1,49 | $Q+J$= | 226,53 | $Z=$ | 2,53 | $Q'$=224,00 |
| P. P. C. | 175,8 +3,4 | 0,60 | 0,00 | 179,1 | +1,69 | 225,69 | treba 225,66 |
| 305 | 54,8 +1,0 | 398,58 | 194,2 | 55,8 | −1,25 | 222,75 | |
| 306 | 80,2 +1,5 | 399,54 | 153,75 | 81,7 | −0,59 | 223,94 | $Z$=2,00 |
| 307 | 99,0 +1,9 | 398,95 | 183,0 | 100,8 | −1,66 | 222,34 | |

Operacije su osetno olakšane, ako se $(E)$ čita samo da se dobiju metri, što je dovoljno u svrhu opštih radova. Tada je zgodno primeniti letve podeljene u decimetre i poludecimetre, koje se mogu brzo čitati i na nekoliko stotina metara, pa se i $h$ računa na decimetre.

**U nepreglednom terenu** (u šumi i sl.) moraju se dalje odrediti (po položaju i visini) još i mnoge druge tahimetriske stanice u poligonskim vlacima, da bi se sa njih snimale okolne terenske tačke. Ovi se vlaci mahom određuju tahimetriski a za određivanje nagiba, kako za poligonske strane tako i za ostale vizure, može

se zgodno upotrebiti busola. Svaki ovakav busolni tahimetriski vlak treba da se oslanja na date tačke.

Merenje se vrši kao što je napred opisano; često se vlak meri u skokovima, tj. opaža se nagib jedne poligonske strane ka poligonskoj tački, koja će se merenjem preskočiti, i nagib one strane sa naredne tačke ka preskočenoj tački. Dužine strana ne treba uzimati preko 100 m (**II D**, str. 1355 i **IV E**, str. 1370).

**Fototahimetrija.** — Iz centralnih perspektiva istog preglednog terenskog dela, dobivenih fotogrametriskom komorom, mogu se na razne načine izraditi horizontalna projekcija i visine terena. Ako su snimci dobiveni, na pr., iz aviona sa približno vertikalnim komorinim optičkim osama, može se pomoću redresera (na pr., Zeiss, Jena) prefotografisati svaki pojedini snimak uz upotrebu (najmanje četiri) tačaka za orijentaciju, a u isto vreme da se dovede i na određenu razmeru. Na taj način dobiva se za teren koji je približno ravan, skoro pravi horizontalni plan (fotogrametriski plan ili skica), koji je dovoljan za projektovanje naselja i sl. a može se po potrebi upotpuniti određivanjem visina. — Iz dva snimka istog terena, snimljena sa različitih datih stanica, mogu se odrediti po principu presecanja napred i trigonometriskog određivanja visina — položaj i visina pojedinih terenskih tačaka bilo računski bilo grafički. Pomoću fotogrametriskog teodolita za merenje na snimku, mogu se iz svakog orijentovanog snimka neposredno izmeriti nagibi i visinski uglovi zrakova, koji sa stanice idu ka pojedinim tačkama.

Dok se kod terestričke fotogrametrije po pravilu prostorni položaj stanice poznat iz drugih merenja, može se to isto naći kod vazdušne fotogrametrije tek iz poznatih prostornih koordinata naslikanih tačaka i iz merenja na snimku. Istovremenim posmatranjem odgovarajućeg para snimaka u stereoskopskim napravama može se kod većine ljudi izazvati pretstava prostornog modela snimljenog terena; po kome se tada može meriti. Dok se na tom prostornom modelu mogu stereo-komparatorom meriti tačka po tačka, stereo-autograf izvlači samostalno odmah izohipse pod pretpostavkom da su optičke ose komora stajale vodoravno, a na stereo-planigrafu (Bauersfeld-Zeiss, Jena) kao i, na pr., na auto- odnosno aero-kartografu (Hugershoff-Heyde, Dresden) i kad su ose proizvoljno upravljene[1]).

**Izrada jednog situacionog plana.** — Kod svih većih snimanja računaju se koordinate poligonskih tačaka po pravilima iz IV odeljka (str. 1361), i pomoću njih se ove tačke prenose u decimetarsku mrežu (v. **IV F**, str. 1370). Transporterom za nanošenje uglovnih razlika i razmernika za nanošenje horizontalnih dužina

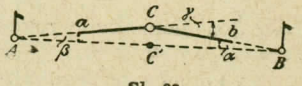
---

[1]) V. među ostalim Hugershoff-Cranz: Grundlagen der Photogrammetrie usw., Stuttgart 1919. Wittwer. — Gruner: Aerokartograph, Stuttgart 1929. Wittwer. — Hugershoff: Photogrammetrie und Luftbildwesen, Wien, 1930, Springer — Gast: Vorlesungen über Photogrammetrie, Leipzig 1930, Barth. — v. Gruber: Ferienkurs in Photogrammetrie, Stuttgart 1930. Witwer — Löschner: Einführung in die Erdbildmessung, Leipzig u. Wien 1930, Deuticke. — Baeschlin u. Zeller: Lehrbuch der Stereophotogrammetrie, Zürich u. Leipzig 1934. Orell Füssli. — Schwidefsky: Einführung in die Luft- und Erdbildmessung. 2 Aufl, Leipzig u. Berlin 1939, Teubner. — Lüscher: Kartieren nach Luftbildern, Berlin 1937, Mittler und Sohn. — Finsterwalder: Photogrammetrie, Berlin 1939, de Gruyter.

prenose se polarnim koordinatama snimljene tačke ili se pomoću kružnog transportera prenose tačka pó tačka ili po celim stanicama. Tahimetriske busolne vlake bolje je crtati najpre na providnoj hartiji, pa se posle pomoću nje poligon umetne između krajnjih tačaka na planu. Svakoj nanetoj tački napiše se najpre broj a kasnije upiše nadmorska visina. Izohipse koje vezuju susedne tačke na terenu sa istom nadmorskom visinom, konstruišu se interpolovanjem između pogodnih terenskih tačaka. Izohipsama, koje se izvlače mrkom bojom, upišu se visine na zgodnim mestima, obeleži približan pravac severa, razmera, i sl.

## VIII. Obeležavanje pravih i krivina

Kad su poznate krajnje tačke neke dugačke prave, koju treba obeležiti i kad se ona može s jedne krajnje tačke pregledati, tada se u toj tački centriše potpuno rektifikovan teodolit i dotera alhidadna osa u vertikalu. Posle viziranja druge krajnje tačke, pomeranjem durbina na niže, uteruju se u pravac tačke uz pomoć signalnih barjačića, govorne trube, dozivala itd. Ako se ove tačke $A$ i $B$ vide samo sa neke pomoćne tačke $C$, koja je skoro u pravcu te prave, tada se u toj tački dobro izmeri ugao $\gamma$ (sl 23), a $a$ i $b$ se približno odrede (na pr., iz neke karte, korakom, daljinarom). $\alpha$ i $\beta$ se nalaze iz $(\alpha+\beta)/2 = \gamma/2$ i $\operatorname{tg}(\alpha-\beta)/2 = \operatorname{tg}[(\alpha+\beta)/2] \cdot [(a-b)/(a+b)]$; poprečno pomeranje pomoćne tačke nalazi se iz $\overline{CC'} = a \sin\beta = b \sin\alpha$. Tačka $C'$ se kontroliše ponavljanjem postupka; namesto tg i sin vrlo malih uglova može se korisno uvesti lučna mera. Ne može li se naći takva pomoćna tačka $C$, spaja se $A$ i $B$ poligonom **po mogućstvu opruženim,**

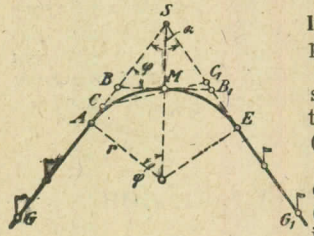


Sl. 23

izračunaju se otstojanja poligonskih tačaka od prave $AB$ i obeleže njene međutačke.

**Obeležavanje kružnog luka** datog poluprečnika $r$ koji dodiruje dve prave $G$ i $G_1$ obeležene na terenu. — Nađe se presek $S$ ovih pravih i izmeri ugao $\alpha$ između njih (po pravilu neposredno) teodolitom (do na nekoliko sekunda). Radi obeležavanja glavnih tačaka kružnog luka $A$, $E$ a većinom i $M$ (sl. 24) izračuna se: $\varphi = 90° - \alpha/2$; $\overline{SA} = \overline{SE} = r \operatorname{tg}\varphi$; $\overline{AB} = \overline{BM} = r \operatorname{tg}(\varphi/2)$; $\overline{SM} = r \operatorname{tg}\varphi \cdot \operatorname{tg}(\varphi/2)$; dužina luka $\overset{\frown}{AE} = r \cdot 2\varphi/\varrho$; $\overline{SB} = \overline{SA} - \overline{AB}$. Prenošenjem $\overline{SB}$ i $\overline{SA}$, odnosno $\overline{SB_1}$ i $\overline{SE}$ dobivaju se $B$, $A$, $B_1$, $E$ a polovljenjem $\overline{BB_1}$ i teme $M$. Teme $M$ se često kontroliše polovljenjem $\alpha$ i prenošenjem $\overline{SM}$. Dovoljno je računati petoro-decimalnim logaritmima (računska tačnost u mm). Ako je tačka $S$ nepristupna, tada treba spojiti po jednu tačku sa $G$ i $G_1$ jednom dužom pomoćnom pravom $\overline{CC_1}$ pa meriti kao poligon $GCC_1G_1$ stranu $\overline{CC_1}$ i oba ugla $C_1CG$

i $G_1 C_1 C$, da bi se moglo izračunati iz trougla $C S C_1$ ugao $\alpha$ i obe strane $\overline{SC}$ i $\overline{SC_1}$. Dobra kontrola sastoji se u merenju ugla na $M$ između pravaca ka $A$, $B$, $B_1$ i $E$.



Sl. 24

**Obeležavanje detaljnih tačaka na luku,** koje su na otstojanju 5 do 30 m prema veličini $r$.

1. Pomoću pravouglih koordinata sa tangente. Apscise $x$ mere se duž tangente počev od početne tačke luka (dodirne tačke).

$\alpha$) Ceo luk treba izdeliti u jednake delove: na pr., u četvrtini lučnog dela (sl. 24) treba umetnuti $n$ tačaka. Tada je centralni ugao između dve uzastopne tačke $\psi = \varphi/2n$ a pravougle koordinate za $n$ tačaka: $x_i = r \sin i\psi$; $y_i = 2r \sin^2 (i\psi/2)$ (od $i=1$ do $i=n$). Na četvrtinama luka treba za kontrolu dobiti istu tačku sa obeju tangenata.

$\beta$) Ako detaljne tačke na luku, uopšte, treba da budu međusobno udaljene za okruglu vrednost $b$, tada je

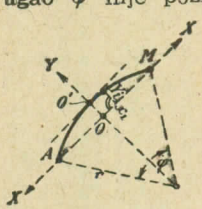
$$\psi'' = \varrho'' b/r; \quad x_i = r \sin i\psi; \quad y_i = 2r \sin^2 (i\psi/2).$$

$\gamma$) Ako apscise $x_i$ treba da iznose okrugao broj, tada je:

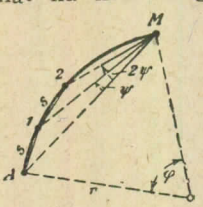
$$y_i = x_i^2/2r + x_i^4/8r^3 + x_i^6/16r^5 + \ldots \approx x_i^2/2r + (x_i^2/2r)^2/2r.$$

Prva dva člana ovog reda dovoljna su za plitke luke; po potrebi može se umetnuti još neka tangenta između $A$ i $M$.

2. Pomoću pravouglih koordinata sa tetive. U slučaju kad ugao $\varphi$ nije poznat na neki drugi način (sl. 25), nalazi se iz merene dužine tetive $\overline{AM} = s$ preko $\sin(\varphi/2) = s/2r$. Dalje je $\overline{OO'} = K = 2r \sin^2(\varphi/4)$. Iz jednačina iznetih pod 1 nalaze se apscise $x_i$ odnosne koordinate $Y_i = K - y_i$.



Sl. 25



Sl. 26

3. Pomoću periferiskih uglova i tetiva.

$\alpha$) Ceo luk treba da je podjednako izdeljen, tako da između $A$ i $M$ (sl. 26) leži $n$ tačaka. Tada se periferiski ugao prema tetivi između dve uzastopne tačke nalazi iz $\psi = \varphi/2n$ a odnosna dužina tetive iz $s = 2r \sin\psi$. Pošto se teodolit centriše u $M$, prenese se ugao $\psi$ od prave $\overline{MA}$, odmeri $\overline{A1} = s$ počev od $A$, pa se tako dobije tačka 1 na luku; prenošenje $2\psi$ na $\overline{MA}$ i odmeranje $1 \cdot 2 = s$ daje

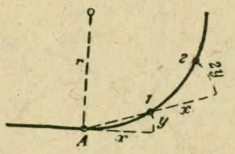
tačku 2 na luku itd. Po pravilu su ovde i $\psi$ i $s$ nezaokrugljeni.

$\beta$) Ako se dužina tetive $s$ uzme kao zaokrugljena vrednost tada se nalazi odnosni (nezaokrugljeni) periferiski ugao $\psi$ iz $\sin\psi = s/2r$.

$\gamma$) Ako se $\psi$ uzme kao zaokrugljena vrednost, tada se odnosna nezaokrugljena tetiva dobiva iz $s = 2r\sin\psi$.

Ovaj postupak je zgodan na uskim nasipima i zahteva malo računanja.

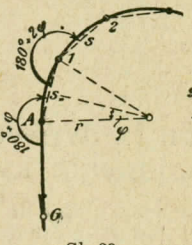
4. Kad se polaže malo na tačnost, dobar je način sa produženom tetivom (sl. 27): meri se, na pr., na tangenti okrugla vrednost $x$ (na pr., 20 m pantljikom) pa se skreće za $y = x^2/2r$, čime se dobiva tačka 1 na luku. Na produženoj tetivi $\overline{A1}$ ponovo se odmeri $x$ i skrene za $y_2 = 2y$, te se dobiva tačka 2 na luku itd.



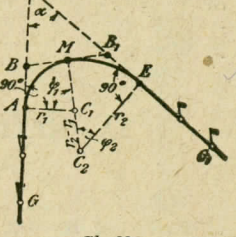
Sl. 27

**Obeležavanje kružnog luka koji leži u tunelu (ili u useku).** — Ovde se nađu nekoliko glavnih tačaka na luku obeležavanjem tetivnog poligona sa što dužim tetivama, ostale tačke na luku obeleže se sa ovih tetiva pomoću pravouglih koordinata. Kad su poznati početna tačka $A$ luka, pravac tangente $\overline{AG}$ i poluprečnik $r$ luka (sl. 28), tada se pomoću teodolita prenese u $A$ ugao $180° + \varphi$ od $\overline{AG}$ i odmeri u dobivenom pravcu duž $s$ (gde je $\sin\varphi = s/2r$) i dobiva tačka $\overline{1}$ na luku. Tačka 2 se dobiva prenošenjem ugla $180° + 2\varphi$ od $\overline{1A}$ i odmeranjem $s$ itd. Kod obeležavanja koncentričnog luka sa nešto većim poluprečnikom [na pr., $(r + 1)$ m] dobivaju se mnogo duže tetive a time smanjivanje prenošenja grešaka.

**Nalaženje glavnih tačaka luka dvodelnog korbbogna** kad su poznati: $\alpha$ ugao između tangenata, $A$ početna tačka luka, i oba poluprečnika $r_1$ i $r_2$ (sl. 29). Uzimajući $C_2$ kao početak a $\overline{C_2E}$ za pravac $+x$ - apscisne ose pravouglog koordinatnog sistema dobivaju se, primenjujući pravilo o projekcijama na zatvoren poligon $C_2ESAC_1C_2$, strana $\overline{ES}$ i ugao $\varphi_1$, pošto su poznate ostale strane. Dalje je $\varphi_2 = 180° - (\alpha + \varphi_1)$; $\overline{AB} = r_1\,\mathrm{tg}\,(\varphi_1/2)$; $\overline{EB_1} = r_2\,\mathrm{tg}\,(\varphi_2/2)$, tako da se mogu obeležiti tačke $B$, $B_1$, $E$ i $M$.



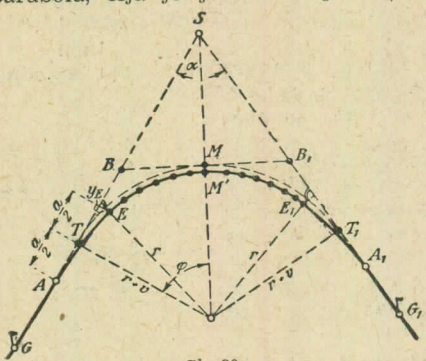
Sl. 28



Sl. 29

**Obeležavanje prelazne krivine** između prave i kružnog luka (sl. 30). U krivini koloseka potrebno nadvišenje spoljne šine i proširenje širine koloseka (pomeranjem unutarnje šine ka centru) postiže se postupno umetanjem prelazne krivine između

prave i luka. Za prelaznu krivinu primenjuje se obično kubna parabola, čija je jednačina $y = x^3/6\,a\,r$, gde su: $x$, $y$ pravougle koordinate tačaka na prelaznoj krivini, $r$ poluprečnik dodirnog kružnog luka a $a$ dužina prelazne krivine (= najmanje 300 puta nadvišenje). Često se upotrebljava $K = 6\,a\,r = 90\,000$. Krajnja ordinata tačke prelazne krivine (prelaz u kružni luk) iznosi, prema tome, dovoljno tačno $y_E = a^2/6\,r$, a umetanjem ove krive pomera se tangenta na krug za $v = y_E/4$ paralelno sebi. Ako su poznati, na pr., ugao $\alpha$ između tangenata, odnosno pravih $G$ i $G_1$ koje se spajaju, prečnik $r$ kružnog luka i dužina $a$ prelazne krivine, onda treba izračunati za obeležavanje:



Sl. 30

$$K = 6\,a\,r; \qquad y_E = a^3/K; \qquad v = y_E/4; \qquad \varphi = 90° - \alpha/2;$$

$$\overline{ST} = (r+v)\operatorname{tg}\varphi; \quad \overline{SM} = (r+v)\operatorname{tg}\varphi\operatorname{tg}(\varphi/2); \quad \overline{TB} = (r+v)\operatorname{tg}(\varphi/2).$$

Kad se obeleže tačke $B$, $T$, $B_1$, $T_1$ i $M$, kao što je rečeno ranije, odmeri se $a/2$ počev od $T$ i $T_1$ u polje, čime se dobivaju početne tačke $A$, $A_1$ prelaznih krivina. Ove dve krivine obeležavaju se da su već izvršene ispravke usled grubih grešaka i sistematskih gentu, pa se tako dobiju i prelazne tačke $E$ i $E_1$ na kružnom luku. Kružni luk $E\,M'\,E_1$ obeleži se kao ranije, imajući na umu da je $\overline{M\,M'} = v$.

---

# IX. Račun izravnavanja po metodi najmanjih kvadrata [1])

Kod opažanja koja se u daljem izlaganju izravnavaju, smatra se da su već izvršene ispravke usled grubih grešaka i sistematskih otstupanja, tako da se ovim izravnavanjem određuju najverovatnije popravke $v$, koje treba dodati opažanjima zbog slučajnih otstupanja.

Ako $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots \varepsilon_n$ pretstavlja jedan niz, dobiven iz što je moguće većeg broja $n$ istinitih otstupanja, jednake tačnosti, tada je srednje otstupanje:

$$m = \sqrt{[\varepsilon\,\varepsilon]/n} \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

[1]) Sravni izlaganje u odeljku Matematika, str. 206 i dalje. Opširno obrađeno u Helmert(-Hohenner): Ausgleichungsrechnung, 3. Aufl., 1924. Teubner, i Hohenner: Geodäsie, Leipzig u. Berlin 1910, Teubner.

Najveće otstupanje ili u praksi dopuštena granica otstupanja utvrđena je kao trostruki ili četvorostruki iznos od $m$, ako se javlja jedanput u 368 do 15 800 merenja. Iz srednjeg otstupanja izlazi:

Tačnost = const.: $m$; težina $p$ = konstanta težine $k : m^2$ . (2)

a verovatnoća $\varphi(v)$ da će se desiti otstupanje veličine $v$ je po Gauss-u

$$\varphi(v) = \left(1/m\sqrt{2\pi}\right) e^{-v^2/2m^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Zbog (3) nalazi se najverovatniji sistem popravaka, ako je

$$[p\,v\,v] = \text{minimum (metoda najmanjih kvadrata)} \quad . \quad (4)$$

Ako neko opažanje sa srednjim otstupanjem $\pm \mathfrak{m}$ ima težinu $\mathfrak{p} = 1$, tada je prema (2)

$$k = \mathfrak{m}^2, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Težinska konstanta je kvadrat srednjeg otstupanja jednog opažanja sa težinom jedan, a težine su obrnuto srazmerne kvadratima srednjih otstupanja. Iz

$$m_x = \mathfrak{m}\sqrt{1/p_x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

nalazi se prema potrebi $m_x$ ili $\mathfrak{m}$. Ako su poznati $n$ stvarnih otstupanja $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$, (na pr., razlike dvostrukih merenja, otstupanje zatvorenog vlaka i sl.) i njihove težine $p_1, p_2, p_3, \ldots, p_n$, tada je srednje otstupanje težinske jedinice

$$\mathfrak{m} = \sqrt{[p\,\varepsilon\,\varepsilon]/n}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Prenošenje srednjeg otstupanja v. str. 207; u mnogim slučajevima je za izračunavanje $m$ zgodnije računanje pomoću logaritamskih tabličnih diferencija.

## Izravnavanje posrednih nezavisnih opažanja

Iz $n$ opažanja $L_1, L_2, \ldots, L_n$ čije su težine $p_1, p_2, \ldots, p_n$ poznate, treba odrediti istovremeno $u$ neponzatih $\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z}, \ldots$ i njihove težine $p_x, p_y, p_z, \ldots$ Izravnanje je mogućno samo, ako je $n > u$, tako da je $n - u$ broj prekobrojnih opažanja.

Posle dodavanja najverovatnijih popravaka $v_1, v_2, \ldots, v_n$ opažanjima, postoje neprotivrečni odnosi:

$$\left.\begin{array}{lll} \underline{L}_1 = L_1 + v_1 = f_1(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z} \ldots) & \text{težina} & p_1 \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots & : & : \\ L_n = L_n + v_n = f_n(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z} \ldots) & : & p_n \end{array}\right\} \text{Opšte jednačine otstupanja (1)}$$

$$\text{ili} \quad \left.\begin{array}{lll} v_1 = f_1(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z} \ldots) - L_1 & \text{težina} & p_1 \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots & : & : \\ v_n = f_n(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z} \ldots) - L_n & : & p_n \end{array}\right\}$$

$f_1, f_2, \ldots, f_n$ su ma kakve proizvoljne funkcije. U svim slučajevima (ako su opšte jednačine otstupanja već linearne, da bi se dobilo zgodnije računanje) nađu se za $u$ nepoznatih najpre dobre približne vrednosti $(x)$, $(y)$, $(z)$, . . . i stavi još i

$$\underline{X} = (x) + x; \quad \underline{Y} = (y) + y; \quad \underline{Z} = (z) + z \ldots\ldots \quad (2)$$

Primenom Taylor-ove formule na opšte jednačine otstupanja, dobivaju se transformisane jednačine popravaka ili linearne jednačine otstupanja:

$$\left.\begin{array}{l} v_1 = a_1 x + b_1 y + c_1 z + l_1 \quad \text{težina } p_1 \\ \vdots \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad \vdots \quad \vdots \\ v_n = a_n x + b_n y + c_n z + l_n \qquad\quad \vdots \quad p_n \end{array}\right\} \quad (3)$$

gde je:

$$\left.\begin{array}{l} a_1 = \dfrac{\partial f_1}{\partial (x)}; \quad b_1 = \dfrac{\partial f_1}{\partial (y)}; \quad c_1 = \dfrac{\partial f_1}{\partial (z)}; \quad l_1 = f_1\left((x)(y)(z)\ldots\right) - L_1 \\ \vdots \\ a_n = \dfrac{\partial f_n}{\partial (x)}; \quad b_n = \dfrac{\partial f_n}{\partial (y)}; \quad c_n = \dfrac{\partial f_n}{\partial (z)}; \quad l_n = f_n\left((x)(y)(z)\ldots\right) - L_n \end{array}\right\}$$

Apsolutni članovi $l$ su prema tome: računski iznos (teorija) minus iznos opažanja (opažanje). Iz ovih jednačina mogu se množenjem $v_i$ i koeficijenata $a_i$, $b_i$, $c_i$, kao i $l_i$ sa $\sqrt{p_i}$, dobiti jednačine otstupanja $v_i = a_i x + b_i y + c_i z + l_i$, koje se odnose na žinsku jedinicu, tako da će dalje biti $[p\,v\,v] = [v\,v]$.

Kako je $[p\,v\,v]$ funkcija nezavisno promenljivih $x$, $y$, $z$, to će uslov $[p\,v\,v]$ = minimum ovde biti zadovoljen, ako bude $\dfrac{\partial [p\,v\,v]}{\partial x} = 0$, $\dfrac{\partial [p\,v\,v]}{\partial y} = 0$, $\dfrac{\partial [p\,v\,v]}{\partial z} = 0$. Ovo vodi ka $u$ (ovde trima) normalnim jednačinama:

$$\left.\begin{array}{l} \underline{[p\,a\,a]}x + [p\,a\,b]y + [p\,a\,c]z + [p\,a\,l] = 0 = \underline{[a\,a]}x + [a\,b]y + [a\,c]z + [a\,l] = [p\,a\,v] \\ [p\,a\,b]x + \underline{[p\,b\,b]}y + [p\,b\,c]z + [p\,b\,l] = 0 = [a\,b]x + \underline{[b\,b]}y + [b\,c]z + [b\,l] = [p\,b\,v] \\ [p\,a\,c]x + [p\,b\,c]y + \underline{[p\,c\,c]}z + [p\,c\,l] = 0 = [a\,c]x + [b\,c]y + \underline{[c\,c]}z + [c\,l] = [p\,c\,v] \\ [p\,a\,l]x + [p\,b\,l]y + [p\,c\,l]z + \underline{[p\,l\,l]} = [p\,v\,v] \end{array}\right\} \quad (4)$$

Rešenje ovih normalnih jednačina postiže se najlakše G a u s s-ovom metodom eliminisanja (str. 78), jer ona daje skoro uzgred

$$[p\,v\,v] = [p\,l\,l \cdot u] = [p\,l\,l] - \frac{[p\,a\,l]^2}{[p\,a\,a]} - \frac{[p\,b\,l \cdot 1]^2}{[p\,b\,b \cdot 1]} - \frac{[p\,c\,l \cdot 2]^2}{[p\,c\,c \cdot 2]},$$

a sem toga, pored $z$ još i $p_z = [p\,c\,c \cdot 2]$, a pored $y$ i $p_y = p_z \dfrac{[p\,b\,b \cdot 1]}{[p\,c\,c \cdot 1]}$ i $x$. Promenom nepoznatih u normalnim jednačinama mogu se na ovaj način uvek naći težine onih dveju nepoznatih koje se pri izračunavanju javljaju kao poslednje.

Prema jednačinama (2) dobivaju se nepoznate, iz (3) pojedine popravke, a na osnovi toga izračunati iznos $[p\,v\,v]$ mora se slagati sa iznosom koji je nađen pri eliminaciji (u granicama računske tačnosti) (prva proba).

Srednje otstupanje težinske jedinice:

$$\mathfrak{m} = \sqrt{[p\,v\,v]/(n-u)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Srednje otstupanje nepoznatih:

$$m_x = \mathfrak{m}\sqrt{1/p_x};\ m_y = \mathfrak{m}\sqrt{1/p_y};\ m_z = \mathfrak{m}\sqrt{1/p_z} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Završna proba: Polazne jednačine (1) moraju dati količine, koje se slažu zbog $\underline{L_i} = L_i + v_i$ i $L_i = f_i\,(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z} \ldots)$.

Stavimo li: $-x = \alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2 + \ldots \alpha_n l_n$, biće: $m_{\underline{x}}^2 = [\alpha\,\alpha]\,\mathfrak{m}^2$, ili: $p_{\underline{x}} = \dfrac{1}{[\alpha\,\alpha]}$

$-y = \beta_1 l_1 + \beta_2 l_2 + \ldots \beta_n l_n$, „ $m_{\underline{y}}^2 = [\beta\,\beta]\,\mathfrak{m}^2$ „ $p_{\underline{y}} = \dfrac{1}{[\beta\,\beta]}$

$-z = \gamma_1 l_1 + \gamma_2 l_2 + \ldots \gamma_n l_n$, „ $m_{\underline{z}}^2 = [\gamma\,\gamma]\,\mathfrak{m}^2$ „ $p_{\underline{z}} = \dfrac{1}{[\gamma\,\gamma]}$.

Težinski koeficijenti nalaze se iz težinskih jednačina:

$$\begin{aligned}
&[p\,a\,a]\,[\alpha\,\alpha] + [p\,a\,b]\,[\alpha\,\beta] + [p\,a\,c]\,[\alpha\,\gamma] - 1 = 0\\
&[p\,a\,b]\,[\alpha\,\alpha] + [p\,b\,b]\,[\alpha\,\beta] + [p\,b\,c]\,[\alpha\,\gamma] - 0 = 0\\
&[p\,a\,c]\,[\alpha\,\alpha] + [p\,b\,c]\,[\alpha\,\beta] + [p\,c\,c]\,[\alpha\,\gamma] - 0 = 0\\
&[p\,a\,a]\,[\alpha\,\beta] + [p\,a\,b]\,[\beta\,\beta] + [p\,a\,c]\,[\beta\,\gamma] - 0 = 0\\
&[p\,a\,b]\,[\alpha\,\beta] + [p\,b\,b]\,[\beta\,\beta] + [p\,b\,c]\,[\beta\,\gamma] - 1 = 0\\
&[p\,a\,c]\,[\alpha\,\beta] + [p\,b\,c]\,[\beta\,\beta] + [p\,c\,c]\,[\beta\,\gamma] - 0 = 0\\
&[p\,a\,a]\,[\alpha\,\gamma] + [p\,a\,b]\,[\beta\,\gamma] + [p\,a\,c]\,[\gamma\,\gamma] - 0 = 0\\
&[p\,a\,b]\,[\alpha\,\gamma] + [p\,b\,b]\,[\beta\,\gamma] + [p\,b\,c]\,[\gamma\,\gamma] - 0 = 0\\
&[p\,a\,c]\,[\alpha\,\gamma] + [p\,b\,c]\,[\beta\,\gamma] + [p\,c\,c]\,[\gamma\,\gamma] - 1 = 0
\end{aligned}$$

Ako treba dalje izračunati srednje otstupanje $m_F$ neke proizvoljne funkcije $\varphi$ izravnatih nepoznatih $\underline{X}$, $\underline{Y}$, $\underline{Z}$, ... dakle, veličine $F \equiv \varphi\,(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z} \ldots)\{ = \varphi\,((x)+x,\ (y)+y,\ (z)+z \ldots)\}$, onda treba odrediti najpre parcijalne izvode $f_1$, $f_2$, $f_3$, ... od $F$ po nepoznatim $(x)$, $(y)$, $(z)$, ..., tako da je

$$dF = \frac{\partial \varphi}{\partial (x)}\,x + \frac{\partial \varphi}{\partial (y)}\,y + \frac{\partial \varphi}{\partial (z)}\,z = f_1 x + f_2 y + f_3 z.$$

Tada je: $m^2{}_F = \mathfrak{m}^2 \cdot 1/P$, ako je:

$$\frac{1}{P} = -\left(-\frac{f_1{}^2}{[p\,a\,a]} - \frac{[f_2 \cdot 1]^2}{[p\,bb \cdot 1]} - \frac{[f_3 \cdot 2]^2}{[p\,cc \cdot 2]}\right) = q_1 f_1 + q_2 f_2 + q_3 f_3 = -[0 \cdot k],$$

Ako transformišemo normalne jednačine (4) u:

$$\begin{aligned}
&[p\,a\,a]\,q_1 + [p\,a\,b]\,q_2 + [p\,a\,c]\,q_3 - f_1 = 0\\
&[p\,a\,b]\,q_1 + [p\,b\,b]\,q_2 + [p\,b\,c]\,q_3 - f_2 = 0\\
&[p\,a\,c]\,q_1 + [p\,b\,c]\,p_2 + [p\,c\,c]\,q_3 - f_3 = 0\\
&(-f_1\,q_1 - f_2\,q_2 - f_3\,q_3 - 0 = -1/P),
\end{aligned}$$

i ako primenimo pomenutu Gauss-ovu metodu eliminisanja, dobićemo posle eliminisanja svih $q$ odmah $-1/P = [0 \cdot u]$.

**Tok računanja:** 1. Nalaženje dobrih približnih vrednosti $(x)$, $(y)\ldots$, 2. Izračunavanje apsolutnih članova $l_i = f_i\ [(x), (y), \ldots] - L_i$; 3. Izračunavanje diferencijalnih izvoda $a_i, b_i, \ldots$ po jednačinama (3); 4. Obrazovanje jednačina otstupanja (3); 5. Izračunavanje koeficijenta za normalne jednačine $[p\,a\,a], \ldots$ i formiranje normalnih jednačina po (4); 6. Rešavanje normalnih jednačina, izračunavanje $X$, $Y, \ldots$ po jednačini (2); 7. Izračunavanje $M$, $m_x$, $m_y$ po jednačini (5) i (6); 8. Izračunavanje pojedinačnih popravaka $v_i$ po jednačini (3) a odatle $[p\,v\,v]$ (prva proba); 9. Izračunavanje $L_i = L_i + v_i$ i $L_i = f_i$ $(X, Y \ldots)$ (završna proba.); 10. Izračunavanje funkcionalnih težina.

## Izravnavanje uslovnih opažanja

$n$ opažanja $l_1, \ldots, l_n$ sa poznatim težinama $p_1, \ldots, p_n$ treba popraviti za male iznose $v_1, \ldots, v_n$; ove treba tako odrediti da bude: 1) $[p\,v\,v] = \min$ a 2) da $n$ izravnatih opažanja $\underline{l_i} = l_i + v_i$ zadovolji propisane uslove potpuno ($r$ uslovnih jednačina). Izravnavanje je mogućno ako je $n > r$. Ako $f_1, f_2, \ldots, f_r$ znače proizvoljne funkcije, tada ove $r$ opšte, nezavisne uslovne jednačine glase:

$$\left.\begin{aligned}
&f_1(l_1 + v_1,\ l_2 + v_2 \ldots l_n + v_n) = 0\\
&f_2(l_1 + v_1,\ l_2 + v_2 \ldots l_n + v_n) = 0\\
&\vdots\qquad\qquad\vdots\\
&f_r(l_1 + v_1,\ l_2 + v_2 \ldots l_n + v_n) = 0
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Odavde se razvijanjem u redove dobivaju $r$ linearnih (transformisanih) uslovnih jednačina:

$$\left.\begin{aligned}
&a_1 v_1 + a_2 v_2 + \ldots + a_n v_n + w_1 = 0\\
&b_1 v_1 + b_2 v_2 + \ldots + b_n v_n + w_2 = 0\\
&\vdots\qquad\qquad\vdots\\
&c_1 v_1 + c_2 v_2 + \ldots + c_n v_n + w_r = 0
\end{aligned}\right\} \quad \text{(broj jednačina } r\text{)} \quad (2)$$

gde je:

$$\left.\begin{aligned}
&a_i = \frac{\partial f_1}{\partial l_i};\quad b_i = \frac{\partial f_2}{\partial l_i};\quad c_i = \frac{\partial f_r}{\partial l_i}\\
&w_i = f_i(l_1,\ l_2 \ldots l_n)
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Otstupanja $w$ su ovde: opažani iznos (opažanje) minus potrebni iznos (teorija). Ako se u jednačini (2) želi staviti popravke

$v_i = v_i \sqrt{p_i}$ koje se odnose na težinsku jedinicu, tada treba sve $a_i$, $b_i$, $c_i$ podeliti sa $\sqrt{p_i}$. Prva jednačina grupe (2) glasila bi na pr.:

$$\frac{a_1}{\sqrt{p_1}} v_1 \sqrt{p_1} + \frac{a_2}{\sqrt{p_2}} v_2 \sqrt{p_2} + \ldots \frac{a_n}{\sqrt{p_n}} v_n \sqrt{p_n} + w_1 = 0$$

ili

$$a_1 v_1 + a_2 v_2 + \ldots + a_n v_n + w_1 = 0,$$

i dalje $[p\,v\,v] + [v\,v]$. Ako su najzad poznati $v_1, \ldots, v_n$, tada se pomoću njih dobivaju popravke uopšte kao $v_i = v_i/\sqrt{p_i}$ koje treba dodati opažanjima.

a) Ako je $r$ veliki a $n - r$ mali broj, često je za preporuku iz uslovnih jednačina (2) obrazovati $n$ linearnih jednačina otstupanja za $v_1, \ldots, v_n$ tako da se uzmu $n - r$ nezavisnih $v$ a ostala $r$ otstupanja izraze pomoću njih. Izravnavanje se vrši tada po postupku koji je opisan na str. 1387, za izravnavanje posrednih nezavisnih opažanja. Srednje otstupanje težinske jedinice biće zbog toga

$$m = \sqrt{[p\,v\,v]/[n - (n - r)]} = \sqrt{[p\,v\,v]/r} \quad \ldots \quad (4)$$

b) Rešavanje pomoću korelata (Lagrange-ovi množitelji). Da bi $[p\,v\,v]$ postalo minimum s obzirom na $r$ uslova (2), prva se jednačina pomnoži korelatom $k_1$, druga sa $k_2$ itd. i saberu sa $[p\,v\,v]$. Ova ovako obrazovana funkcija imaće minimum ako njenih $n$ parcijalnih izvoda po $n$ promenljivih $(v_1, \ldots, v_n)$ pojedinačno budu jednaki nuli. Na ovaj način nađenih $n$ izraza za $v_1, \ldots, v_n$ stavljenih u $r$ uslovnih jednačina (2) daju $r$ **normalnih jednačina** (5) za korelate, kojima treba dodati glavnu jednačinu (u zagradi) pri rešavanju pomoću Gauss-ove metode eliminisanja radi neposrednog dobivanja $[p\,v\,v] = -[w \cdot k] = -[0 \cdot r]$.

$$\left.\begin{aligned}
&\left[\frac{a\,a}{p}\right] k_1 + \left[\frac{a\,b}{p}\right] k_2 + \left[\frac{a\,c}{p}\right] k_3 + w_1 = 0 \\
&\left[\frac{a\,b}{p}\right] k_1 + \left[\frac{b\,b}{p}\right] k_2 + \left[\frac{b\,c}{p}\right] k_3 + w_2 = 0 \\
&\left[\frac{a\,c}{p}\right] k_1 + \left[\frac{b\,c}{p}\right] k_2 + \left[\frac{c\,c}{p}\right] k_3 + w_3 = 0 \\
&(w_1 k_1 + \quad w_2 k_2 + \quad w_3 k_3 + \quad 0 = -[p\,v\,v])
\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (5)$$

Iz ovih normalnih jednačina izračunavaju se korelate $k_1$, $k_2$, $\ldots$, $k_r$, a popravke $v_1, \ldots, v_n$ se dobivaju iz narednih $n$ jednačina popravaka (6):

$$\left.\begin{aligned}
p_1 v_1 &= a_1 k_1 + b_1 k_2 + c_1 k_3 \\
p_2 v_2 &= a_2 k_1 + b_2 k_2 + c_2 k_3 \\
&\vdots \\
p_n v_n &= a_n k_1 + b_n k_2 + c_n k_3
\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (6)$$

Za (prvu) probu treba da se složi $[p\,v\,v]$ nađeno iz jednačina (5) sa vrednošću nađenom neposredno, u granicama računske tačnosti. Kad se uvedu izravnata opažanja $l_i = l_i + v_i$ treba $r$ uslovnih jednačina (1) da budu zadovoljene (završna proba).

Za izračunavanje srednjeg otstupanja $m_F$ jedne proizvoljne funkcije $\varphi$ izravnatih opažanja $l_i$ (na pr., i samo jednog izravnatog opažanja), dakle, količine

$$F \equiv \varphi(l_1, l_2 \ldots l_n) \left\{ = \varphi(l_1, l_2 \ldots l_n) + \frac{\partial \varphi}{\partial l_1} v_1 + \frac{\partial \varphi}{\partial l_2} v_2 + \ldots \frac{\partial \varphi}{\partial l_n} v_n \right\}, \quad (7)$$

treba izračunati parcijalne izvode

$$f_1 = \frac{\partial \varphi}{\partial l_1}; \quad f_2 = \frac{\partial \varphi}{\partial l_2}; \ldots \quad f_n = \frac{\partial \varphi}{\partial l_n}; \ldots . \quad (8)$$

pa je tada: $m^2_F = m^2 \cdot 1/P$, ako je (za $r = 3$):

$$\frac{1}{P} = \left[\frac{ff}{p} \cdot r\right] = \left[\frac{ff}{p}\right] - \frac{\left[\frac{af}{p}\right]^2}{\left[\frac{aa}{p}\right]} - \frac{\left[\frac{bf}{p} \cdot 1\right]^2}{\left[\frac{bb}{p} \cdot 1\right]} - \frac{\left[\frac{cf}{p} \cdot 2\right]^2}{\left[\frac{cc}{p} \cdot 3\right]} \ldots . \quad (9)$$

Ako se normalne jednačine (5) transformišu u

$$\left.\begin{aligned}
&\underline{\left[\frac{aa}{p}\right]} k_1' + \left[\frac{ab}{p}\right] k_2' + \left[\frac{ac}{p}\right] k_3' + \left[\frac{af}{p}\right] = 0 \\
&\left[\frac{ab}{p}\right] k_1' + \underline{\left[\frac{bb}{p}\right]} k_2' + \left[\frac{bc}{p}\right] k_3' + \left[\frac{bf}{p}\right] = 0 \\
&\left[\frac{ac}{p}\right] k_1' + \left[\frac{bc}{p}\right] k_2' + \underline{\left[\frac{cc}{p}\right]} k_3' + \left[\frac{cf}{p}\right] = 0 \\
&\left(\left[\frac{af}{p}\right] k_1' + \left[\frac{bf}{p}\right] k_2' + \left[\frac{cf}{p}\right] k_3' + \underline{\left[\frac{ff}{p}\right]} = \frac{1}{P}\right)
\end{aligned}\right\} \ldots . \quad (10)$$

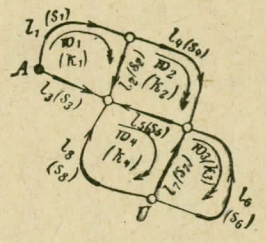
tada se pomoću Gauss-ove metode za eliminisanje direktno dobiva $\frac{1}{P} = \left[\frac{ff}{p} \cdot r\right]$ eliminisanjem $r$ koeficijenata $k'$).

**Tok računanja:** 1. Nalaženje $r$ opštih uslovnih jednačina (nezavisnih) (1); 2. Izračunavanje otstupanja $w_i$ i parcijalnih izvoda $a_i, \ldots$ po jednačini (3); 3. Tablično obrazovanje $r$ linearnih uslovnih jednačina (2) (koja se mogu odnositi na težinsku jedinicu); 4. Izračunavanje koeficijenata $\left[\frac{aa}{p}\right] = [a\,a] \ldots$ za normalne jednačine (5) i njihovo obrazovanje; 5. Njihovo rešavanje; 6. Izračunavanje popravaka $v$ (odnosno $b$) po jednačini (6); 7. Prva proba za $[p\,v\,v]$; 8. Izračunavanje popravljenih opažanja $l_i$; 9. Završna proba po jednačini (1); 10. Izračunavanje srednjeg otstupanja težinske jedinice po jednačini (4) i srednja otstupanja funkcija izravnatih opažanja po jednačinama (7) do (10).

**Primer:** U nivelmanskoj mreži[1]) skiciranoj u sl. 31 nađene su na isti način sve visinske razlike $l_i$; njihove težine su utvrđene prema str. 1376 iz nivelanih dužina $s_i$ (u km) veličinom $p_i = 1/s_i$.

[1]) Hohenner: Geodäsie, Leipzig 1910, Teubner, str. 240 i dalje, gde je ovaj primer izravnat »posredno«.

Ako su $v_i$ popravke, tada se iz četiri obeležena zatvorena poligona ($r = 4$) dobivaju nezavisne uslove jednačine ($v_1 + v_2 - v_3 + w_1 = 0$, ako je $w_1 = l_1 + l_2 - l_3$ itd.). Ako $k_1 \ldots k_4$ znače odnosne korelate, to se normalne jednačine, potrebne za njihovo rešenje, mogu direktno pročitati sa skice, naime: a) kvadratni članovi su dužine pojedinih zatvorenih poligona, b) ostali su koeficijenti negativni i jednaki dužini linije zajedničke dvema korelatama i c) apsolutni članovi su otstupanja $w$ pojedinih zatvorenih poligona. Prema tome, u skraćenom obliku napisano, dobiva se:




| Nr. $i=$ | $l_i=$ cm | $s_i=$ km | $l_i = l_i + v_i$ m |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,524 | 1 5 | 0,525 71 |
| 2 | 8 214 | 0 9 | 8,214 07 |
| 3 | 8,740 | 0,2 | 8,739 77 |
| 4 | 8,199 | 1,6 | 8,200 70 |
| 5 | 0,012 | 0,3 | 0,013 38 |
| 6 | 3,361 | 1,8 | 3,366 33 |
| 7 | 3,366 | 0,6 | 3,366 34 |
| 8 | 3,385 | 1,5 | 3,379 70 |

| $k_1 \cdot$ | $k_2 \cdot$ | $k_3 \cdot$ | $k_4 \cdot$ | |
|---|---|---|---|---|
| 2,6 | − 0,9 | · | · | − 2 |
| | 2,8 | · | − 0,3 | − 3 |
| | | 2,4 | − 0.6 | + 5 |
| | | | 2,4 | + 7 |

→ *penjanje*
→ *smer*

Sl. 31

Rešenje izračunato prema Gauss-ovoj metodi (algoritmu) pomoću logaritmara 25 cm dužine, iznosi: $k_1 = +1{,}138$; $k_2 = +1{,}060$; $k_3 = -2{,}97$; $k_4 = -3{,}53$; $[p\,v\,v] = -\ [0 \cdot 4] = 45{,}0$. Prva proba daje $[w\,k] = -45{,}02 = -[p\,v\,v]$.

Pojedine popravke $v_i$ mogu se mesto po jednačini (6) izračunati i na osnovi skice a po ovom pravilu: ako su za posmatranu liniju $l_i$ smer penjanja i pravci isti, tada je odnosni deo popravke $+ k\,s_i$, u protivnom slučaju je, međutim $- k\,s_i$. Prema tome je

| | | | |
|---|---|---|---|
| $v_1 = k_1 s_1$ | $= +1{,}71$ mm | $v_5 = k_2 s_5 - k_4 s_5$ | $= +1{,}38$ mm |
| $v_2 = k_1 s_2 - k_2 s_2$ | $= +0{,}07$ „ | $v_6 = -k_3 s_6$ | $= +5{,}33$ „ |
| $v_3 = -k_1 s_3$ | $= -0{,}23$ „ | $v_7 = k_3 s_7 - k_4 s_7$ | $= +0{,}34$ „ |
| $v_4 = k_2 s_4$ | $= +1{,}70$ „ | $v_8 = k_4 s_8$ | $= -5{,}30$ „ |

Izravnate visinske razlike $l_i = l_i + v_i$ stavljene su u gornju tablicu. Za završnu probu izračunaju se pomoću njih četiri poligonska otstupanja $w_1' = +0{,}01$; $w_2' = +0{,}01$; $w_3' = +0{,}01$ i $w_4' = -0{,}02$ mm. Polazeći od početne visinske tačke $A$, dobiće se visine pojedinih tačaka, u tim granicama tačnosti.

Srednje odstupanje na 1 km pre izravnavanja biće $m = \sqrt{\frac{[pvv]}{r=4}} = \pm 3{,}36$ mm. Ako treba odrediti srednje otstupanje izravnate visine jedne tačke, na pr., za $U = A + l_3 - l_5 - l_7$, tada je prema jednačini (8); $f_3 = +1$; $f_5 = f_7 = -1$; $f_1 = f_2 = f_4 = f_6 = f_8 = 0$; dalje je: $\left[\frac{af}{p}\right] = -0{,}2$; $\left[\frac{bf}{p}\right] = -0{,}3$; $\left[\frac{cf}{p}\right] = -0{,}6$; $\left[\frac{df}{p}\right] = +0{,}9$; $\left[\frac{ff}{p}\right] = 1{,}1$. Jednačina (9) daje $1/P = 0{,}6548$, pa je $m_U = \pm 3{,}36 \sqrt{0{,}6548} = \pm 2{,}72$ mm.

# Dodatak

Obradio Ingenieur F. Ludloff, Berlin, (glava I do IV) i patentni advokat G. W. Schmidt, Berlin, (glava V)


Strana

**I. Novac u raznim zemljama** 1396

**II. Mere i tegovi raznih zemalja** 1408

Jugoslavija . . . . . 1415
Nemačka . . . . . 1418
Sjedinjene Američke Države . 1421
SSSR . . . . . 1423
Velika Britanija . . . . . 1426
Astronom. konstante i podaci 1430
Časovne zone . . . . . 1431
Mineraloške skale tvrdoće . . 1431

**III. Tablice za upoređivanje i pretvaranje jedinica mera i tegova** 1432

Nemetarske i predašnje mere za dužinu i težinu evropskih zemalja (stope, laktovi, rute, milje, mere: za površinu zemljišta, za tečnosti, za žito, za težinu . . . . . 1433
Staro-pruske mere (pregled) . 1438
Engleska stopa (pregled) . . . 1439
Mere za dužinu, tabl. 4 do 18 1439
Nemačke pomorske milje . . 1439
Engleske kopnene i pomor. milje, fathom, yard, 64-tine palca, 100-ti delovi stope, stopa i palac, 16-tine palca, 100-ti delovi palca . . . . . 1440
Ruski verst, saženj, aršin, veršok . . . . . 1446
Japanski shaku kane . . . 1448
Mere za površinu, tabl. 19 do 26 1449
Engleski acre, kv. yard, kv. stopa, kv. palac . . . . . 1449
Ruske desjatine, kv. saženj, kv. aršin, kv. veršok . . . 1451
Mere za zaprem., tabl. 27 do 40 1453
Engleski acrefoot, kub. yard, kub. stopa, kub. palac . . . 1453
Ruski kub. saženj, kub. aršin, kub. veršok . . . . . 1455
Engleski imperial quarter, imperial gallon . . . . . 1456
USA - (Winchester -) gallon . 1457
Petroleum - barrel . . . . 1458
Ruska bočka, četvert, vedro 1458
Mere za težinu, tablica 41 do 52 1460
Engleske tone, brodarske tone, hundredweight, quarter, funta, unce, troypound, troyunce, troygrain . . . . . 1460
Ruski pud, lot, dolja . . . . 1464
Mere za težinu po jedinici dužine, tablica 53 do 57 . . . . 1466
Funta/stopa raznih zemalja, Engleska funta/yard, -/stopa, -/palac . . . . . 1466
Mere za težinu po jedinici površine (spec. pritisci), tablica 57 do 68 . . . . . 1468
Engleske tone/kv. palac, funta/kv. stopa, funta/kv. palac, troygrain/kv. palac . 1468
Upoređenje jedinica specifičnog pritiska . . . . . 1470
kg/cm² — mm Hg, atmosfera — kg/cm², bar — atmosfera, bar — kg/cm², bar — mm Hg 1471
Engleska funta/kv. palac, palac Hg — atmosfera . . . . 1473
Mere za težinu po jedinici zapremine (spec. težine), tablica 69 do 70 . . . . . 1474
Engleska funta/kub. stopa . 1475
Areometar-skale . . . . . 1475
Brzine. Frekvencije. Tabl. 71 do 79
mm/s — m/h, cm³/s — dm³/h, g/s — kg/h . . . . . 1476
Čvorovi — m/s, čvorovi — engl. yard/h . . . . . 1477
Engleske kopnene milje/h — m/s, m/s — engleska stopa/min, kub. metar/h — engl. kub. stopa/min . . . . . 1478
Brzina km/h — probna deonica, u min i s . . . . . 1479
Frekvencija i talasne dužine oscilacija . . . . . 1480
Energije, tablica 80 do 91 . . 1481
Upoređenje jedinica rada . 1481
Engleski footpound — kgm 1482
Upoređenje jedinica snage . 1482
Engleske konjske snage — med. kilovat . . . . . 1484
Kilovatčasovi — kilokalorije 1485
BTU — kWh. BTU — ITkcal . 1485
Kotlovska konjska snaga . . 1485
ITkcal — BTU . . . . . 1486
Zaprem. gasova, tabl. 92 do 94 1487
Brojne vrednosti $1 + \alpha t$ . . 1487
Brojne vrednosti $T_2/T_1$ . . 1488
Brojne vrednosti $p_1/p_2$ . . . 1488
Brojne vrednosti $1/(1 + \alpha t)$ . 1490

**IV. Abecede**

Abecede nekih evrop. jezika . 1491
Morse-ovi znaci . . . . . 1495

**V. Zakonski propisi za zaštitu industriske svojine** 1495

Međunarodna Unija za zaštitu industriske svojine . . . . 1495
Važnije odredbe inostranih zakona o patentima . . . . . 1496
Jugosl. zakon o pronalascima i tehn. usavršenjima. Izvodi najvažnijih zak. propisa . . 1509

# I. Novac u raznim zemljama [1)2)]

**Napomena:** U poslovnom opticaju je metalni i papirni novac i novčanice. Metalni novac iskovan je od legura zlata i bakra, odnosno srebra i bakra ili nekog drugog manje vrednog metala.

Zakon o kovanom novcu tačno propisuje koliko mora da bude finoća legure od koje se kuje novac, koliko mora da teži svaki iskovani komad novca i koliko smeju da budu otstupanja od težine i finoće — naviše ili naniže — da bi se i takav novac smatrao ispravnim.

Odnos između težine čistog plemenitog metala u leguri i ukupne težine legure zove se *finoća legure* i izražava se većinom u promilima (‰). U promilima se finoća izražava na taj način da se daje koliko čistog zlata, odnosno srebra, ima u 1000 delova jedinica legure. Na pr., finoća 900 (označava se sa 900 ‰) znači da u 1000 delova legure ima 900 delova čistog zlata, odnosno srebra. Pored toga, u trgovini uobičajeno je da se finoća legura zlata izražava i u karatima, prema jednoj staroj podeli jedinice težine (Engleska) na 24 karata, a karata na 4 graina. Pod tom finoćom podrazumeva se koliko ima čistog zlata u 24 karata. Umesto karata može to da bude ma koja druga jedinica težine, na pr., gram, funta (libra) itd. Ako u 24 karata ima 22 karata čistog zlata, onda je to zlato finoće 22 karata. U Velikoj Britaniji zove se zlato od 22 karata *standard zlato* i iz njega se kuje zlatan novac.

Nekad je zlatni i srebrni novac bio jedini novac u opticaju. Metalni srebrni novac može obično da se smatra kao sitan novac koji u poslovnom saobraćaju između pojedinih država ima samo stvarnu vrednost plemenitog metala utrošenog na kovanje novca kad taj metal ne bi bio u novcu. Ova vrednost je znatno *manja* od nominalne, tj. one koja je obično na njemu obeležena (utisnuta). Ova važi i za metalni novac od drugih metala. Danas se novčani saobraćaj odvija uglavnom papirnim novcem. — Plaćanje između pojedinih država vrši se u zlatnim polugama[3)] ili u *devizama* čiji *kurs* podleže stalnim promenama. — Kod nas kurs određuje Narodna banka FNRJ, u drugim državama on se obično određuje na berzi. U berzanskim listovima beleže se kursevi ponude i tražnje, a iz toga se izvodi srednji kurs. Kovni paritet novca treba odrediti na osnovi sadržaja čistog zlata, odnosno srebra ili stope kovanja, tj. broja komada koji se iskuje iz 1000 grama čistog plemenitog metala.

**Skraćenice:** zl. n. = zlatni kov. novac; sr. n. = srebrni kov. novac; nik. n. = nikleni kov. novac; bak. n. = bakarni kov. novac; br. n. = bronzani kov. novac; cin. n. = cinkani kov. novac; al. n. = aluminijumski kov. novac; gv. n. = gvozdeni kov. novac; sit. n. = sitan novac; pap. n. = papirni novac.

Težine kovanog novca su bruto (stvarne) težine. Finoća legure je izražena u ‰ (promilima). Na pr., 8,0 g 750 f. znači da odnosni komad kovanog novca sadrži 6,0 g čistog plemenitog metala.

---

[1)] Prerađeno prema stanju u 1953 g.; prim. redaktora.

[2)] Literatura: *Swoboda*: Berlin, Haude & Spenersche Buchhandlung — Geld-, Mass- und Gewichtszeiger für den Weltverkehr. Iidustrie- und Handelskammer Düsseldorf. — Weltübersicht der Masseinheiten, Verlag Hamburgisches Welt-Wirtschaftsarchiv. — *Adler*: Handbuch der Banknoten und Münzen Europas. Wien 1937, Siegler-Verlag.

[3)] Podaci o ceni koštanja čistog zlata: 1 gram čistog zlata koštao je 25 jula 1939 u Londonu 57,292 6 pencea; aprila 1953 g. notira u Londonu 2,488 28 grama čistog zlata jednu funtu (paritet); 17 aprila 1953 notira u Parizu (slobodni) 1 gram čistog zlata 521,5 franaka (kurs dosta promenljiv!). FNRJ zvanični paritet (aprila 1953): 0,017 773 4 grama čistog zlata za jedan dinar.

| Zemlja (područje)<br>Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo[1]) | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Aden** | |
| v. Britanska Istočna Afrika | |
| **Afganistan** | |
| 1 *afgani* = 100 pula<br>zl. n.: 1 amani (7,988 g, 916,67 f.) i $^1/_2$ amani<br>sr. n.: 1 afgani (9,9 g, 500 f.) i $^1/_2$ afgani<br>bak. n.: 10, 5 i 2 pula<br>11 starih kabulrupija = 10 afgani | 13,037 |
| **Albanija** | |
| 1 lek = 100 kvintara<br>zl. n.: 100 franaka (32,3 g, 900 f.) i 20 i 10 franaka<br>sr. n.: 835 f.: 2 i 1 franak ar. (10 i 5 g)<br>nik. n.: 1, $^1/_2$ i $^1/_4$ lek<br>bak. n.: 2 i 1 kvintara ar<br>novčanice: 5, 20, 100 zl. fr. | 50,— |
| **Alžir** | |
| v. Francuska | |
| **Andora** | |
| v. Španija | |
| **Angola** | |
| 1 *angolar* = 100 centavosa | |
| **Argentina** | |
| 1 *peso* (m $ n) = 100 centavosa (cent)<br>1 onza = 4 argentinosa = 20 pesosa<br>zl. n.: 1 argentino = 5 pesosa (8,065 g, 900 f.) i $^1/_2$ argentinosa<br>sr. n.: (veoma malo u opticaju) 1 peso (25,0 g, 900 f.) $^1/_2$, $^1/_5$, $^1/_{10}$, $^1/_{20}$ pesosa<br>nik. n.: 20, 10 i 5 centavosa<br>bak. n.: 2 i 1 centavo | |
| **Australijski savez** | |
| 1 *australijska funta* (£ A) = 20 šilinga = = 240 penija | 0,446 429 |
| **Austrija** | |
| 1 *šiling* (S ili Sch) = 100 groša (Gr)<br>nik. n.: 5, 2, 1 šilinga 50, 20, 10, 5, 2 i 1 groša<br>pap. n.: 10, 20, 50, 100, 1000 šilinga | 21,36<br>promiski 26,- |
| **Bahamska ostrva** | |
| 1 *bahamska funta* = 20 šilinga = 240 penija | 0,357 1 |
| **Bahreinska ostrva** | |
| v. Indija | |
| **Barbados** | |
| v. Britanska Gujana | |
| **Belgija** | |
| (uključ. Luksemburg)<br>1 *belgijski franak* (Bfr) = = 100 centimesa (cent)<br>zl. n.: 20 franaka (6,451 6 g, 900 f.)<br>sr. n.: 680 f.: 50 i 20 franaka (22,0 i 11,0 g)<br>nikl. n.: 5 i 1 franak, 50 santima<br>bak.-nik. n.: 25, 10, 5 santima<br>bak. n.: 2 i 1 santim<br>pap. n.: bez oznake belga: 5, 20, 50, 100, 500, 1000 franaka; sa oznakom belga: 50, 100, 500, 1000, 10 000 franaka | 50,— |
| **Belgijski Kongo** | |
| 1 *kongo franak* = 100 santima | 50,— |
| **Bermuda** | |
| 1 *bermudska funta* = 20 šilinga = 240 penija | 0,357 1 |
| **Bolivija** | |
| 1 *boliviano* (B) = 100 centavosa (cent)<br>zl. n.: 1 bolivar (6,101 89 g, 900 f.) = 10 boliviana i dvostruki bolivar<br>sr. n.: 1 boliviano (15 g, 800 f.) $^1/_2$ boliviana<br>nik.-bak. n.: 20, 10 i 5 centavosa | 60,— |

[1]) Zemlja (područje). Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i paritet odgovaraju stanju iz 1952 g., ukoliko nije naročito napomenuto.

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Brazilija** | |
| 1 *cruzeiro* (Cr $ ili cruz) = 100 centavosa (cent) | 18,50 |
| **Britanski Bechuanaland** | |
| v. Južno-afrička Unija | |
| **Britanska Gujana** | |
| 1 *zapadno-indijski dolar* = 100 centa | 1,714 29 |
| **Britanski Honduras** | |
| 1 *honduraski dolar* = 100 centa | 1,— |
| **Britanska Istočna Afrika** (Kenija, Tanganika, Uganda, Zanzibar) | |
| 1 *istočno-afrički šiling* = = 100 centa | 7,142 86 |
| **Britanska Jugozapadna Afrika** | |
| v. Južno-afrička Unija | |
| **Britanski Kamerun** | |
| v. Britanska Istočna Afrika | |
| **Britanski Severni Borneo** | |
| v. Malajska Unija | |
| **Britanska Somalija** | |
| 1 *rupija* = 100 centa | 4,761 9 |
| **Britanska Zapadna Afrika** (Gambija, Zlatna obala, uključivo Tongo, Nigerija, Sierra Leone) | |
| 1 *zapadno-afrička funta* = = 20 šilinga | 0,357 1 |
| **Britanska Zapadna Indija** (Ostrva Windward i Leeward) | |
| 1 *antilski dolar* = 100 centa | 1,714 29 |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Bugarska** | |
| 1 *lev* (l) = 100 stotinka (st) | 6,80 |
| zl. n.: 900 f.: 100 leva (32,258 g), 20 leva (6,452 g), 10 leva (3,226 g); | |
| sr. n.: 500 f.: 100 leva (20 g), 50 leva (10 g), 20 leva (4 g); | |
| bak.-nik. n.: 10, 5, 2, 1 lev; 20, 10, 5, 2½ stotinka | |
| cin. n.: 20, 10, 5 stotinka | |
| bak. n.: 2, 1 stotinka | |
| pap. n.: 500, 1000, 5000 leva | |
| **Burma** | |
| 1 *rupija* (Re) = 16 anna | 4,761 9 |
| **Cejlon** | |
| 1 *rupija* = 100 centa | 4,761 9 |
| **Curaçao** | |
| 1 *zapadno-indijska forinta* = 100 centa | 1,885 85 |
| **Čehoslovačka** | |
| 1 *čehoslovačka kruna* (Kč) = 100 halirža (hal) | 50,— |
| zl. n.: 986 1/9 f.: 10 dukata (34,908 96 g), 5 dukata (17,454 48 g), 2 dukata (6,981 792 g), 1 dukat (3,490 896 g) | |
| sr. n.: 700 f.: 20 i 10 kruna (12,0 i 10,0 g) 500 f.: 5 kruna (7,0 g) | |
| bak.-nik. n.: 1 kruna, 50, 25, 20 halirža | |
| bron n.: 10, 5 halirža | |
| pap. n. bankovni: 10, 20, 50, 100, 500, 1000 kruna | |
| pap. n.: državni: 10, 100, 1000, 5000 kruna | |
| **Čile** | |
| 1 *peso* ($ ili m/n $) = = 100 centavo-sa | 31,— |
| zl. n : 100 pesosa (20,339 66 g, 900 f.) 50 i 20 pesosa | |
| sr. n.: 5 pesosa (25 g, 720 f.) 2, 1, ½ pesosa | |
| nik. n.: 20, 10, 5 centavosa | |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Danska** (uključivo ostrva Far Oer) | |
| 1 *danska kruna* (Dkr ili Kr) = 100 öre (Ø) | 6,907 |
| zl. n.: 900 f.: 20 kroner (8,960 6 g) | |
| 10 kroner (4,480 3 g) | |
| sr. n.: 800 f.: 2 kroner (15,0 g i | |
| 1 kroner (7,5 g) | |
| 600 f. 25 Øre (2,42 g) | |
| 400 f. 10 Øre (1,45 g) | |
| al.-br. n.: 2, 1, 1/2 krune | |
| bak.-nik. n.: 25, 10 Øre | |
| br. n i gv. n.: 5, 2, 1 Øre | |
| pap. n.: 5, 10, 50, 100 kruna | |
| **Dominikanska republika** | |
| 1 *dominikanski dolar* = 100 centa | 1,— |
| **Egipat** | |
| 1 *egipatska funta* (£E) = 100 pijastera (P. T.) = 1000 milijema (Mill.) | 0,348 242 |
| zl. n.: 1 funta (8,500 g, 875 f.) i 1/2 funte | |
| sr. n.: 10 pijastera (14,0 g, 833,3 f.) 20, 5, 2 pijastera | |
| nik. n.: 10, 5 i 2 milijema | |
| br. n.: 1 i 1/2 milijema | |
| **Ekvador** | |
| 1 *sukre* ($) = 100 centavosa | 15,— |
| zl. n.: 1 condor (8,359 25 g, 900 f.) = 25 sukra i 2 condora | |
| sr. n.: 1 i 2 sukra; 50 centavosa | |
| nik. n.: 10, 5 i 2 1/2 centavosa | |
| bak. n.: 1 centavo | |
| **Eritrea*)** | |
| v. Britanska Istoč. Afrika | |
| Predašnji metalni novac: | |
| 1 eritrejski talir (25 g 900 f., sr.) | |
| sr. n.: 4/10, 2/10, 1/10 talira | |
| 1 marija terezija talir, sr. | |
| 1 talir d'Italia (25,066 8 g, 900 f.) | |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Etiopija** | |
| 1 *etiopski dolar* = 100 centa | 2,484 47 |
| Predašnji metalni novac: | |
| 1 marija-terezija talir (ber) (28,067 g. 833,3 f., sr.) | |
| 1 menelik-talir (talari) sa (28,075 g, 835 f., sr.) = = 16 guerha | |
| Komadi po 1, 1/2, 1/4, 1/16 i 1/20 talira | |
| Osim toga mali bakarni novac piesa | |
| **Falklandska ostrva** | |
| 1 *falklandska funta* = 20 šilinga = 240 penija | 0,357 1 |
| **Fidži ostrva** | |
| 1 *fidži funta* = 20 šilinga | 0,396429 |
| **Filipinska ostrva** | |
| 1 *peso* = 100 centavosa | 2,— |
| sr. n.: 1 peso, 50, 20 i 10 centavosa | |
| nikl. n.: 5 centavosa | |
| bak. n.: 1 centavo | |
| **Finska** | |
| 1 *finska marka* (markka) (Fmk ili Mk) = 100 penniä | 230,— |
| zl. n.: 900 f.: 200 maraka (8,421 05 g) | |
| 100 maraka (4,210 53 g) | |
| al.-br. n.: 20, 10, 5 maraka | |
| bak.-nik. n. 1 marka; 50, 25 penija | |
| bak. n.: 10, 5 penija | |
| pap. n.: 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000 maraka | |
| **Francuska** (uključivo Monako i Saarsko područje) | |
| 1 *francuski franak* (Fr ili Frfr) = 100 centimes-a (cent.) | 350,— |
| zl. n.: 900 f.: 100 franaka (6,55 g) | |
| sr. n.: 680 f.: 20 i 10 franaka (20,0 i 10,0 g) | |
| nik. n.: 5 franaka | |
| al.-br. n.: 2, 1 franak; 50 santima | |
| bak.-nik. n: 25, 10, 5 santima | |
| br. n.: 2, 1 santim | |
| pap. n.: 50, 100, 500, 1000 franaka. | |

*) Od 15 septembra 1952 g. sastavni deo Etiopije.

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Francuski Antili** (Guadeloupe, Martinique) | |
| v. Francuska | |
| **Francuska Ekvatorijalna Afrika** (Gabon, Srednji Kongo, Cubangi-Chari, Čad) | |
| 1 *kolonijalni francuski franak* (FrCFA) = 100 centimes-a | 175,— |
| **Francuski Kamerun** | |
| v. Francuska Ekvatorijalna Afrika | |
| **Francuski Maroko** | |
| 1 *marokanski franak* = 100 centimes-a | 350,— |
| 1 mitskal (metekal, pijaster) sa 26,2 čistog srebra = 10 uckija (ockijat, unca) = 40 musuma = = 240 flua ili delita = = 960 kirata ili 100 santima | |
| **Francuski pacifički savez** (Nova Kaledonija, Novi Hebridi, Francuski posedi u Okeaniji kao Tahiti, Tuamotu, Arhipelag Tubai, Arhipelag Gambier, Ostrva Marquesas i Society) | |
| 1 *francuski kolonijalni pacifički franak* (FrCFP) = = 100 centimes-a | 63,64 |
| **Francuski posedi u Indiji** (Chandernagor, Karakal. Pondichery, Yanaon, Mahe) | |
| 1 *francuska rupija* = = 16 anna | 4,7619 |
| 1 zlatna pagoda = 3,5 rupija = 28 fanama = 672 keša | |
| **Francuska Somalija** | |
| 1 *džibuti franak* = 100 centimes-a | 214,392 |
| **Francuski Togo** | |
| v Francuska Ekvatorijalna Afrika | |
| **Francuska Zapadna Afrika** (Dakar sa pripadajućim teritorijama, Senegal, Mauretanija, Francuska Gvineja, Obala Slonove kosti, Dahomey, Francuski Sudan, Nigerija) | |
| v. Francuska Ekvatorijalna Afrika | |
| **Gibraltar** | |
| 1 *gibraltarska funta* = 20 šilinga (sh) = 240 penija (d) | 0,3571 |
| pap. n.: državni: 10 šilinga, 1 i 5 funta | |
| **Gilbertova i Ellice ostrva** | |
| v. Velika Britanija | |
| **Grčka** | |
| 1 *drahma* (Dr) = 100 lepta (l) | 30000.- |
| sr. n.: 500 f.: 20 i 10 drahma (11 1/3 i 7,0 g) | |
| nik. n.: 5 drahma | |
| bak.-nik. n.: 2, 1 drahma; 50, 20 lepta | |
| al.-br. n.: 10 lepta | |
| pap. n.: 50, 100, 500, 1000 5000 drahma | |
| **Groenland** | |
| v. Danska | |
| al.-br. n.: 1 kruna; 50 Øre | |
| bak.-nik. n.: 25 Øre | |
| pap. n.: državni: 5, 10, 50 kruna | |
| **Guam** | |
| v. SAD | |
| **Gvatemala** | |
| 1 *quecal* (q ili Qu) = 100 centavo-sa | 1,— |
| zl. n.: 10 quecala (16,72 g, 900 f.) 20 i 5 quecala | |
| sr. n.: 1 quecal (33,33 g, 720 f.) | |
| bak. n.: 5, 1 i 1/2 peso | |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Haiti** | |
| 1 *gurd* (G) = 100 centavo-sa | 5,— |
| zl. n.: 1 gurd (0,344 g, 900 f.) | |
| nik. n.: 50, 20, 10 i 5 centavosa | |
| bak. n.: 3, 2 i 1 centavo | |
| **Havaji** | |
| v. SAD | |
| **Holandija** | |
| 1 *holandski gulden* (forinta) (Hfl) = 100 centa (cts) | 3,80 |
| zl. n.: 900 f.: 10 guldena (6,72 g) 5 guldena (3,36 g) | |
| sr. n.: 720 f.: $2^1/_2$, 1, $^1/_2$ guldena (25,0; 10,0; 5,0 g); 640 f.: 25, 10 centa (3,575; 1,4 g) | |
| bak. n.: 5 centa | |
| br. n.: $2^1/_2$; 1, $^1/_2$ centa | |
| pap. n., bankovni: 10, 25, 50, 100, 200, 300, 500, 1000 guldena | |
| pap. n., državni: 1, 2, 50 guldena | |
| **Holandska Zapadna Gvineja** | |
| 1 *istočno-indijski gulden forinta* = 100 centa | |
| **Honduras** | |
| 1 *lempira* (L) = 100 centavo-sa | |
| zl. n.: 20 i 10 lempira (8,359 06 g, 900 f.) | |
| sr. sit. n.: 50 i 25 centavosa | |
| nik. -bak.sit. n.: 5 centavosa | |
| bak.-kal.-cin.-sit. n.: 1 centavo | |
| **Hongkong** | |
| 1 *honkkonški dolar* (HK$) = = 100 centa | 5,714 |
| **Indija** | |
| 1 *rupija* (Re) = 16 anna = = 64 pice-a (paisa) = 192 pie-a (paja) = 3840 keša | 4,7619 |
| 10 000 000 Re = 100 lakha = = 1 kror | |
| 1 zlatna rupija (0,732 g čistog zl.) | |
| 1 srebrna rupija (10,692 čistog srebra) | |
| sr. n.: 1, $^1/_2$, $^1/_4$ rupija | |
| nik. n.: 8, 4, 1 anna | |
| bak. n.: 1 pajs; 3 paja = = 1 pajs | |
| **Indokina** (Cambodge, Laos, Cochinchina i Vietnam) | |
| 1 *indokineski pijaster* = = 100 centa | 20,59 |
| 1 srebrni pijaster (24,49 g čistog srebra) = 100 centa = 600 sapeka | |
| sr. n.: 1, $^1/_2$, $^1/_5$ i $^1/_{10}$ pijastera | |
| nik. n.: 5 centa | |
| bak. n.: 1 cent | |
| 1 kvan = 10 me ili motija = = 60 sapeka (dong, peti) | |
| 1 šuk = 10 kvana (čuču) | |
| **Indonezija** (Java, Madura, Sumatra, Arhipelag Rian-Liugga, Banda, Billiton, Zapadni, Južni i Istočni Borneo, Celebes, Ostrva Moluki, Donja Sunda; Ostrva Bali, Sumbava, Zapadni Timor itd. | |
| 1 *indonežanska rupija* = = 100 centa | |
| Sumatra: 1 tel = 4 pardova = 16 maci = 64 companga | |
| **Irak** | |
| 1 *irački dinar* (I. D.) = 5 riala = 100 dirhema = 1000 fila | 0,3571 |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Iran** | |
| 1 *rial* = 100 iranskih dinara | 32,25 |
| sr. n.: 1 kran (4,603 g, 900 f.), $^1/_2$, 2, 5 krana | |
| nik. n.: 1 shâhi $^1/_{20}$ krana, 2 shâhija | |
| **Irska** | |
| v. Velika Britanija | |
| 1 punt = 20 scilling po 12 reul-a (pence) po 4 feoirling-a | |
| sr. n.: 750 f.: $^1/_2$ krune (Leath-Choroin) (14,137 95 g), 1 Florin (11,310 36 g), 1 Scilling (5,655 18 g) | |
| br. n.: 1 penny (Pingin), $^1/_2$ penny (Leath-Pingin), $^1/_4$ penny (Feoirling) | |
| nik. n.: 6 pence (Reul), 3 pence (Leath-Reul) | |
| pap. n., bankovni: 1, 5, 10, 20, 50, 100 funta | |
| pap. n., državni: 10 šilinga; 1, 5, 10, 20, 50, 100 funta | |
| **Island** | |
| 1 *islandska kruna* (IKr. ili Kr) = 100 aura | |
| al.-br.: 2 i 1 kruna | 16,286 |
| bak.-nik. n.: 25, 10 aura | |
| br. n.: 5, 2, 1 eiri-a | |
| pap. n.: 5, 10, 50, 100 kruna. | |
| **Italija** | |
| 1 *talijanska lira* (Lit) = 100 centesimi (cent) | 625,— |
| zl. n.: 900 f.: 100 lira (8,799 014 g), 50 lira (4,399 507 g) | |
| sr. n.: 835 f.: 5 lira (5,0 g) | |
| nik. n.: 2, 1 lira; 50, 20 centesimi | |
| bak. nik. n.: 20 centesimi | |
| br. n.: 10, 5 centesimi | |
| pap. n., bankovni: 50, 100, 500, 1000 lira | |
| pap. n., državni: 10 lira | |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Italijanska Somalija** | |
| v. Britanska Istoč. Afrika | |
| **Izrael** | |
| 1 *izraelska funta* (I-£) = = 100 pijastera = 1000 pruta | 0,3571 |
| **Jamajka** | |
| uključivo Kajmanska ostrva, ostrva Turks i Kaicos | |
| 1 *jamajska funta* = 20 šilinga = 240 penija | 0,3571 |
| **Japan** | |
| 1 *jen* = 100 sen-a = 1000 rin-a | 360,— |
| zl. n.: 10 jena (8,333 g, 900 f.) 20 i 5 jena | |
| sr. n.: 50 i 20 sena | |
| nik. n.: 10 i 5 sena | |
| bak. n.: 1 sen i 5 rina | |
| **Jugoslavija** | |
| 1 *dinar* = 100 para | |
| cin. n.: 5, 2, 1 dinar i 50 para[1]) | |
| pap. n.: 1, 5, 10, 20[2]) i 50, 100, 500, 1000 dinara | |
| Predašnji metalni novac: | |
| sr. n.: 750 f.: 50 dinara (25 g); 500 f.: 20 i 10 dinara (14 i 7 g) | |
| bak.-nik. n.: 2, 1 dinar, 50, 25 para | |
| **Južna Rodezija** | |
| 1 *južno-rodezijska funta* = 20 šilinga = 240 penija | 0,3571 |
| **Južno-afrička Unija** | |
| 1 *južno-afrička funta* (SA £) = 20 šilinga = 240 penija | 0,3571 |
| **Kanada** | |
| uključivo Labrador | |
| 1 *kanadski dolar* (SC ili can. $) = 100 centa | 1,— |
| **Kanarska ostrva** | |
| v. Španija | |

[1]) Zakon o kovanju sitnog novca FNRJ od 8 okt. 1946 g.
[2]) t. zv. DFJ - novčanice.

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Kapverdska ostrva** | |
| v. Portugalija | |
| **Kina** | |
| 1 *jen mi pia* | 25000,— |
| Dosad se plaćalo u srebru i zlatu prema težini (tael). | |
| 1 haikuan — (vladin, - pomorsko carinski - teal) = = 1,114 šangaj- ili 1,1015 svatau- ili 1,05 tientsin- ili 1,017 kuping- ili 1,002 kanton - teala itd. | |
| 1 haikuan-tael = 37,783 g čistog srebra | |
| sitan novac: keš (li, tangtisn, sapek, pitie) od bakra i kalaja; 1600 do 1700 keša = 1 tael u srebru | |
| **Kipar** | |
| 1 *kiparska funta* = 20 šilinga = 180 pijastera po 40 para | 0,3571 |
| sr. n.: 925 f.: 45 pijastera (28,275 90 g), 18, 9, $4^1/_2$, 3 pijastera (11,310 36, 5,655 18, 2,827 59, 1,885 06 g) | |
| bak.-nik. n.: 1, $^1/_2$ pijastera | |
| br. n.: 1, $^1/_2$, $^1/_4$ pijastera | |
| pap. n.: 10 šilinga; 1 i 5 funta | |
| **Kolumbija** | |
| 1 *peso* ($ Col. peso) = 100 centavo-sa | 1,95 |
| zl. n.: 916,67 f.: 10 pesosa (15,976 g), 5 i 2,5 pesosa | |
| sr. n.: 50, 20, 10 centavosa | |
| nik. n.: 5, 2, 1 centavo | |
| **Koreja, Južna** | |
| 1 *won* | |
| **Kostarika** | |
| 1 *colon* = 100 centimo-sa | 5,615 |
| zl. n.: 2, 5, 10 (7,78 g 900 f.) i 20 colona (nije više u upotrebi) | |
| sr. n.: 1 colon, 25 i 50 centimosa | |
| bak. n.: 5 i 10 centimosa | |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Kuba** | |
| 1 *peso* (X $ cub. Pes.) = = 100 centavo-sa | 1,— |
| zl. n.: 20, 10, 5 i 1 peso | |
| sr. n.: 1 peso; 40, 20, 10 centavosa | |
| nik. n.: 5, 2 i 1 centavosa | |
| **Liban** | |
| 1 *libanska funta* = 100 pijastera | 2,191 |
| **Liberija** | |
| v. SAD | |
| zl. n.: ne postoji | |
| sr. n.: 50, 25 i 10 centa | |
| bak. n.: 2 i 1 cent | |
| **Libija** | |
| v. Velika Britanija | |
| Predašnji metalni novac: | |
| 1 mahbub = 20 pijastera | |
| 1 gerš (pijaster) = 40 pijastera = 120 acdje | |
| **Lichtenstein** | |
| v. Švajcarska | |
| zl. n.: 900 f.: 20 i 10 franaka (6,451 610 g i 3,225 805 g) | |
| **Luksemburg** | |
| v. Belgija | |
| sr. n.: 750 f.: 10 franaka (13,33 g): 625 f.: 5 franaka (8,0 g) | |
| nik. n.: 1 franak; 50 santima | |
| br. n.: 25, 10, 5 santima | |
| **Madagaskar** | |
| sa pripadajućim ostrvima | |
| v. Francuska Ekvatorijalna Afrika | |
| 1 farasana = 5 franaka i marija terezija - talir | |
| **Mađarska** | |
| 1 *forinta* (Ft) = 100 filler-a (fil) | 11,73936 |
| sr. n.: 640 f.: 5, 2, 1 pengö (25,0 g, 10,0 g, 5,0 g) | |
| bak.-nik. n.: 50, 20, 10 fillera | |
| br. n. n.: 2, 1 fillera. | |
| **Makao** | |
| 1 *pataka* = 100 avo-sa | |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Malajska Unija** (Penang, Malaka i Malajska Federacija) | |
| 1 *malajski ili straits dolar* = 100 centa | 3,061 22 |
| **Malta** | |
| 1 *malteška funta* = 20 šilinga = 240 penija | 0,357 1 |
| **Mauricius** sa pripadajućim ostrvima | |
| 1 *rupija* = 100 centa | 4,761 9 |
| **Monako** v. Francuska | |
| **Mozambik** v. Portugalija | |
| **Meksiko** | |
| 1 *peso* (m/n $ = 100 centavosa | 8,65 |
| zl. n.: 10 peso (hidalgo) (8,3333 g 900 f.) 50 peso (centenario), 20 peso (acteka), 5 peso (medio hidalgo), 2½ i 2 pesosa | |
| sr. n.: 2 pesosa (victoria), 1 peso (16, 667 g), 0,5 pesosa (toston) | |
| sr.-sit. n.: 20 i 10 centavosa | |
| nik. n.: 5 centavosa | |
| br. n.: 20, 10, 5, 2 i 1 centavo | |
| **Mongolska N. R.** | |
| 1 *mongolski tungrik* | 4,— |
| **Nemačka, Istočna** | |
| 1 *nemačka marka* (DM) = = 100 pfennig-a (Pf) | 3,33 |
| **Nemačka. Zapadna** | |
| 1 *nemačka marka* (DM) = = 100 pfennig-a (Pf) | 4,20 |
| zl. n.: 900 f.: 20 i 10 r. maraka (7,964 954 i 3,982 477 g) | |
| sr. n.: 900 f.: 5 r. maraka (29 mm prečnika, 13,888 g), 625 f.: 2 r. marke (25 mm prečnika, 8,000 g) | |
| Predašnji metalni novac: 1 taler = 30 groša po 12 pfeniga, 7 guldena (staro-južnonemačkih) = = 4 talera | |
| **Nikaragua** | |
| 1 *cordoba* (C $ Cord.) = = 100 centavo-sa | 5,— |
| zl. n.: nije iskovan; 1 cordoba (1,6718 g, 900 f.) | |
| sr. n.: 1 cordoba; 50, 25 i 10 centavosa | |
| nik. n.: 5 centavosa | |
| bak. n.: 1 i ½ centavosa | |
| **Nipal** | |
| 1 *mohar* = 6 anna = 48 pies-a | |
| **Norveška** (uključivo Spitzbergška ostrva) | |
| 1 *norveška kruna* (NKr ili Kr) = 100 öre (Ø) | 7,143 |
| zl. n.: 900 f.: 20 kroner (8,9606 g), 10 kroner (4,4803 g) | |
| bak. n.: 1 kruna; 50, 25 10 Øre | |
| br. n.: 5, 2, 1 Øre | |
| pap. n.: 5, 10, 50, 100, 500, 1000 kruna | |
| **Nova Gvineja** sem zapadnog dela | |
| 1 *gvinejska funta* = 20 šilinga | 0,446 429 |
| **Novi Zeland** | |
| 1 *novo-zelandska funta* (£ NZ) = 20 šilinga | 0,357 1 |
| **Nyassaland** v. Južna Rodezija | |
| **Ostrva St. Thome i Principe** v. Portugalija | |
| **Pakistan** | |
| 1 *pakistanska rupija* = = 16 anna | 3,308 52 |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Panama** | |
| 1 *balboa* (b ili Bb) = 100 centavo-sa | 1,— |
| zl. n.: ne postoji | |
| sr. n.: 50, 25 i 10 centavosa | |
| nik. n.: 5 i 2,5 centavosa | |
| **Paragvaj** | |
| 1 *guarani* (par. m/n $) = 100 centavo-sa | 6,— |
| zl. n.: ne postoji | |
| sr. n.: ne postoji | |
| nik. n.: 2, 1 i 0,5 pesa | |
| **Peru** | |
| 1 *sol* (S) = 100 centavo-sa | |
| zl. n.: 10 sola zl. (6,018 53 g, 900 f.) i 50 sola zl. | |
| sr. sit.n.: 1 i $^1/_2$ sola | |
| nik. n.: 20, 10 i 5 centavosa | |
| bak. n.: 2 i 1 centavo | |
| **Poljska** | |
| 1 *zloti* (Zl) = 100 groša | 4,— |
| zl. n.: 900 f.: 100 zloti (18,7546 g), 50 zloti (9,3773 g), 25 zloti (4,688 65 g) | |
| sr. n.: 750 f.: 10 i 5 zloti (22,0 i 11,0 g), 2 zloti (4,4 g) | |
| nik. n.: 1 zloti; 50, 20, 10 groša | |
| br. n.: 5, 2 1 groš. | |
| **Portoriko** | |
| v. SAD | |
| **Portugalija** | |
| (uključivo Azorska ostrva i ostrvo Madeira) | |
| 1 *escudo* (Esc ili $) = 100 centavo-sa | 28,75 |
| sr. n.: 835 f.: 10 escudosa (12,5 g), 650 f.: 5 i $2^1/_2$ escudosa (7, i 3,5 g) | |
| alpaka n.: 1 escudo; 50 centavosa | |
| br. n.: 20, 10, 5 centavosa | |
| pap. n.: 20, 50, 100, 500, 1000 escudosa | |
| 1 conto (računski novac) = 1000 escudosa | |
| **Portugalska Gvineja** | |
| v. Portugalija | |
| 1 makuta = 50 reisa = = 1,5 platna | |
| **Portugalska Indija** | |
| 1 *rupija* = 16 tanga = 192 rajsa | 4,761 9 |
| **Reunion** | |
| v. Francuska Ekvatorijalna Afrika | |
| **Ruanda Urundi** | |
| v. Belgijski Kongo | |
| **Rumunija** | |
| 1 *lej* (L) = 100 bani | 11,199 5 |
| sr. n.: 750 f.: 250 leja (13,5 g), 500 f.: 100 leja (14,0 g) | |
| bak.-cin. n.: 20, 10, 5 leja | |
| ba.-nik. n.: 2, 1 lej | |
| al. n.: 50. 25 bani | |
| pap. n.: 500, 100 leja | |
| **SAD (Sjedinjene Američke Države)** | |
| 1 *američki dolar* = 100 centa (c) | 1,— |
| zl.: 10 dolara (eagle) (16,7185 g). 0,9 = = 232,2 grain finoće 20 dolara (dupli-eagle) i 5 dolara | |
| sr. n.: 900 f.: 1 (26,729 g) dolar; 50, 25 (quarter) i 10 (dime) (2,5 g) centa | |
| nik. n: 5 centa | |
| br.n.: 1 (pecco) cent. | |
| **Salvador** | |
| 1 *colon* = 100 centavo-sa | 2,50 |
| zl. n.: 1 colon (0,836 g, 900 f.) 5, 10, 20 i 40 colona | |
| sr. n.: 1, 0,5, 0,25, 0,20, 0,10 i 0,05 colona | |
| nik. n.: 10, 5, 3, 1 centavo | |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Samoa, Istočna** | |
| v. SAD | |
| **San Marino** | |
| v. Italija | |
| zl. n.: 900 f.: 10 lira (3,2258 g) | |
| sr. n.: 800 f.: 20 lira (15,0 g); 835 f.: 10 i 5 lira (10 i 5 g) | |
| br. n.: 10 i 5 centesimi | |
| **Sarawak** | |
| v. Malajska Unija | |
| **Saudi Arabija** | |
| (Nedž i Hedžas) | |
| 1 *saudiski rial* = 100 saudiskih dinara | |
| sr. n.: 1, 1/2 i 1/4 rijala | |
| 1 kruš po 40 diwani | |
| 1 mahmudi po 20 gasa | |
| 1 mekka-talir po 80 cubira marija terezija - talir | |
| **Severna Rodezija** | |
| v. Južna Rodezija | |
| **Seychelles** | |
| 1 *rupija* = 100 centa | 4,7619 |
| **Siam** | |
| 1 *baht* ili *tikal* = 100 satanga | |
| 1 dos (zlato) = 10 zlatnih tikala (6,2 g, 900 f.) | 12,50 |
| 1 tikal (srebro) (15 g bruto težina) = 100 satanga, | |
| sr. n.: 50 i 25 satanga | |
| nik. n.: 10 i 5 satanga | |
| bak. n.: 1 satang | |
| **Singapur** | |
| v. Malajska Unija | |
| **Sirija** | |
| 1 *sirijska funta* = 100 pijastera | 2,191 |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen broje jedinica z 1 SAD do |
|---|---|
| **SSSR (Savez Sovjetskih Socijalističkih Republika)** | |
| 1 *rubalj* (rub.) = 100 kopjejki (kop.) | 4,— |
| sr. n.: 900 f.: 1 i 1/2 rublja (20,0 i 10,0 g), 50 kopjejki (10,0 g); 500 f.: 20, 15, 10 kopjejki (3,6 g, 2,7 g, 1,8 g) | |
| nik. n.: 20, 15, 10 kopjejki | |
| al.-br. n.: 5, 3, 2, 1 kopjejki | |
| bak. n.: 5, 3, 2, 1, 1/2 kopjejki | |
| **St. Helena** | |
| (uključivo ostrva Ascension, Tristan de Gunha, Congh, Inaccessible, Nightingale itd.) | |
| v. Velika Britanija | |
| **St. Pierre & Miquelon** | |
| v. Francuska Ekvatorijalna Afrika | |
| **Sudan** | |
| v. Egipat | |
| **Surinam** | |
| 1 *surinamska forinta* = 100 centa | 1,885 8 |
| **Španija** (uključivo Andora) | |
| 1 *peseta* (Pta) = 100 centimo-sa | |
| zl. n.: 900 f.: 100, 25, 20, 10 peseta (32,258 g, 8,064 g, 6,451 g, 3,225 g) | |
| sr. n.: 900 f.: 5 peseta (25,0 g); 835 f.: 2 peseta, 1 peseta (10,0 g, 5,0 g), 50 centimosa (2,5 g) | |
| bak.-nik. n.: 25 centimosa | |
| br. n.: 10, 5, 2, 1 centimo | |
| pap. n.: 25, 50, 100, 500, 1000 peseta | |
| **Španska Gvineja** (Fernando Poo, Rio Mundi itd.) | |
| v. Španija | |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|
| **Španski Maroko** (uključivo Ceuta i Melila) | |
| v. Španija | |
| **Španska Sahara** (Ifni, Rio de Oro, Sikia el Hamra) | |
| v. Španija | |
| **Švajcarska** (uključivo Lichtenstein) | |
| 1 *švajcarski franak* (franc, franco) (Sfr) = 100 centimes-a [centesimi (cent)] ili rappen-a (Rp) | 4,372 83 |
| zl. n.: 900 f.: 100, 20, 10 franaka (32,258 g, 6,452 g, 3,226 g) | |
| sr. n.: 835 f.: 5, 2, 1, 1/2 franka (15,0 g, 10,0 g, 5,0 g, 2,5 g) | |
| nik. n.: 20, 10, 5 rapena | |
| bak.-nik. n.: 10, 5 rapena | |
| br. n.: 2, 1 rapen | |
| pap. n.: 5, 20, 50, 100, 500, 1000 franaka | |
| **Švedska** | |
| 1 *švedska kruna* (Skr ili kr) = 100 öre (Ø) | 5,173 |
| zl. n.: 900 f.: 20, 10, 5 kronora (8,9606 g, 4,4803 g, 2,24015 g) | |
| sr. n.: 900 f.: 5 kronora (25,0 g); 800 f.: 2 kronora, 1 kruna (15,0 g, 7,5 g); 600 f.: 50, 25 öra (5,0 g, 2,42 g); 400 f.: 10 öra (1,45 g) | |
| bak.-nik. n.: 50, 25, 10 öra | |
| br. n.: 5, 2, 1 öra | |
| gv. n.: 5, 2, 1 öra | |
| pap. n.: 1, 5, 10, 50, 100, 1000 kruna | |
| **Tanger** | |
| v. Spanija i Francuska | |
| **Tibet** | |
| 1 *rupija* = 6 trangkaza | |
| **Timor** | |
| Istočni i područje Ambeno sa pripadajućim ostrvima | |
| 1 *pataka* = 100 avo-sa | |
| **Tonga** (Gornja ostrva, Tongatabu, Haapai i Vavan) | |
| 1 *tonga funta* = 20 šilinga | 0,446 429 |
| **Transjordanija** | |
| 1 *transjordanski dinar* = = 1000 fila | 0,357 1 |
| **Tunis** | |
| 1 *tuniski franak* = 100 centimes-a | 350,— |
| 1 pijaster (sbiglen) = 16 karruba = 52 aspera srebra | |
| 1 bumi = 100 pijastera | |
| **Turska** | |
| 1 *turska lira* (Ltq) = 100 pijastera ili groša = 4000 para | 2,80 |
| zl. n..: 916 2/3 f.: 5, 2 1/2, 1, 1/2, 1/4 lira (36,082 85 g, 18,041 42 g, 7,216 57 g, 3,608 28 g, 1,804 14 g) | |
| sr. n.: 830 f.: 100, 50, 25 pijastera (12,0 g, 6,0 g, 3,0 g) | |
| nik. n.: 25 pijastera; 40, 20, 10, 5, para | |
| bak.-nik. n.: 40 para | |
| al.-br. n.: 10, 5 pijastera; 100 para | |
| pap. n.: 1, 2, 5, 10, 50, 100, 500, 1000 turskih lira | |
| **Urugvaj** | |
| 1 *peso* (o/$) = 100 centesimo-sa | |
| zl. n.: nije u opticaju: 1 peso (1,697 g 916,67 f.) | |
| sr. n.: 1 i 1/2 pesosa; 20 centesimosa | |
| nik. n.: 5, 2 i 1 centesimo. | |
| **Vatikan** | |
| 1 *vatikanska lira* = 1 talijanska lira = 100 centesimi | |
| zl. n.: 900 f.: 1000 lira (8,799 016 g) | |
| sr. n.: 835 f.: 10, 5 lira (10 g i 5 g) | |
| nik. n.: 2, 1 lira; 50, 20 centesima | |
| br. n.: 10, 5 centesima | |

| Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar | Zemlja (područje) Novčana jedinica. Podela. Uobičajena skraćena oznaka i drugo | Paritet izražen brojem jedinica za 1 SAD dolar |
|---|---|---|---|
| **Velika Britanija** (uključivo Severna Irska, ostrvo Man i Normanska ostrva) | | pap. n.: U Engleskoj i Walesu: 10 šilinga, 1, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 funta | |
| 1 *engleska funta* (pound) (£ = 20 šilinga (shilling) (sh) = 240 penija (penny) (d) = 960 farthings-a | 0,3571 | u Škotskoj: 1, 5, 10, 20, 100 funta | |
| zl. n.: 916,6 f.: 5, 2, 1 funta (sovereign) (39,940 28 g, 15,976 11 g, 7,988 05 g), 10 silinga (3,994 02 g) | | u Severnoj Irskoj: 1, 5, 10, 20, 50, 100 funta | |
| sr. n.: 500 f.: 5, 2½, 2, 1 šiling (28,27590 g, 14,137 95 g, 11,310 36 g 5,655 18 g); 6, 3 penija (2,827 59 g, 1,413 79 g) | | na ostrvu Man: 1, 5 funta | |
| br. n.: 1, ½, ¼ penija | | na ostrvu Guernsey: 10 šilinga, 1 funta | |
| na ostrvu Jersey: 1 i ½ penija, | | **Venecuela** | |
| na ostrvu Malti: ⅓ farhtings (grain), | | 1 *bolivar* (B) = 100 centimosa | 3,35 |
| na ostrvu Quernsey: 8 doubles (1 penij), 4 doubles (½ penija), 2 doubles (¼ penija), 1 double (⅛ penija). | | zl. n.: 100 bolivara (pachana) (32,258 g, 900 f.) 25 i 20 bolivara | |
| | | sr. n.: 5, 2½, 2, 1 (5 g 900 f.) ½ i ¼ bolivara | |
| | | nik. n.: ⅛ i 1/20 bolivara | |
| | | bak. n.: 5, 2 i 1 centavo | |
| | | 1 venecolano ili peso = 5 bolivara | |
| | | 1 peso sencillo ili macuquino = 4 bolivara. | |

# II. Mere i tegovi raznih zemalja

**Metarska konvencija (MK) od 20 maja 1875.** Njoj pripadaju sve kulturne države. U njima su zakonske mere metarske mere, osim u Engleskoj i njenim dominionima i SAD, gde su metarske mere dozvoljene.

Jedinica dužine je metar. Ona je određena otstojanjem između krajnjih belega na štapu od platine-iridijuma (90% Pt, 10% Ir) na temperaturi pri kojoj se led topi (prametar, prototip-metar). Ovaj prametar čuva se u paviljonu Breteuil u Sèvre-u kod Pariza. (Bureau international des Poids et Mesures). Za države, članice konvencije, izrađene su kopije ovog štapa i utvrđena otstupanja njihovih dužina od prametra. Pri uporednim merenjima u pojedinim državama koriste se ove kopije, ali sva merenja treba svesti na prametar.

Prvobitni prametar bio je, t. zv. Mètre des Archives u Parizu, štap od platine na kome je otstojanje između krajnjih strana, pri 0° C, određivalo jedinicu dužine. Njegova dužina trebalo je da bude jednaka 10 miliontom delu Zemljina kvadranta. Kako je raznim naknadnim geodetskim premeravanjima utvrđeno da izrađeno merilo nije odgovaralo postavljenom zahtevu, napustila se je namera da se uvede prirodno merilo koje bi se moglo uvek izraditi. Na osnovi Bessel-ovih premeravanja, smatranih za najtačnija, dobijeno je da dužina Zemljina kvadranta iznosi 10 000 856 Mètres des Archives[1]). Mètre des Archives ne koristi se više za uporedivanje merenja.

[1]) Vidi napomenu uz tablicu na str. 1430

U poslednje vreme koriste se talasne dužine svetlosnih izvora za merenje dužina, pa se teži da se dužina metra utvrdi kao multiplum talasne dužine određenog svetlosnog izvora. PTR vrši merenja pomoću svetla žuto-zelene kripton linije, koja je zbog jednostavne strukture podesnije od crvene kadmijum linije, upotrebljavane, na pr. u Engleskoj. Talasna dužina žuto-zelene kripton linije, na 20° C i 1 Atm, iznosi 0,564 959 24 μ; dakle, u 1 m sadržano je 1 770 039,198 talasnih dužina, međutim za svetlost crvene kadmijum linije — talasne dužine 0,643 847 2 μ — to bi iznosilo 1 553 164,13 (str. 330).

Za tehnička i industriska merenja važi temperatura od 20° C; dužina tehničkog metra na ovoj temperaturi uzima se da je jednaka dužini prametra na 0° C, takav metar, izrađen od čelika, je onda, na 0° C za 0,23 mm kraći od prametra.

Metarska jedinica za težinu je kilogram, pretstavljena masom komada od platine i iridijuma, koji se takođe čuva u Bureau international des Poids et Mesures. Države, članice konvencije, imaju što tačnije izrađene kopije ovog prakilograma za upoređivanje vaganja, koja treba svesti na prakilogram. Ranija definicija kilograma, tj. težina 1 dm³ destilirane vode na 4° C 760 mm Hg na geografskoj širini Pariza i nivou mora nije više dobra. Težina 1 dm³ destilirane vode na 4° C i 1 Atm iznosi na mestu referencije 0,999 972 kg, 1 litar tačno 1 kg. Dakle, 1 litar = 1,000 028 dm³.

Podela i oznake metarskog sistema v. pod »Jugoslavija«, str. 1415.

| Zemlja | 1/n [1] | Zemlja | 1/n [1] |
|---|---|---|---|
| **Arabija** | | **Argentina** (nastavak) | |
| Mere za dužinu | | Predašnje mere za površinu (staro-španske) | |
| 1 draâ = 0,488 | 2,049 | | |
| 1 cobido = 0,482 | 2,075 | 1 vara cuadrada = 0,749 956 m² | 1,3334 |
| | | 1 manzana = 10 vara cu. = | |
| Mere za zapreminu | | = 7,499 56 m² | 0,1333 |
| 1 timan = 56,8 l | 0,0176 | 1 suerte de charra = 0,147 ha | 6,8027 |
| 1 cuddy (tečnosti) = 7,6 l | 0,132 | 1 fanegada = 2 almuda = | |
| | | = 0,660 54 ha | 1,5139 |
| Mere za težinu | | 1 cuadra = 1,6874 ha | 0,5296 |
| 1 bahar = 300 rottela = 83,05 kg | 0,0120 | 1 legua cuadrada = 26,998 42 km² | 0,0370 |
| **Argentina** | | Predašnje mere za zapreminu (staro-španske) | |
| MK. Metarske mere i tegovi | | | |
| Predašnje mere za dužinu (staro-španske) | | 1 cuartilla = 0,342 994 48 hl | 2,9154 |
| | | 1 fanega = 4 cuartilla = | |
| 1 braca = 2 vara = 2 · 3 piesa = | | = 137,197 712 l | 0,0073 |
| = 6 · 12 pulgada = 1,732 m | 0,5774 | 1 frasco = 4 cuarta = 2,375 138 l | 0,4210 |
| 1 linea = 0,002 200 m | 454,55 | 1 barril = 20 galona ili 32 | |
| 1 legua = 6000 vara = 5,196 km | 0,1925 | frascosa = 0,760 044 hl | 1,3158 |
| 1 legua metrica argentina = | | 1 pipa = 4 carga = 4 · 16 cor- | |
| = 5,00 km | 0,2000 | tagne = 64 · 3 frascosa = | |
| | | = 4,560 264 hl | 0,21929 |

[1]) **Napomena.** U tablici su pomoću uporednog broja $n$ sve jedinice mera i tegova svedene na metarsku meru. U stupcima $1/n$ date su recipročne vrednosti uporednih brojeva. Dakle, $n$ znači broj metarskih jedinica koji odgovara odnosnoj jedinici, a $1/n$ znači broj odnosnih jedinica koji odgovara metarskoj. Na pr., Velika Britanija, str. 1426; 1 fathom = $= n$ metara = 1,828 798 m; 1 m = $1/n$ fathoma = 0,548 fathoma, prema tome 683,5 m = 683,5 · 0,5468 = 373,7 fathoma.

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Argentina** (nastavak) | |
| Predašnje mere za težinu (staro-španske) | |
| 1 libra = 16 onza = 16 · 16 adarme = 256 · 36 grana = = 0,4594 kg | 2,1769 |
| 1 tonelada = 20 quintala = =20 · 4 arroba = 80 · 25 libra = 0,9188 t = 229,70 g | 1,0886 |
| 1 marco = 8 onza = 8 · 144 quintala = 1152 · 4 grana = = 229,70 g | 4,3538 |
| | 1000 |
| **Austrija** | |
| MK. Metarske mere i tegovi | |
| Predašnje mere i tegovi v. str. 1415 | |
| **Avganistan** | |
| Metarske mere i tegovi | |
| Predašnje mere za dužinu | |
| 1 aršin = 1,025 m | 0,976 |
| 1 aršin za vunene tkanine = = 1,12 m | 0,893 |
| Predašnje mere za zapreminu | |
| kao Iran | |
| Predašnje mere za težinu | |
| 1 mahn = 4 oka = 4,48 kg | 0,223 |
| **Belgija** | |
| MK. Metarske mere i tegovi od 1821 g. | |
| Metar se zove aune, litar litron, hektolitar baril | |
| Predašnje mere za dužinu | |
| veoma različite prema mestu | |
| pied (uopšte = 11 pouca = = 11 · 11 ligne), perche, mille, aune v. str. 1433 | |
| 1 brache = 0,700 66 m | 1,4272 |
| Predašnje mere za površinu | |
| veoma različite prema mestu | |
| pied carré, pouce carré, ligne carrée, aune carrée perche carrée, mille carrée | |
| 1 bonnier (bunder) = 400 perches carrées = 1,316 ha | 0,7599 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Belgija** (nastavak) | |
| Predašnje mere za zapreminu | |
| veoma različite prema mestu | |
| pied cube, pouce cube, ligne cube, aune cube, perche cube, mille cube | |
| 1 corde (gor. drvo) = 1 m³ | |
| 1 tona = 120 pota = 1,6 hl | 0,6250 |
| Predašnje mere za težinu | |
| veoma različite prema mestu | |
| 1 livre, uopše = 16 oncea (po 29,3848 g) = 32 demioncea = =256 maina = 0,470 15 1 kg | 2,126 95 |
| 1 livre kao apotekarski teg = = 12 oncea (po 22,9456 g) = = 96 drachma = 288 scrupula = 5760 graina = 0,275 347 kg | 3,631 81 |
| 1 pierre = 8 livra = 3,761 kg | 0,2659 |
| 1 quintal = 100 livra | |
| 1 schippond = 300 livra = = 0,141 047 t | 7,0898 |
| 1 balance (kameni ugalj) = = 68 kg | 0,0147 |
| 1 charge = 400 livra = 0,188 06 t | 5,3174 |
| **Bolivija** | |
| MK. Metarske mere i tegovi | |
| Predašnje mere za dužinu (staro-španske) | |
| 1 vara = 0,835 m | 1,198 |
| 1 legua = 40 luadre = 5,196 km | 0,192 |
| Predašnje mere za površinu (staro-španske) | |
| Predašnje mere za zapreminu (staro-španske) | |
| 1 špan. fanega = 137,2 l | 0,007 29 |
| 1 domaća fanega = $2^1/_2$ špan. fanega | |
| 1 cantara = 16,13 l | 0,062 |
| Predašnje mere za težinu (staro-španske) | |
| 1 quintal = 4 arroba = 100 libra = 46,008 kg | 0,021 7 |
| 1 carga = 6 arroba = 69,012 kg | 0,0145 |
| 1 cajon = 50 quintala = 2,2975 t | 0,4351 |
| **Brazilija** | |
| MK. Metarske mere i tegovi od 1862 g. | |
| Predašnje mere za dužinu (staro-portugalske) | |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Brazilija** (nastavak) | |
| 1 covado po 2 pèa po 1,5 palmosa = 0,686 m | 1,4577 |
| 1 brazza po 2 vara = 2,2 m | 0,4545 |
| 1 legua = 2500 brazza = 5,5 km | 0,1818 |
| 1 jarda = 0,91 m | 1,0989 |
| 1 pè = 0,343 m | 2,9155 |
| Predašnje mere za površinu (staro-portugal.) | |
| 1 covadoquadrado = 0,4706 m² | 2,1249 |
| 1 pèquadrado = 0,1176 m² | 8,5035 |
| 1 brazzaquadrado = 4,84 m² | 0,2066 |
| 1 leguaquadrado = 30,25 km² | 0,0331 |
| Predašnje mere za zapreminu (staro-portugalske) | |
| 1 mojo po 15 fanga po 4 alqueira | |
| 1 alqueira po 4 maquia, različito u pojedinim pokrajinama 40, 50, 70, 160 l u Parahyba 3,2 hl | 0,3125 |
| 1 pipa po 25 almuda = 4,792 hl | 0,2087 |
| 1 almuda u Rio = 16,740 l | 0,0597 |
| Predašnje mere za težinu (staro-portugalske) | |
| 1 quintal po 4 arroba po 32 arratela = 58,752 kg | 1,70205 |
| | 100 |
| 1 arratel = 2 marcosa = 16 onca = 128 oltavosa = 0,459 kg | 2,1786 |
| 1 tonelada = 13,5 quintala = 793,152 kg | 0,12608 |
| | 100 |
| **Bugarska** | |
| MK. Metarske mere i tegovi | |
| Predašnje mere i tegovi v. str. 1433 i dalje, pored toga | |
| Mere za zapreminu | |
| 1 kili = 12 šinik = 240 l | 0,00417 |
| 1 carigradsko kilo = 37 l | 0,0270 |
| **Čehoslovačka** | |
| MK. Metarske mere i tegovi | |
| Predašnje mere i tegovi v. str. 1434 | |
| **Danska** | |
| MK. Metarske mere i tegovi | |
| Predašnje mere v. str. 1433 i dalje | |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Egipat** | |
| Metarske mere i tegovi, sem toga | |
| stare mere za dužinu | |
| 1 dira mamari = 6 kvabdah = 24 usbaa = 144 habba shair = 144 · 6 kvirata barsum = 0,75 m | 1,3333 |
| 1 baa = 4 dira mamari = 3 m | 0,333 |
| 1 dira baladi = 0,58 m | 1,7241 |
| 1 kvasaba = 3,55 m | 0,2817 |
| 1 hindasah = 0,656 m | 1,5244 |
| Stare mere za površinu | |
| 1 kvirat = 3 habba = 6 danekv = 24 sahama = 175,085 m² | 5,7143 |
| | 1000 |
| 1 saham = 24 sahtuta = 7,293 m² | 0,1371 |
| 1 feddan = 24 kvirata = 0,420 083 3 ha | 2,3805 |
| 1 kv. pic (dira mamari) = 0,562 5 m² | 1,7778 |
| 1 kv. kvasaba = 12,602 5 m² | 0,0794 |
| Stare mere za zapreminu | |
| 1 kvadah = 2 nusf kvadaha = 4 ruba = 6 tumna = 16 kharuba = 32 kvirata = 2,062 l | 0,4848 |
| 1 ardeb = 6 veba = 97 kvadah = 0,198 hl | 5,051 |
| 1 veba = 2 kela = 4 ruba = 8 melfa = 0,33 hl | 3,0303 |
| Stare mere za težinu | |
| 1 kvantar = 100 rotle ili = 36 oke = 100 · 144 dirhema = 44,928 kg | 0,022 26 |
| 1 okvia = 12 dirhema = 37,44 g | 0,026 71 |
| 1 dirhem = 16 kvirata = 64 kvamhaha = 3,12 g | 0,321 |
| 1 magar = 18 kvirata = 3,51 g | 0,385 |
| 1 mitkval = 24 kvirata = 4,68 g | 0,214 |
| **Etiopija** | |
| 1 madda = 5 m | 0,2 |
| 1 kint = 0,45 do 0,5 m | 2,22—2 |
| 1 kend = 2 sinšer = 0,4572 m | 2,181 |
| 1 pik halebi = 1,5 kend = 0,686 | 1,458 |
| 1 sinšer = 0,229 m | 4,367 |
| 1 khalad = 130 rinnda = 65 m | 0,015 |
| 1 yason rumat = (1,50 do 1,85) m | |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Etiopija** (nastavak) | |
| 1 kalad = (24 do 38) $h_a$ | 0,004 17 do 0,002 63 |
| 1 ruba za tečnosti = 1,02 l | 0,98 |
| 1 ardeb = 10 madega (Gondar) = 4,4 l | 0,227 3 |
| 1 ardeb = 24 madega (Massuah) = 10,56 l | 0,094 7 |
| 1 duala za žito = 20 ruma = = 90,92 l | 0,011 |
| 1 rottel = 12 vakih = 0,31 kg | 3,23 |
| 1 fracula = 16,66 kg | 0,06 |
| 1 oket = 3 kasma = 4 mutagalla = 2 alada = 1/600 fracula = 27,7 g | 0,036 |
| **Finska** | |
| Metarske mere i tegovi | |
| Ranije ruske mere i tegovi | |
| **Francuska** | |
| Metarske mere i tegovi od 1800 g. MK. od 1875 | |
| Predašnje mere za dužinu različite prema mestu i vremenu | |
| 1 pied (stopa, od 0,325 do 0,357 m) de roi (par. stopa) = 12 poucea (palac, po 2,706 995 cm) = 144 lignea (linija, po 2,255 83 mm) = = 144 · 12 pointa (tačka, po 0,187 99 mm) = 0,324 839 4 m (1 m = 443,295 936 par. linija) | 3,078 44 |
| 1 pied za premeravanja = = 12 poucea = 120 lignea = 1200 pointa | |
| 1 toise = 6 pieda = 1,949 04 m | 0,513 1 |
| 1 perche kao poljska ruta = = 3 toise = 5,847 11 m | 0,171 0 |
| kao šumarska ruta = $3^2/_3$ toise = 7,146 67 m | 0,139 9 |
| 1 aune (lakat) de Paris = = 1,188 45 m, aune usuelle (1812 — 39) = 1,2 m | 0,833 3 |
| 1 pas (2 do 5 pieda) géometrique ili brasse = 5 pieda = = 1,624 20 m | 0,615 6 |
| 1 lieue (milja, od 3,3 do 5,8 km) | |
| 1 lieue marine = 3 milles marins (po 1855,11 m) = $1/_{20}$ ekv. stepen = 5,556 53 km | 0,180 0 |
| 1 mille marin sada = $1/_{60}$ meridij. - stepena = 1,851 85 km | 0,540 0 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Francuska** (nastavak) | |
| 1 encâblure (kabel) = 120 brassea (konaca) = 600 pieda = = 194,903 6 m (sada = 200 m) | 0,005 1 |
| Dalje: lalte, canne, pan, poste, palme | |
| Predašnje mere za površinu različite prema mestu i vremenu | |
| 1 pied carré = 144 pouce carrées, (po 7,3278 $cm^2$ = = 0,105 52 $m^2$) | 9,476 8 |
| Dalje: ligne carrée, point carrée, pas carrée, brasse carrée, toise carrée, lieue carrée | |
| 1 percne carrée kao poljska mera = 324 pied carrées = = 0,341 887 a | 2,924 9 |
| kao šumarska mera = 484 pied carrées = 0,510 720 a | 1,958 1 |
| 1 arpent = 100 perche carrées druge poljske mere: sétérée, pied de vigne, rège, journal, sadon, carreau | |
| Predašnje mere za zapreminu različite prema mestu i vremenu | |
| 1 stère = 1 $m^3$ | |
| 1 pied cube = 1 728 pouce cubes (po 19.836 4 $cm^3$) = = 0,034 277 $m^3$ | 29,173 9 |
| 1 corde (ogrev. drvo) = 2 voies de Paris (po 1,919 53 $m^3$) = = 3,839 05 $m^3$ = 112 pied cubes | 0,260 5 |
| 1 marque (drvena građa) = = 300 chevillea (po 257,2 $cm^3$) = 0,077 16 $m^3$ = $21/_{12}$ pied cubes usuels (po 0,035 937 $m^3$) | 12,960 |
| 1 litron = 0,813 02 l | 1,230 0 |
| 1 pinte = $1/_2$ pota = 2 chopinea zvanič. = 0,931 32 l, u trgovini na veliko = 0,951 21 l | 1,051 3 |
| 1 tierçon = $1/_3$ muida zvanič. = 0,894 07 hl, u trgovini na veliko = 0,913 16 hl | 1,095 7 |
| druge mere za vino: baral, both, pièce, tonneau, charge | |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Francuska** (nastavak) | |
| Predašnje mere za težinu različiti prema mestu i vremenu | |
| 1 livre (pariski tržišni teg) = = 2 marka = 16 onca (po 30,594 1 g) = 128 grosa (drachme) = 384 scrupula (denier, po 1,274 7 g) = 921 6 graina (po 0,053 11 g) = 221 184 prima = 0,489 505 8 kg (1812 do 1839) = 0,5 kg | 2,0429 |
| 1 quintal = 100 livra (1812 do 1839) = 50 kg | |
| 1 quintal métrique = 100 kg[1] | |
| 1 livre kao apotekarski teg = = 12 onca (po 30,5941 g) = = 96 drachma = 288 scrupula = 5760 graina = = 0,367 129 4 kg | 2,7238 |
| 1 carat od 1877 = 0,205 g (ranije = 0,205 5 g) | 4,8780 |
| 1 double livre (1818 do 1839) = = 2 livre = 4 demilivre = 8 quarterona = 32 onca = 256 drachma (gros) = 20 480 graina = 40 960 demigraina = = 1 kg | |
| Alžir | |
| 1 pik arabi = 0,476 m | 2,101 |
| 1 pik turski = 0,636 m | 1,572 |
| 1 pik halebi = 0,686 m | 1,458 |
| 1 saah = 0,58 hl | 1,724 |
| 1 kulla = $16^2/_3$ l | 0,060 |
| 1 kantár attari = 100 rottela = = 54,60 kg | 0,0183 |
| 1 kantár gheddari = 100 rottela = 61,43 kg | 0,0163 |
| 1 rottel kebir = 0,92 kg | 1,087 |
| Annam | |
| 1 thusc = 0,488 m | 2,049 |
| 1 dam = 2 li = 0,8888 km | 1,125 |
| 1 kvadr. sao = 5 kvadr. ngu = = 52,51 m² | 0,0190 |
| 1 tao = 0,565 5 hl | 1,768 |
| 1 can = 0,593 kg | 1,686 |
| Tunis | |
| 1 draâ endaš = 0,672 m | 1,488 |
| 1 draâ arabi = 0,488 m | 2,049 |
| 1 draâ stambuli = 0,637 m | 1,572 |
| 1 mechiä = 10,926 ha | 0,0915 |
| 1 kafis = 16 üba = 4,96 hl | 0,202 |
| 1 millérole = 0,636 hl | 1,572 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Francuska**, Tunis (nastavak) | |
| 1 mettar (vino) = 10 l | 0,10 |
| 1 saâ (ulje) = 1,26 l | 0,794 |
| 1 rotl attari = $1/_{100}$ cantara = = 0,507 kg | 1,972 |
| 1 rotl sucki = $1/_{100}$ cantara = = 0,568 kg | 1,761 |
| 1 rotl khaddari = 0,639 kg | 1,565 |
| Prednja Indija | |
| 1 condée (2 spanne) = 0,519 m | 1,927 |
| 1 gallon = 24 pacca = 0,359 hl | 2,786 |
| 1 saâh = 0,58 hl | 1,724 |
| 1 barre (kändy) = 20 maunda = 0,234 96 t | 4,273 |
| **Grčka** | |
| MK. Metarske mere i tegovi od 1836 g. | |
| Mere za dužinu | |
| 1 kralj. piki = 1 m, ranije 1 piki = 8 rupv = 0,648 m | 1,5432 |
| 1 stadion = $1/_{10}$ milje = 1 km, ranije = 0,184 2 km | 5,4288 |
| Mere za površinu | |
| 1 stremma = 10 a | |
| Mere za zapreminu | |
| 1 kralj. kilo = 100 litara = = 1 hl, ranije 1 kilo = 22 oka = 0,357 hl | 2,8011 |
| 1 barela = 48,0 l | 0,2083 |
| Mere za težinu | |
| 1 kantar (stater) = 44 oka (po 1,28 kg) = 56,32 kg | 0,0178 |
| 1 mina = 1 500 drahma = 1,5 kg | 0,6667 |
| 1 talent = $1/_{10}$ tone = 100 mina | |
| **Gvatemala** | |
| Metarske mere i tegovi | |
| Predašnje mere i tegovi (staro-španski) | |
| Mere za dužinu | |
| 1 vara = 3 piea = 0,836 m | 1,196 |
| 1 legua = 4 km | 0,250 |
| Mere za površinu | |
| 1 kv. vara = 0,698 7 m² | 1,431 |
| 1 fanega = 0,644 ha | 1,553 |
| 1 caballeria = 64 manzana = = 44,72 ha | 2,237 |

[1]) Upotrebljava se i u drugim državama.

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Gvatemala** (nastavak) | |
| Mere za zapreminu | |
| 1 fanega = 0,55 hl | 1,818 |
| 1 arroba = 16,13 l | 6,200 |
| | 100 |
| Mere za težinu | |
| 1 kvintal = 100 libra = 40 arroba = 46,008 kg | 0,02173 |
| 1 arroba = 11,502 kg | 8,694 |
| | 100 |
| **Holandija** | |
| MK. Metarske mere i tegovi od 1821 g. | |
| m = el po 10 palma, km = = miji, ha = bunder, hl = = mund, l = kan | |
| Pređašnje mere i tegovi v. str. 1433 i dalje | |
| Holandska Indija | |
| 1 tjengkol = 4 yd. = 3,658 m | 0,2734 |
| 1 picol = 100 cattya = 133 1/3 lb. = 60,479 kg | |
| 1 amsterd. funta = 0,494 48 kg | 0,01653<br>2,0224 |
| **Iran** | |
| Metarske mere i tegovi | |
| Pređašnje mere za dužinu | |
| 1 gös (ser, aršin) = 4 čebareka — 16 gireha = 1,04 m i 1,05 m | 0,963 |
| 1 kadam = 0,61 m | 1,64 |
| 1 farsang = 6000 gös šahi = = 6,72 km | 0,1488 |
| Pređašnje mere za površinu | |
| 1 kv. ser = 1,10 m² | 0,909 |
| 1 jerib = 1000 do 1066 kv. sera = 1 082 do 1 153 m² | |
| Pređašnje mere za zapreminu | |
| 1 artaba = 8 collotuna = = 25 capiha = 50 čenika = = 200 sekstaria = 67,789 l | 0,0152 |
| Pređašnje mere za težinu | |
| 1 miskal = 1/100 ratela = 1/16 sira = 4,536 g | 0,2204 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Iran** (nastavak) | |
| 1 holvar (kharvâr) = 294,41 kg | 3,397 |
| | 1000 |
| 1 šira = 588 kg | 0,0017 |
| 1 man (veoma različit, prema mestu) 2,94 do 52,98 kg | |
| **Italija** | |
| MK. Metarske mere i tegovi od 1803 g. | |
| Pređašnje mere v. str. 1435. osim toga | |
| Mere za dužinu | |
| 1 kana = 2,645 m | 0,378 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 soma u Milanu = 100 hl | |
| u Rimu = 1,642 hl (ulje) | 0,609 |
| = 1,167 hl (vino) | |
| = 2 barila | |
| 1 tomolo = 55,54 l | 0,857 |
| 1 zerla = 49,74 l | 0,018 |
| 1 baril = 30 do 140 l | 0,020 |
| Mere za težinu | |
| 1 cantaro (Napulj) = 89,1 kg | 0,0112 |
| 1 cantaro (Sardinija) = 42,26 kg | 0,0236 |
| **Japan** | |
| Metarske i engleske mere i tegovi, pored toga | |
| Mere za dužinu | |
| 1 shaku kane po 10 suna po 10 bua = 0,303 64 m | 3,033 |
| 1 ri po 36 choa po 60 kena po 6 shakua = 3,297 km | 0,2546 |
| 1 shaku za tkanine = 0,379 m | 2,6385 |
| Mere za površinu | |
| 1 cho = 10 tana po 300 tsuboa ili bua = 0,99 ha | 1,0101 |
| 1 tsubo = 36 kv. shakua = 3,3 m² | 0,303 03 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 sho po 10 goa = 1,803 907 l | 0,5544 |
| 1 koku po 10 toa po 10 shoa = = 1,803 907 hl | 0,5544 |
| 1 tate tsubo = 6,0105 m³ | 0,1664 |
| Mere za težinu | |
| 1 kin po 160 momme po 10 funa po 10 rina = 0,600 kg | 1,667 |
| 1 kvan po 1000 momme = = 3,75 kg | 0,2667 |
| 1 pikul = 100 kättia = 60,0 kg nije u opštoj upotrebi, kineski mera za težinu | |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Jugoslavija** | |
| MK. Metarske mere i tegovi | |
| **Mere za dužinu** | |
| 1 metar (m) po 10 decimetara (dm) po 10 centimetara (cm) po 10 milimetara (mm) | |
| 1 kilometar (km) — 100 m | |
| **Mere za površinu** | |
| 1 kvadratni metar ($m^2$) po 100 kvadratnih decimetara ($dm^2$) po 100 kvadratnih centimetara ($cm^2$) po 100 kvadratnih milimetara ($mm^2$) | |
| 1 hektar (ha) po 100 ari (a) po 100 $m^2$ | |
| 1 kvadratni kilometar ($km^2$) = = 100 ha | |
| **Mere za zapreminu** | |
| 1 kubni metar ($m^3$) po 1000 kubnih decimetara ($dm^3$) ili litara (l) (sa velikom približnošću v. niže) po 1000 kubnih centimetara ($cm^3$) po 1000 kubnih milimetara ($mm^3$) | |
| 1 hektolitar (hl) = 100 l | |
| 1 litar = 1,000 028 $dm^3$ (v. str. 959) = 1000 mililitara | |
| **Mere za težinu** | |
| 1 kilogram (kg) po 1000 grama (g) po 1000 miligrama (mg) | |
| 100 grama = 1 hektogram | 0,001 |
| 1 tona (t) = 1000 kg | |
| **Stare mere** | |
| **Mere za dužinu** | |
| 1 bečka stopa (′) = 12 cola (palaca) = 0,316 1 m | 3,1636 |
| 1 bečki col (palac) (″) = 12 linija = 26,34 mm | 0,3796 |
| 1 bečki lakat = 0,777 5 m | 1,284 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Jugoslavija** (nastavak) | |
| 1 bečki hvat (°) = 6 stopa (′) = = 1,896 48 m | 0,527 82 |
| 1 austr. poštanska milja = = 4 000° = 7 586 m | $1{,}319\,10^{-4}$ |
| **Mere za površinu zemljišta** | |
| 1 kv. stopa = 0,099 9 $m^2 \approx 0{,}1\ m^2$ | $\approx 10{,}0$ |
| 1 kv. palac = 6,938 $cm^2$ | 0,144 1 |
| 1 kv. hvat = 3,596 652 $m^2$ | 0,278 175 4 |
| 1 jutro (lanac) (ralo) = = 1600 kv. hvati = = 0,5 754 64 ha | 1,737 73 |
| 1 dan oranja (plug) = 4 000 $m^2$ | 0,000 25 |
| 1 ralica = 2 500 $m^2$ | 0,000 4 |
| 1 dulum = 0,07 a | 14,286 |
| 1 dunum (Bosna) = 1000 $m^2$ | 0,001 |
| **Mere za zapreminu, tečnosti i zrnje** | |
| 1 kub. stopa = 0,031 6 $m^3$ | 316,4 |
| 1 kub. hvat = 6,820 992 $m^3$ | 0,146 606 2 |
| 1 vedro = akov = 40 oka = = 160 sajtlika = 1,792 kub. stopa = 56,589 l | 0,017 671 |
| 1 oka = 4 sajtlika = 1,415 l | 0,706 71 |
| 1 sajtlik = 0,354 l | 2,824 9 |
| 1 mera = 30,74 l | 0,032 53 |
| **Mere za težinu** | |
| 1 bečki cent = 100 bečkih funti = 112,012 car. funti = = 56,0060 kg | 0,017 855 |
| 1 carinski cent = 50 kg | 0,02 |
| 1 bečka funta = 32 lota = = 0,560 06 kg | 1,785 5 |
| 1 oka = 1,280 kg | 0,781 25 |
| 1 tovar = 100 oka = 128 kg | $7{,}812\,5 \cdot 10^{-3}$ |
| 1 bečki lot = 4 kventlika = = 17,5 g | 0,057 14 |
| 1 bečka marka = 280,64 g | $3{,}563\,3 \cdot 10^{-3}$ |
| 1 austrijska brodska tona = = 20 centa = 1 120,120 kg | $0{,}892\,762\,5 \cdot 10^{-3}$ |

[1]) V. i str. 240. — Za oznake mera i tegova važi ovo: Iza odnosnog slova se ne stavlja tačka. Odnosna slova treba pisati na kraju broja — a ne iznad decimalne zapete — dakle, 5,37 m a ne 5 m 37 i ne 5 m 37 cm. Odvajanje celih od decimala vrši se pomoću zapete a ne tačke. Inače zapetu ne treba upotrebljavati pri pisanju mernih brojeva mera i tegova, naročito je ne treba upotrebljavati pri razdvajanju višecifarnih brojeva. Ovo razdvajanje višecifarnih brojeva treba izvršiti odvajanjem po tri cifre — celishodnim međuprostorom — počinjući od zapete. Umesto qcm, qm itd., dozvoljeno je da se piše $cm^2$, $m^2$ itd., isto tako umesto ccm cbm itd., $cm^3$ i $m^3$ itd.

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Južna i srednja Amerika**[1] | |
| Mere za dužinu | |
| 1 vara = 3 pika = 4 palmosa = 0,835 9 m | 1,196 3 |
| 1 vara (Kolumbija) = 4 cuarta = 0,80 m | 1,25 |
| 1 vara (Čile) = 0,847 5 m | 1,18 |
| 1 vara (Ekvador) = 0,848 m | 1,18 |
| 1 yarda (Kolumbija) = 0,91 m | 1,098 9 |
| 1 legua po 3 milla = 5,572 km | 0,179 5 |
| 1 legua (Kolumbija) = 62,5 cuadra = 5 km | 0,2 |
| Mere za površinu | |
| 1 area (Kolumbija) = 10 m² | 0,1 |
| 1 fanegada (Venecuela) = = 0,698 7 ha | 1,445 6 |
| 1 fanegada (Kolumbija) = = 0,64 ha | 0,156 |
| 1 kaballeria (Kostarika) = = 40,07 ha | 0,024 9 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 cahiz po 12 fanega[2]) po 12 celeminesa = 6,66 hl | 0,150 1 |
| 1 cantara po 8 acumbra po 4 cuartilla = 16,328 l | 0,061 2 |
| 1 moyo = 2,582 6 hl | 0,387 2 |
| 1 pipa = 4,357 0 hl | 0,229 5 |
| 1 bota = 4,841 1 hl | 0,206 6 |
| 1 galon (Kolumbija) za ulje 3,78 l | 0,264 6 |
| 1 botela (Kolumbija) = 0,7 l | 1,428 6 |
| almud: kolumbiska mera za žito | |
| Mere za težinu | |
| 1 quintal po 4 arroba po 25 libre po 2 marco po 8 unca po 10 adarme = 46,009 3 kg | 2,173 47 |
| | 100 |
| 1 castellano (Kolumb. za zlato) = $^1/_{100}$ libre = 4,6 g | 0,217 3 |
| 1 tonelada = 20 quintala = = 920 kg (u Kolumbiji 1000 kg) | 0,108 674 |
| | 100 |
| 1 carga (Kolumbija) = 0,125 t | 8,0 |
| 1 quintal (Kolumbija) = 50 kg | 0,02 |
| 1 quilate (Kolumbija, za zlato i drago kamenje) = = $^1/_{2500}$ libre = 0,2 g | 5,0 |
| 1 cajon (Čile) = 64 quintala = = 2,941 t | 0,340 0 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Kanada, Donja** | |
| Engleski sistem mera | |
| Metarske mere i tegovi su dozvoljeni | |
| 1 pariska stopa = 0,324 84 m | 3,078 |
| 1 minot (žito) = 3 boisseauxa = 0,391 53 hl | 2,554 |
| **Kina** | |
| Metarske mere i tegovi pored toga predašnje | |
| Mere za dužine | |
| 1 kung-chih = 1 m; 1 shih-chih = $^1/_3$ m | |
| 1 yin (tčang) po 10 tči (covid, stopa) po 10 tsuna (panta) po 10 fena = 3,73 m | 0,268 1 |
| 1 yin po ugovoru sa Engleskom = 3,581 m | 0,279 3 |
| 1 li (milja) po 180 konaca po 10 geodetskih-covida = = 0,644 4 km | 1,551 8 |
| Mere za površinu | |
| 1 mau = 631 m² | 1,584 8 |
| 1 king = 0,245 3 ha | 1000 / 4,076 6 |
| Tkanine od svile prema težini | |
| Mere za zapreminu | |
| 1 kung-sheng i 1 shih-sheng = 1 l | |
| 1 tči žita po 10 šinga = = 1,031 hl | 0,970 8 |
| 1 sal žita po 2 hvo po 10 šinga = 1,2243 hl (žito i tečnosti uglavnom po težini) | 0,816 8 |
| Mere za težinu | |
| 1 kung-chin = 1 kg; 1 shih-chin = $^1/_2$ kg | |
| 1 pikul po 100 kättiea po 16 taela (lianga) = 60,453 kg | 1,654 2 / 100 |

[1]) U svim južno-američkim i srednjo-američkim državama uvedene su zvanično metarske mere i tegovi; pored toga upotrebljavaju se često stare mere i tegovi staro-španskog (staro-kastiljanskog) ili staro-portugalskog porekla, i sa nekim izmenama, prema tome da li su države proizašle iz španskih ili portugalskih kolonija. Podaci važe za Čile, Kolumbiju, Kostariku, Ekvador, Honduras, Nikaragvu, Salvador i Venecuelu.

[2]) Fanega često otstupa od navedene vrednosti.

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Kina** (nastavak) | |
| 1 tael po 10 mesa ili tsina po 10 condorina ili fena po 10 keša (sabeka) različit u raznim pokrajinama v. str. 1403 | |
| [za srebro (Canton) = 37,573 g] | 2,66148 |
| | 100 |
| kao haikuan tael (pri carinjenju itd.) = 37,783 g | 2,64669 |
| | 100 |
| **Korea** | |
| Mere za dužinu | |
| 1 tja = 0,52 m | 1,923 |
| 1 li = 403 m | 2,481 |
| | 1000 |
| Mere za zapreminu kao u Japanu, pored toga | |
| 1 mal = 10 tola = 100 hopa = = 0,5 hl | 2 |
| 1 hul (žito) = 1,318 2 hl | 0,759 |
| Mere za težinu kao u Japanu, pored toga | |
| 1 kann 16 nyanga = 0,608 kg | 1,645 |
| **Mađarska** | |
| MK. Metarske mere i tegovi od 1876 g. | |
| Predašnje mere i tegovi v. str. 1433 i dalje | |
| **Maroko** | |
| Metarske mere i tegovi pored toga stare | |
| Mere za dužinu | |
| 1 dhra = 8 domina = 0,571 m | 1,751 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 sahha = muhda = 57,6 l | 0,0174 |
| 1 cuba = 15 l | 0,0667 |
| Mere za težinu | |
| 1 kantar = 100 rotala (artala) = 1400 ukija = 2 500 libra = 50,8 kg | 0,0197 |
| **Meksiko** | |
| MK. Metarske mere i tegovi od 1857 g. | |
| Predašnje mere i tegovi (staro-kastiljanski) | |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Meksiko** (nastavak) | |
| Mere za dužinu | |
| 1 legua = 2 500 tresa = 5 000 vara = 4,19 km | 0,2387 |
| 1 vara = 3 piesa = 0,838 m | 1,193 |
| Mere za površinu | |
| 1 estajo (almud) = 50 kv. vara = 35,112 m² | 0,02848 |
| 1 caballeria = 12 fenegada = = 42,7593 ha | 0,0234 |
| 1 peonia nešto manje od jedne cabalerije | |
| Mere za zapreminu | |
| 1 carga = 2 fanega = 1,816 3 hl | 0,551 |
| 1 jarra = 18 cuartillosa = = 9,075 l | 0,1102 |
| 1 arrobat = 16,133 l | 0,0620 |
| 1 barril = 0,775 hl | 1,2903 |
| Mere za težinu | |
| 1 quintal = 1/30 montona = 1/3 carga = 4 arroba = = 46,006 3 kg | 0,0217 |
| 1 tona = 20 kvintala = 920 kg | 0,01100 |
| 1 carga = 1 184,025 kg | 0,00543 |
| **Mongolska NR** | |
| Metarske mere i tegovi osim toga predašnje mere | |
| Mere za dužinu | |
| 1 aldan = 5 tohoja ili chia = = 50 imagooa = 500 poona = = 1,60 m | 0,667 |
| 2 aldana = 1 khos-aldan = = 1 bosan | |
| 1 khubi = 36 aldana = 57,6 m | 0,01736 |
| Mere za površinu | |
| 1 kv. aldan = 2,56 m² | 0,391 |
| 1 urey = 360 kv. aldana = = 921,6 m² | 0,001085 |
| 1 khubari = 100 ureya = = 92 160 m² | 1,085 |
| | 10 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 du ili togo = 503,5 kub. imagooa = 10 shina = 100 alaga = 16,5 l | 0,0606 |
| 1 dan = 10 dua = 165 l | 0,00606 |
| Mere za težinu | |
| 1 chin = 16 lianga = 160 tsina = 1 600 poona = 0,6 kg | 1,667 |
| 1 poon = 10 lia = 100 houa = = 0,375 g | 2,667 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Nemačka**[1]) | |
| MK. Metarske mere i tegovi od 1872 g. Uredba o merama i tegovima od 13 decembra 1935 i izvršna uredba od 20 maja 1936, i niz dopunskih uredaba | |
| Predašnje mere i tegovi | |
| nemačkih država pored niže navedenih v. str. 1433 i dalje | |
| Mere za dužinu | |
| 1 metar (m) po 10 decimetara (dm) po 10 centimetara (cm) po 10 milimetara (mm) | |
| 1 kilometar (km) = 1000 m | |
| Milja v. str. 1434 i 1439 | 0,531 |
| 1 Faden (u Pruskoj) = 1,883 m | |
| 1 Kabel, ranije = 120 fadena, sada = 1/10 pomorske milje = 185 m | 0,54 |
| | 100 |
| Mere za površinu | |
| 1 kvadratni metar (m²) po 100 kvadratnih decimetara (dm²) po 100 kvadratnih centimetara (cm²) po 100 kvadratnih milimetara (mm²) | |
| 1 hektar (ha) po 100 ara (a) po 100 m² | |
| 1 kvadratni kilometar (km²) = = 100 ha | |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| Nemačka (nastavak) | |
| Mere za zapreminu | |
| 1 kubni metar (m³) (u nekim pokrajinama zvat ster) po 1000 kubnih decimetara (dm³) ili litara (l) (sa velikom približnošću v. niže) po 1000 kubnih centimetara (cm³) po 1000 kubnih milimetara (mm³) | |
| 1 hektolitar (hl) = 100 l | |
| 1 litar = 1,000 028 dm³ (v. str. 959) = 1000 mililitara | |
| 1 Scheffel 0,5 hl (nije više zvanična mera) | 2,0 |
| 1 Oxhoft = 2,20 hl | 0,4545 |
| 1 Stückfass po 7 1/2 Ohma = = 12,0 hl | 0,0833 |
| 1 tona (brodarska mera) = = 2,12 m³ | 0,4717 |
| Mere za težinu | |
| 1 kilogram (kg) po 1000 grama (g) po 1000 miligrama (mg) | |
| 100 grama = 1 hektogram | |
| 1 kg = 2 stara Zoll-Pfunda | 0,5 |
| 1 tona (t) ranije po 20 Zentnera = 1 000 kg | 0,001 |
| 1 Doppelzentner (dz) = 100 kg | 0,01 |
| 1 (metarski) karat = 0,2 g | 5,0 |
| 1 međunarodni karat = 0,205 1 g | 4,8757 |
| 1 Schiffslast po 2 tone = = 2 000 kg | 0,0005 |

[1]) V. i str. 240. — Za oznake mera i tegova važi ovo: Iza odnosnog slova se ne stavlja tačka. Odnosna slova treba pisati na kraju broja — a ne iznad decimalne zapete — dakle, 5,37 m, a ne 5 m 37 ili 5 m 37 cm. Odvajanje celih od decimala vrši se pomoću zapete a ne tačke. Inače zapetu ne treba upotrebljavati pri pisanju mernih brojeva mera i tegova, ne treba je upotrebljavati za razdvajanje višecifarnih brojeva. Ovo razdvajanje višecifarnih brojeva treba izvršiti odvajanjem po tri cifre — celishodnim međuprostorom — počinjući od zapete. Umesto qcm, qm itd. dozvoljeno je da se piše cm², m² itd., isto tako umesto ccm, cbm itd. cm³, m³ itd.

Mogu se baždirati (etalonirati): mere za dužinu koje odgovaraju metru ili njegovim multiplumima, ili njegovoj polovini, njegovom petom ili desetom delu; mere za zapreminu, koje odgovaraju celom i polovini kubnog metra ili hektolitra, ili multiplumima ovih mera, ili litru i merama koje ga sadrže 2-, 5-, 10-, i 20-puta, ili njegovoj polovini, 4-tom, 5-tom, 10-tom, 20-tom, 50-tom ili 100-tom delu; mere za težinu (tegovi), koje odgovaraju kilogramu, gramu ili miligramu ili merama koje ih sadrže 2-, 5-, 10-, 20- i 50 puta, ili polovini, 4-tom, 5-tom, 8-mom, i 10-tom delu kilograma i polovini, 5-tom ili 10-tom delu grama.

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Norveška** | |
| MK. Metarske mere i tegovi od 1875 g. | |
| Predašnje mere i tegovi v. str. 1433 i dalje | |
| **Palestina** | |
| Mere za dužinu | |
| 1 dhraâ = 0,75 m | 1,333 |
| 1 pik = 0,67 m | 1,493 |
| Mere za površinu | |
| 1 dunam = 9,91 a | 0,109 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 kola = 62,4 l | 0,0160 |
| 1 jawa = 20,2 l | 0,0495 |
| Mere za težinu | |
| 1 okka = 400 dirhema = = 1,248 kg | 0,801 |
| **Paragvaj** | |
| Metarske mere i tegovi | |
| Predašnje mere i tegovi (staro-španski) | |
| Mere za dužinu | |
| 1 vara = 3 piea = 0,838 m | 1,193 |
| 1 legua = 5 000 vara = = 4,192 8 km | 0,2385 |
| Mere za površinu | |
| 1 kv. legua = 1 758 ha | 5,688 |
| 1 kv. lino = 48,83 a | $10^{q}$ 0,02048 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 fanega = 12 almudesa = = 2,88 hl | 0,3472 |
| 1 pipa = 6 barrila = 5,916 ha | 0,1690 |
| Mere za težinu | |
| 1 quintal = 4 arroba = 100 libra = 45,94 kg | 0,0218 |
| **Peru** | |
| Metarske mere i tegovi od 1868 g. | |
| Predašnje mere i tegovi (staro-španski) | |
| Mere za dužinu | |
| 1 vara = 3 stope = 36 palaca = = 0,835 905 m | 1,1963 |
| 1 legua = 20 000 stopa = = 5,572 7 km | 0,1794 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Peru** (nastavak) | |
| Mere za površinu | |
| 1 kv. vara = 9 kv. stopa = = 0,698 737 $m^2$ | 1,4312 |
| 1 kv. legua = 31,054 99 $km^2$ | 0,032 209 |
| 1 fanegada = 8 topoa = 40 000 kv. vara = 2,794 9 ha | 0,3578 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 kub. stopa = 0,021 632 5 $m^3$ | 46,2267 |
| 1 zapreminska tona = = 1,518 375 $m^3$ | 0,6586 |
| 1 fanego = okr. 0,555 hl | 1,8182 |
| 1 gallon USA 3,785 4 l | 0,2642 |
| Mere za težinu | |
| 1 funta = 16 unca = 0,460 093 kg | 2,1735 |
| 1 quintal = 4 arroba = 100 funta | |
| 1 carga = 69,014 kg | 0,0145 |
| za pirinač = 0,172 535 t | 5,795 |
| 1 cajon = 60 quintala = 2,757 t | 0,3627 |
| **Poljska** | |
| Metarske mere i težine | |
| **Portugalija** | |
| MK. Metarske mere i tegovi od 1852 g. | |
| Predašnje mere i tegovi v. str. 1433 i dalje. dalje | |
| Mere za dužinu | |
| 1 covado = 0,66 m | 1,515 |
| 1 brazza = 2 vara = 10 palmosa = 2,2 m | 0,455 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 pipa (u Oportu) = 30 almuda = 5,34 hl | 0,1873 |
| Mere za težinu | |
| 1 arratel = 2 marcosa = 16 oncasa = 128 oitavosa = = 0,458 92 kg | 2,1792 |
| 1 tonelada = 13,5 quintala = =793 kg | 0,00126 |
| **Rumunija** (Moldavska = *M*, Vlaška = *V*, Dobrudža = *D*, Besarabija = *B*) | |
| MK. Metarske mere i tegovi, ranije su bile u upotrebi | |
| Mere za dužinu | |
| *V* 1 cot = 8 rupia = 16 greifa = = 0,664 m | 1,5060 |
| 1 stânjen al lui Serban Vodà = 1/3 prâjinà = 10 palme = 100 degete = = 100 linii = 1,966 5 m | 0,5085 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Rumunija** (nastavak) | |
| 1 stânjen al lui Constantin Vodă = 8 palme po 8 ili 10 degete po 10 linii = = 2,020 m | 0,4951 |
| 1 postă ≈ 10 000 stânjeni | |
| *M* 1 cot = 8 rupia = 16 grefia = = 0,637 m | 1,5699 |
| 1 cot halep = 8 rupia = 16 grefia = 0,688 m | 1,4535 |
| 1 stânjen moldovenesc = = 1/3 prăjină (različito) = = 8 palme gospodăresti = = 64 palmace po 12 linii = = 2,230 m | 0,4484 |
| 1 posta ≈ 10 000 stânjeni | |
| *V* i *M* 1 pumn = 1/8 stânjena = 2/3 palmă | |
| 1 lauc = 10 stânjena | |
| 1 funie (odgon) = 10, 20 ili 25 stânjeni piciorula (stopa), pasul (korak) neodređen | |
| *D* 1 aršin al mimarilor (constructorilor) = 24 parmacea (degeta) po 12 hatura po 12 nohtale (punturi) = = 0,758 m | 1,3193 |
| 1 aršin (cot) al bazarlui (târgului) = 8 rupia = 16 ghiraha = 0,680 m | 1,4706 |
| 1 endaze (cot mic) = 8 rupia = 16 ghiraha = 0,650 m | 1,5385 |
| *B* Ruske mere, v. str. 1423. | |
| Mere za površinu | |
| *V* 1 pogon = 24 prăjini pogonesti = 72 · 18 (1296) stânjeni pătraci = 24 · 6 (144) prăjini pătrate = 0,501 178 9 ha | 1,9953 |
| 1 pogon mic (za vinograde) = 784 stânjeni pătr. = = 0,303 18 ha | 3,2983 |
| 1 delnită = 45 stânjeni patr. | |
| 1 stânjen al lui Serban Vodă pătrat = 64 palme pătrate = 6 400 degete pătrati = 640 000 linii pătrate = 3,867 12 m² | 0,2586 |
| *M* 1 falce = 80 · 4 prăjini pătr. moldovens. = 240 · 12 (2880) stânjeni pătraci = 80 prăjini fălcesce = 1,432 195 ha | 0,6982 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Rumunija** (nastavak) | |
| 1 palma pătrată = 7,770 16 dm² | 0,1237 |
| 1 parmacu pătrat = 144 linii pătr. = 0,121 409 dm² | 8,2366 |
| 1 prâjina pogonească = = 2,088 25 a | 0,4789 |
| *D* 1 donumu = 1 600 aršini pătr, ili paši pătr. = = 9,193 02 a | 0,1088 |
| 1 parmacu (pas.) pătrat = = 9,98 cm² | 0,1002 |
| 1 hatu pătrat = 6,92 mm² | 0,1445 |
| 1 cot al bazarului pătr. = = 64 rupi pătr. = 256 ghirahe pătr. = 0,462 4 m² | 2,1626 |
| 1 cot mic pătr = 64 rupi al cotului mic pătr. = 256 ghirahe al cotului pătr. = = 0,422 5 m² | 2,3669 |
| *B* Ruske mere, v. str. 1423. | |
| Mere za zapreminu | |
| *V* 1 stânjen al lui Serban Vodă cubic = 512 palme cubice = 7,604 696 m³ | 0,1315 |
| 1 palmă cubica = 1000 degete cubice = 1 000 000 linii cubice = 14,852 9 dm³ | 0,06733 |
| *M* 1 stânjen moldovenesc cubic = 512 palme cub. po 512 palmace cub. po 1 728 linii cubice = 11,089 57 m³ | 0,09018 |
| *D* 1 aršin de Dobrogea cubic = 0,435 520 m³ | 2,2961 |
| *B* Ruske mere, v. str. 1423. | |
| Mere za šupljinu | |
| *V* 1 chila = 10 banice mari = = 20 banice mici = 400 ocale = 1 600 litre = 12 800 cinzeci = 6,792 68 hl | 0,1472 |
| 1 chilă Brăila (K. B.) = 35 banice Braila (B. B.) = = 7 hl za žito | |
| Za pretvaranje nosivosti žitnih dereglija: 1 K. B. = = 0,5 t | |
| *M* 1 chilă (u trgov. sa žitom Chilă Galati K. G.) = 2 merce = 20 dimirlii = 240 ocale = 960 litre = 1920 cinzezi = 4,300 0 hl | 0,2326 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Rumunija** (nastavak) | |
| 1 chilà = 8 banice (cuturi) = = 80 acale = 32 000 dramuri = 37,0 l | 0,0270 |
| *B* Ruske mere, v. str. 1423 | |
| Mere za tečnosti | |
| *V* 1 vadrà = 10 ocale = 40 litre = 80 cincezi = 320 ciocane po 12,5 dramuri (4000) = 15,2 l | 0,0658 |
| *M* 1 vadrà, podela kao u *V* = = 12,880 l | 0,0776 |
| *D* Tečnosti prema težini | |
| *R* Ruske mere v. str. 1423 osim toga 1 vadrà = 16 flaša (vino) = = 20 butilka = 12,299 l | 0,0813 |
| Mere za težinu | |
| *V* 1 oca (ocana) = 4 litre = 400 dramuri = 1 600 tenchiuri = 1,271 86 kg | 0,78625 |
| *M* 1 oca, podela kao u *V* = = 1,281 kg | 0,78064 |
| *D* 1 cechioa (cechioana) = 4 cântare = 176 ocale = 400 lodre = 0,225 798 t | 4,4287 |
| 1 oca (ocana) = 400 dramuri = 6 400 caraturi = = 1,282 945 kg | 0,77946 |
| *B* Ruski tegovi v. str. 1423 1 libra farmaceutică austriacă = 12 nucil = 96 drahma = 288 scrupula = 5 760 grana = 0,420 009 kg | 2,3809 |
| **Siam** | |
| Metarske mere i tegovi, pored toga | |
| Mere za dužinu | |
| 1 keup = 0,25 m | 4,0 |
| 1 sauk = 0,5 m | 2,0 |
| 1 vah = 2,0 m | 0,5 |
| 1 sen = 40 m | 0,025 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 thang = 20 kanang = 10 l | 0,1 |
| 1 tanan = 1 l | 1 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Siam** (nastavak) | |
| 1 sat = 20 l | 0,05 |
| 1 ban = 1000 l | 0,001 |
| 1 vien = 2 000 l | 0,0005 |
| Mere za težinu | |
| 1 bhara = 6 000 (6 047,54) kg | 0,167 / 1000 |
| 1 pikul (hap) = 50 tšung = = 100 taela = 60 (60,475 4) kg | 0,0167 |
| 1 catty = 80 takala = 0,60 kg | 1,67 |
| 1 carat = 0,2 g | 5 |
| **Sjedinjene Američke Države (SAD)** | |
| MK. Zvanične mere i tegovi su engleske mere i tegovi sa nekoliko izmena; v. Velika Britanija str. 1426 i dalje. Metarske mere i tegovi su dozvoljeni. | |
| Mere za dužinu | |
| Mendelhall-Order-om od 1893 utvrđen je kao osnovna mera yard (na $16^2/_3{}^\circ$) = = (3 600/3937 m = = 0,914 401 8 m (na 0°) | 1,0936 |
| 1 foot = $^1/_3$ yarda = = 0,304 800 6 m | 3,2808 |
| 1 inch = $^1/_{12}$ ft. = = 25,400 050 8 mm*) | 0,03937 |
| 1 mil = $^1/_{1000}$ incha = = 0,025 400 05 mm | 39,3701 |
| 1 hand = 4 incha = 10,160 2 cm | 0,0984 |
| 1 span = 9 incha = 22,860 04 cm | 0,0437 |
| 1 fathom = 2 yarda = = 1,828 803 6 m | 0,5468 |
| 1 pole = 5 yarda = 4,572 009 m | 0,21872 |
| 1 chain = 22 yarda = 20,116 8 m | 0,0497 |
| 1 statute mile = 8 furlonga = = 1760 yarda = 5 280 ft. = = 1,609 347 km | 0,6217 |
| 1 nautical mile = 1,854 96 km | 0,5391 |
| 1 military pace = 0,762 0 m | 1,3123 |
| Mere za površinu | |
| 1 sq. - yard = 0,836 130 78 $m^2$ | 1,1960 |
| 1 sq. - foot = 9,290 342 $dm^2$ | 0,1076 |

*) Za tehn. merenja i referentnu temperaturu 20° je 1″ = 25,400 000 mm.

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **SAD** (nastavak) | |
| 1 sq. - inch = 6,451 625 8 cm² | 0,1550 |
| 1 sq. - pole = 25 sq. - yd. = = 20,903 27 m² | 0,04784 |
| 1 acre = 160 sq. - polea = = 4 840 sq. - yd. = 40,468 7 a | 0,0247 |
| 1 section (sq. - mile) = 64 acra = 2,589 999 km² | 0,3861 |
| 1 township = 36 sectiona = = 93,239 95 km² | 0,01072 |
| circular inch, circular mil v. Velika Britanija str. 1426 | |
| Mere za zapreminu | |
| 1 cu. - yard = 27 cu. - ft. = = 0,764 572 917 m³ | 1,3079 |
| 1 cu. - fott = 1 728 cu. in. = = 28,317 013 8 dm³ | 0,035 32 |
| 1 cu. inch = 16,387 162 3 cm³ | 0,06102 |
| 1 register ton = 100 cu. ft. = = 2,831 70 m³ | 0,3532 |
| 1 ocean ton (freight ton) = = 40. cu. - ft. = 1,132 68 m³ | 0,8829 |
| 1 gallon = 4 quarta (po 0,946 36 dm³) = 8 pinta (po 0,472 18 dm³ = 32 gilla (po 0,118 30 dm³) = 231 cu. incha = 3,785 442 dm³ | 0,2642 |
| 1 bushel = 35,242 dm³ | 0,02838 |
| 1 load = 1000 quartera pšenica = 8 000 bushela = = 281,94 m³ | 0,0035 |
| pirinač, raž = 8571 bushela = = 302,06 m³ | 0,0033 |
| ječam = 10 000 bushela = = 352,42 m³ | 0,0228 |
| zob = 15 000 bushela = = 528,63 m³ | 0,0019 |
| 1 board boot (drvo) = = 1 inch · 1 sq. ft. = = 1/12 cu. ft. = 2,359 75 dm³ | 0,4238 |
| 1 St. Petersburg standard (strugano drvo) 1 980 board (b.) ft. = 165 cu. ft. = = 4,672 31 m³ | 0,2140 |
| **SAD** (nastavak) | |
| 1 cord (gorivo drvo) = = 128 cu. ft. = 3,624 58 m³ | 0,2759 |
| 1 ton (drvena građa) = = 48 cu. ft. = 1,359 22 m³ | 0,7357 |
| (prizmatična drv. građa) = 54 cu. ft. = 1,529 12 m³ | 0,6540 |
| (seno) = 100 cu. ft. = = 2,831 70 m³ | 0,3532 |
| 1 chaldron (ugalj) = 36 bushela (po 46,126 7 dm³) = = 1,660 56 m³ | 0,6022 |
| Za tečnost (1 l = = 1,000 028 dm³) | |
| 1 gallon = 4 liquid quarta (po 0,946 33 l) = 8 liquid pinta (po 0,473 17 l) = 128 fluid ounca[1]) (po 29,573 7 cm³) = = 128 · 8 fluid drama (po 3,696 7 cm³) = 231 cu. incha = = 3,785 336 l[2]) | 0,2643 |
| 1 barrel = 31,5 gallona = = 1,192 38 hl | 0,8388 |
| ili = 42 gallona = 1,589 85 hl | 0,6292 |
| ili = 50 galona = 1,892 67 hl | 0,5284 |
| 1 Indian barrel = 20 galona = = 0.757 07 hl | 1,3208 |
| 1 cask ili quarter = 32 gallona = 1,211 31 hl | 0,8255 |
| 1 can (mleko) = 10 gallona = = 0,378 53 hl | 2,6417 |
| 1 petroleum gallon = = 3,779 84 l[3]) | 0,2647 |
| 1 petroleum barrel = 42 petrol. gallona = 1,587 57 hl[3]) | 0,6299 |
| Mere za težinu | |
| 1 hundredweight (cwt.) čest0 = 4 quartera (po 11,339 81 kg) = 100 libra (lb.) = 45,359 24 kg | 0,0220 |
| 1 cental = 100 lb. | |
| 1 barrel (ribe, usoljeno meso, slanina) = 200 lbs. = 90.718 5 kg | 0,0110 |
| 1 barrel (brašno) = 196 lb. = = 88,904 kg | 0,0112 |

[1]) V. napomenu [3]) na str. 1428.

[2]) Ovaj broj pretstavlja sada važeću vrednost. On je dobiven iz engleskog Imperialgalloha, kada je ovaj sadržao 277,274 kub. palaca, i jednak je 5/6 ovoga, dakle, 227,274 · 5/6 = 231 kub. palaca. Dalje podatke v. str. 1427. Po Möller-Fernau-u mora da se računa da je američki petrolejski gallon = 5/6 engleskih petrolejskih galona, dakle, 5/6 · 276,800 kub. palaca = 230,667 kub. palaca = 5/6 · 4,535 924 l = 3,779 94 l.

[3]) Pretpostavka 1 barrel petroleuma = 42 gallone-a od 231 kub. col. = 158,989 dm³ (v. str. 1458) daje pogrešne rezultate.

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **SAD** (nastavak) | |
| 1 barrel (so) = 280 lb. = = 127,006 kg | 0,0079 |
| 1 barrel (barut) = 25 lb. = = 11,3398 kg | 0,0882 |
| 1 bushel (pšenica) = 60 lb. = = 27,215 6 kg | 0,0367 |
| 1 bushel (kukuruz, raž) = = 56 lb. = 25,401 2 kg | 0,0394 |
| 1 bushel (ječam) = 48 lb. = = 21,772 4 kg | 0,0459 |
| 1 bushel (zob) = 32 lb. = = 14,515 0 kg | 0,0689 |
| 1 bushel (usitnjena so) = = 56 lb. = 25,401 2 kg | 0,0394 |
| 1 bushel (kameni ugalj) = = 80 lb. = 36,287 4 kg | 0,027 6 |
| 1 chaldron (kameni ugalj) = = 36 bushela = 1,306 4 t | 0,7655 |
| 1 bale (pamuk) u Carolini ≈ ≈ 367 lb. ≈ 166,47 kg | 0,0060 |
| u Georgiji = 375 lb. ≈ = 170,10 kg | |
| u Alabami, Louisiani, Mississipi = 500 lb. = 226,80 kg | 0,0059 |
| 1 bale (seno) = 300 lb. = = 136,08 kg | 0,0044 |
| 1 box (plod.) = 25 lb = = 11,340 kg | 0,0073 |
| 1 keg (plod.) = 100 lb. = =45,359 2 kg | 0,0882 |
| puncheon (kukuruzno brašno) = 800 lb. = 0,362 87 t | 0,0220 |
| 1 sack (Liverpoolska so) = = 224 lb. = 0,101 60 t | 2,7558 |
| 1 tierce (seme) = 7 bushela = = 2,466 7 hl | 9,8421 |
| 1 quintal = 100 špansko-starokastiljanskih funti = = 101,433 lb. =46,009 3 kg | 0,4062 |
| dalje kao u Velikoj Britaniji, v. str. 1428, libre (pound) avoirdupois po 16 ounca, troy libre po 12 ounca, short ton po 2 000 lb., long ton po 2 240 lb., troygrain, hundredweight po 112 lb. | 0,0217 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Savez Socijalističkih Sovjetskih Republika (SSSR)** | |
| Metarske mere i tegovi | |
| Predašnja mera za dužinu: eng. stopa[1]) osim toga | |
| Mere za dužinu | |
| 1 saženj = 7 stopa ili = 3 aršina = 3 · 16 veršok-a = = 2,133 60 m | 0,4687 |
| 1 aršin = 0,711 20 m | 1,4061 |
| 1 sotka = $^1/_{100}$ saženja | |
| 1 veršok = 4,445 0 cm | 0,22497 |
| 1 rus. stopa ≈ 1 eng. stopa (palac izdeljen na 10 delova) = 0,304 800 m | 3,2808 |
| 1 djujm = $^1/_{12}$ stope = 2,540 0 m | 0,3937 |
| 1 linija = $^1/_{10}$ djujma | |
| 1 totska = $^1/_{10}$ linija | |
| 1 verst po 500 saženja = = 1,066 800 km | 0,9374 |
| 1 milja po 7 versta = = 7,467 600 km | 0,1339 |
| Mere za površinu | |
| 1 desjatina = 2 400 kv. saženja = 1,092 54 ha | 0,9152985 |
| 1 kv. verst = 1,138 06 km² | 0,8786866 |
| 1 kv. saženj = 4,552 25 m² | 0,2196716 |
| 1 kv. aršin = 0,505 805 m² | 1,977045 |
| 1 kv. veršok = 19,758 0 cm² | 0,05061235 |
| 1 kv. stopa = 9,290 30 cm² | 0,1076391 |
| 1 kv. djujm = 6,451 60 cm² | 0,1550003 |
| Lofstelle = $^1/_2$ desjatine | |
| Mere za zapreminu | |
| 1 kub. saženj = 9,172 68 m³ | 0,10296 |
| 1 kub. aršin = 0,359 729 m³ | 2,77987 |
| 1 kub. veršok = 87,824 4 cm³ | 0,011386 |
| 1 kub. stopa = 28,316 8 dm³ | 0,035315 |
| 1 kub. djujm = 16,387 1 cm³ | 0,061024 |
| 1 bočka po 40 vedra po 100 čarki = 4,919 763 5 hl | 0,2033 |
| 1 kruška (stoof) = 1,229 940 1 | 0,8130 |
| 1 četverik po 4 četverke po 2 garnice = 26,238 738 l | 0,03811 |

[1]) V. tablice pod III.

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **SSSR** (nastavak) | |
| 1 četvjert po 2 osmini po 2 pajoki po 2 četverika = = 2,099 099 1 hl | 0,4764 |
| 1 last = 16 četvjerti = = 33,585 6 hl | 0,02977 |
| 1 vedro = 10 kručka = = 12,299 409 1 | 0,081305 |
| 1 garnjec = 3,279 843 1 | 0,30489 |
| Predašnje mere za težinu | |
| 1 funta = 0,409 512 410 kg | 2,44193 |
| 1 pud po 40 funta po 32 lota po 3 solotnika po 96 dolja = 16,380 496 kg | 0,06105 |
| 1 tona po 6,2 bjerkovca po 10 puda = 1,015 5 t | 0,9847 |
| *Litvanija* | |
| Metarske mere i tegovi | |
| Predašnje mere . | |
| ruske mere i tegovi v. str. 1423 | |
| Mere za dužinu | |
| versta = verst | |
| sieksnis = saženj | |
| uolaktis = aršin | |
| verskas = veršok | |
| peda = stopa | |
| colis = palac | |
| bruksnells = djujm | |
| Mere za površinu | |
| ketvirtinis varstas = kv. verst | |
| desimtine = desjatina | |
| ketvirtinis sieksnis = kv. saženj | |
| „ uolaktis = kv. aršin | |
| „ verskas = kv. veršok | |
| „ peda = kv. stopa | |
| „ colis = kv. palac | |
| „ bruksnelis = kv. djujm | |
| Mere za zapreminu | |
| kubu sieksnis = kub. saženj | |
| „ uolaktis = kub. aršin | |
| „ verskas = kub. veršok | |
| „ peda = kub. stopa | |
| „ colis = kub. palac | |
| ketvirtis = četvjert | |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **SSSR** (nastavak) | |
| astuntoji = 0,5 ketvirtis | |
| sykelis = četverik | |
| pusastuntoji = 2 sykeliai | |
| gorcius = garnic = 2 pusgorciu | |
| kibiras = vedro | |
| bonka (stuopa) = kručka (stoof) | |
| stiklelis = 0,1 kručka | |
| Mere za težinu | |
| pudas = pud | |
| svaras = funta | |
| lotas = lot | |
| zolotnikas = zolotnik | |
| dalis = dolja | |
| **Sudan** | |
| Mere i tegovi odgovaraju, približno, egipatskim i etiopskim | |
| **Španija** | |
| Metarske mere i tegovi od 1855 g. | |
| Predašnje mere tegovi v. str. 1433 i dalje, pored toga | |
| Mere za dužinu | |
| 1 palmo = 0,209 m | 4,785 |
| Mere za površinu | |
| 1 almuda = 1/2 fanegada = = 288 kv estadate = = 0,321 978 ha | 3,106 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 arroba ulja = 12,563 1 | 0,0796 |
| 1 acumbre vina = 4 cuartillosa = 4,4 capa = 2,016 6 1 | 0,496 |
| 1 pipa ≈ 4,356 hl | 0,2296 |
| 1 bota ≈ 4,84 hl | 0,2066 |
| 1 moyo ≈ 2,58 hl | 0,3876 |
| Ove mere nemaju jedinstvenu vrednost | |
| Mere za težinu | |
| 1 marco = 8 onca = 128 adarma (1,797 2 g) = 0,230 046 5 kg | 4,347 |
| **Švajcarska** | |
| MK. Metarske mere i tegovi Predašnje mere i tegovi v. str. 1433 i dalje | |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Švedska** | |
| MK. Metarske mere i tegovi | |
| 1 mil = 10 km | 0,1 |
| Predašnje mere i tegovi | |
| v. str. 1433 i dalje, osim toga | |
| 1 famn = 3 alena = 6 fota = = 60 tuma = 1,781 4 m | 0,5114 |
| 1 ref = 10 stängera = 100 fota = = 29,69 m | 0,38208 |
| **Tripolis i Barka** | |
| 1 draâ endaseh = 0,670 m | 1,493 |
| 1 draâ arabi = 0,483 m | 2,070 |
| 1 ueba = 4 temena = 1,073 hl | 0,932 |
| 1 barila = 24 bocce = 63,39 l | 0,0158 |
| 1 cantar = 40 oka = 48,83 kg | 0,0205 |
| 1 rottel = 16 ukija = 0,488 kg | 2,049 |
| **Turska** | |
| MK. Metarske mere i tegovi m = cirai, km = myli achary, a = murrobai, hl = kilei, l = eulček | |
| Predašnje mere i tegovi v. str. 1433 i dalje, osim toga | |
| Mere za dužinu | |
| 1 ciraimimari = 24 parmaka = = 24 · 12 hata = 288 · 12 nokta = 0,757 74 m | 1,321 |
| 1 kulac = 2,5 ciraimimaria = = 1,895 m | 0,528 |
| 1 marhale = 2 brita = 2 · 4 fersaha = 8 · 3 mila = 24 · 2 500 ciraimimaria = 45,480 km | 2,199 / 100 |
| 1 carsi arsuna (aršin) = 8 urupa = 16 kerraha = 0,685 8 m | 1,458 |
| 1 endace = 8 urupa = 16 kerraha = 0,652 5 m | 1,533 |
| Mere za površinu | |
| ciraimimari = 576 kv. parmaka = 576 · 144 kv. hata = 0,574 1 m² | 1,7418 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Turska** (nastavak) | |
| 1 evlek = 400 kv. ciraimimaria = 229,75 m² | 4,3526 / 1000 |
| 1 kv. aršin = 0,470 3 m² | 2,126 |
| 1 dönum = 4 evleka = 919,3 m² | 1,0877 / 1000 |
| 1 djerib = 1 ha | |
| Mere za zapreminu | |
| 1 kile (stambulsko) = 4 sinika = 4 · 2 kutua = 8 · 2 carfa = 37 l | 2,703 / 100 |
| Mere za težinu | |
| 1 kantar = 44 oka = 56,449 58 kg | 1,7714 / 100 |
| 1 oka = 400 dirhema = 400 · 4 denka = 1,282 945 kg | 0,7795 |
| 1 denk = 4 kirata = 4 · 4 bugdaya = 0,801 906 25 g | 1,2470 |
| 1 miskal = 1,5 dirhema = = 4,811 43 g | 0,2078 |
| 1 ceki = 4 kantara = 225,798 kg | 4,4287 / 1000 |
| 1 yeni kantar = 50 kg | 0,02 |
| **Urugvaj** | |
| Metarske mere i tegovi | |
| Predašnje staro-španske mere i tegovi (nisu više dozvoljeni) | |
| Mere za dužinu | |
| 1 cuadra = 100 vara = 300 pièa = 85,9 m | 0,01164 |
| 1 legua = 5,154 km | 0,1940 |
| Mere za površinu | |
| 1 kv. legua = 26,6 km² | 0,0376 |
| Mere za zapreminu | |
| 1 fanega = 1,4 hl | 0,174 |
| 1 pipa = 4,55 hl | 0,2198 |
| 1 barril = 32 frascosa = 128 cuarta = 0,758 3 hl | 1,319 |
| 1 galon = 3,805 l | 0,2628 |
| Mere za težinu | |
| 1 quintal po 4 arroba po 25 libre = 45,94 kg | 0,02177 |
| 1 tonelada = 0,918 8 t | 1,0883 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **Velika Britanija (MK od 1884 g.)[1]** | |
| Metarske mere i tegovi su dozvoljeni | |
| Mere za dužinu | |
| 1 inch (in., palac) (deli se na 16, 12 i ili 10 delova) = = 2,539 995 6 cm*) | 0,393701 |
| 1 line = 0,1 inch | |
| 1 foot (ft.) = 12 incha = = 30,479 947 cm | 0,0328085 |
| 1 yard (yd.) = 2 cubita = = 3 ft. = 0,914 398 m | 1,093615 |
| 1 palm = 3 incha = 7,619 987 cm | 0,131234 |
| 1 span (quarter) = 9 incha = = 22,859 960 cm | 0,043746 |
| 1 nail = 2,25 incha = 5,714 990 | 0,17498 |
| 1 hand = 10 incha = 25,399 956 cm | 0,03937 |
| 1 fathom = 6 ft. = 1,828 797 m | 0,54681 |
| 1 pace military = 2,5 ft. = =0,761 999 m | 1,31234 |
| 1 pace geometrical = 5 ft. = = 1,523 997 m | 0,65617 |
| 1 land yard, različito = 3 ft., 16,5 ft., 18 ft., 21 ft. | |
| pole (perch, rod, lug) = = 5,5 yd. = 16,5 ft. = = 5,029 191 m | 0,19884 |
| 1 pole woodland = 6 yd. = = 5,486 390 m | 0,18227 |
| 1 pole plantation = 7 yd. = = 6,400 789 m | 0,15623 |
| 1 pole Cheshire = 8 yd. = = 7,315 187 m | 0,13670 |
| 1 furlong = 40 polea = 1000 linka = 10 chaina = 0,201 168 km | 4,97098 |
| 1 cable's length = 120 fathoma = 0,219 456 km | 4,55694 |
| 1 statute (british) mile = = 8 furlonga = 1760 yd. = = 5280 ft. = 1,609 341 km | 0,62137 |
| 1 obična engl. (London) mile = 5000 ft. = 1,523 997 km | 0,65703 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **V. Britanija** (nastavak) | |
| 1 nautical (geografska) mile (knot) = 6080 ft. = = 1,853 181 km**) | 0,53961 |
| 3 miles = 1 league | |
| 1 admirality mile = 6086,5 ft. = = 1,855 162 km | 0,53904 |
| Specijalne mere ili oznake za mere raznih dužina. Za sukno | |
| 1 yard = 4 quartera = 16 nailа | |
| 1 flemish ell = 3 quartera, 1 scotch ell = 37,2 in. | |
| 1 englich ell = 5 quartera; 1 french ell = 6 quartera | |
| Za predu: thread, lea, hank, spindle, slip, hasp, bundle, pack, wrap. | |
| Mere za površinu | |
| 1 square line = 6,451 572 mm² | 0,155001 |
| 1 square inch = 6,451 578 cm² | 0,155001 |
| 1 square foot = 0,092 903 m² | 10,76295 |
| 1 square yard = 0,836 124 m² | 1,19599 |
| 1 square pole (sq. perch, sq. rod, sq. lug) = 30,25 sq. yd. = = 272,25 sq. ft. = 25,293 m² | 0,039537 |
| 1 square chain = 4356 sq. ft. = = 404,684 m² | 0,002471 |
| 1 rood (fardingdeal) = = 0,25 acrea = 10,117 105 a | 0,098842 |
| 1 acre (of land) = 4 rooda = = 160 sq. polea = 4840 sq. yd. = 40,468 42 a | 0,02471 |
| 1 yard of land = 30 acrea = = 1,214 05 ha | 0,82360 |
| 1 hide of land = 100 acrea = = 40,468 42 ha | 0,02471 |
| 1 mile of land = 640 acrea = = 258,9979 ha = 2,589 979 km² | 0,38610 |
| 1 square (patosi, krovovi itd.) = 100 sq. ft. = 9,290 27 m² | 0,10764 |
| 1 circular inch = $\pi/4$ sq. inch = = 0,7854 sq. inch = = 5,067 07 cm² | 0,19735 |
| 1 circular mil = 1/1 000 000 circular inch = 0,000 506 707 mm² | 1973,5 |

[1]) V. i prethodnu napomenu na str. 1432.

*) Na 0° na osnovi uporednog merenja 1935 g. Pre 1897 g. računalo se da je 1 inch = 25,399 541 mm. Detaljnije tablice v. str. 1439 i dalje. Za industrisko merenje i referentnu temperaturu 20° je 1 inch = = 25,400 000 mm.

**) 6080 ft. je zaokrugljena srednja vrednost 60-tog dela meridijanskog i ekvatorskog stepena, pri čemu je računato da je dužina meridijana = = 40 000 km a dužina ekvatora = 5400 geogr. milja (7,4204 km). Admiralitetska milja = $1/60$ ekv. stepena = $1/4$ geogr. milje.

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **V. Britanija** (nastavak) | |
| Mere za zapreminu[1]) | |
| 1 cu. inch = 1000 cu. linea = = 16,3870 cm³ | 0,06102 |
| 1 cu. foot = 1728 cu. in. = = 28,3167 dm³ | 0,03531 |
| 1 cu. yard = 27 cu. ft. = = 0,764 551 m³ | 1,30796 |
| 1 acrefoot = 1 acre · 1 foot = = 43 560 cu. ft. = 1233,475 m³ | 0,00081 |
| 1 register ton = 100 cu. ft. = = 2,831 67 m³ | 0,35315 |
| 1 ocean (freight) ton = = 40 cu. ft. = 1,132 668 m³ | 0,88287 |
| 1 keel = 8,5 reg. tona = = 850 cu. ft. = 24,0692 m³ | 0,04155 |
| 1 Imperial gallon[1]) = 2 pottla (po 2,272 98 dm³) = 4 quarta (po 1,136 49 dm³) = 8 pinta = = 32 gilla (po 0,142 061 dm³) = = 4,545 963 dm³ | 0,21998 |
| 1 pint = 4 gilla = 0,568 245 dm³ | 1,75975 |
| 1 Imperial quarter = 2 comba (po 145,471 dm³) = 8 bushela = 32 pecka (po 9,091 93 dm³) = 64 Imp. gallona = = 290,941 63 dm³ = = 0,290 942 m³ *) | 3,43712 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **V. Britanija** (nastavak) | |
| 1 bushel = 8 Imp. gallona = 36,3677 dm³ = 36,3667 l [2]) | 0,02756 |
| 1 chaldron = 36 bushela = = 1,309 24 m³ | 0,76380 |
| 1 cu. fathom (drvo) = 216 cu. ft. = 6,116 41 m³ | 0,16350 |
| 1 St. Petersburg standard (strugana građa) = 165 cu. ft. = 4,672 26m³ | 0,21403 |
| 1 standard (tesana građa) = = 150 cu. ft. = 4,247 50 m³ | 0,23591 |
| 1 standard (oblice) = 120 cu. ft. = 3,398 00 m³ | 0,29429 |
| 1 load (ton) (sirovo drvo) = = 40 cu. ft. = 1,132 67 m³ | 0,88287 |
| 1 load (obrađeno drvo) = = 50 cu. ft. = 1,415 84 m³ | 0,70630 |
| 1 cord = 14 · 3 · 3 cu. ft. = = 126 cu. ft. = 3,567 90 m³ | 0,28028 |
| 1 cord (ogrevno drvo) 8 · 4 · 4 cu. ft. = 128 cu. ft. = = 3,624 54 m³ | 0,27590 |
| 1 stack (of wood) = 12 · 3 · 3 cu. ft. = 108 cu. ft. = = 3,058 20 m³ | 0,32700 |
| 1 serch (kamen) = 25 cu. ft. = = 0,707 92 m | 1,41260 |

[1]) 1 litar = 1,000 028 dm³, v. str. 959.

*) Iz 1898 g. Imperialgallon iz 1824 g. sadržao je 10 lb. avoirdupoisa vode. Kao zapremina računato 4,543 457 l. Engleski sistem mera i tegova pretrpeo je od tog doba više promena. Na osnovi zvaničnih merenja i uredbi, Imperialgallon iz 1873 g. sadržao je 277,510 cu. in. = 4,541 740 dm³, onaj iz 1878 g. 277,274 cu. in. = 4,543 457 dm³, onaj iz 1889 g. 277,462 cu. in. = 4,546 525 dm³, onaj iz 1898 g. 277,260 cu. in. = 4,545 963 dm³. Imperial-quarter iz 1878 g. bio je = 64 Imperialgallona iz iste godine, dakle = 290,781 44 l. Na osnovi međunarodne konvencije iznosi 1 lb. avoirdupois = 0,453 592 4 kg. Gallon iz 1878 g. sadrži, prema tome, stvarno 4,543 457 : 0,453 592 4 = 10,016 6 lb, onaj iz 1898 g. 4,545 963 : 0,453 592 4 = = 10,0221 lbs. Stara odredba, prema kojoj je Imperial-gallon trebalo da sadrži 10 lbs. vode, ne važi više, ali se ipak, uopšte, računa sa tom pogrešnom pretpostavkom, a to dovodi, pri pretvaranju tečnosti iz težine u zapreminu i obratno, do znatnih razlika, naročito ako su u pitanju velike količine, kao, na pr., kod tankera koji prevoze petroleum. Po predlogu W. Möller-Fernau-a u WRH 1929, sv. 16 treba u tom slučaju računati sa gallonom, »petroleumski gallon« zapremine 276,800 cu. in. On sadrži 10 lb. vode ili 4,535 924 l.

1 petroleum-barrel = 35 engl. petroleum-gallona = 5,6065 cu. in. = = 158,758 l str. 1458.

1 engl. tonna = 6,4000 petroleum-barrela.

1 metarska tona = 6,2989 petroleum-barrela.

[2]) Ranije je 1 bushel sadržao 35,2381 l = 1/8 starog quartera, koji je sadržao 2,819 05 hl.

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **V. Britanija** (nastavak) | |
| 1 chaldron (ugalj) = 4 quartera = 1,163 77 m³ | 0,859 28 |
| 1 keel (ugalj) = 8 Newcastle chaldrona (po 2,888 98 m³) = = 23,111 8 m³ | 0,043 27 |
| 1 vat = 3 sacka (po 109, 103 dm³) = 9 bushela = 0,327 31 m³ | 3,055 22 |
| 1 last (žito) = 2 loada (po 1,454 71 m³) = 10 quartera = = 2,909 42 m³ | 0,343 71 |
| 1 bool = 6 bushela = = 0,218 206 m³ | 4,582 83 |
| 1 strike (žito) = 2 bushela = = 72,735 4 dm³ | 0,013 75 |
| 1 cran (sveža riba) = 45 gallona = 0,204 57 m³ | 4,888 35 |
| 1 cran (usoljena riba) = 37,5 gallona = 0,170 47 m³ | 5,866 03 |
| 1 hogshead (riba) = 40 gallona = 0,181 84 m³ | 5,499 39 |
| 1 barrel (cement) = 5 bushela = 0,181 84 m³ | 5,499 39 |
| 1 dish (olovna rudača) = = 17,5910 dm³ | 0,056 85 |
| 1 load (olovna rudača) = = 0,158 32 m³ | 6,316 36 |
| Mere za tečnosti | |
| 1 tun = 2 pipe (bulte) (po 572,775 l) = 2 · 1½ puncheona (po 381,850 l) = 3 · 1⅓ hogsheada (po 286,388 l) = = 4 · 1½ tierceа (po 190,925 l) = 6 · 2⅓ runleta (po 81,825 l) = 14 · 18 Imp. gallona = 11,455 5 hl [1]) | 0,087 29 |
| 1 anker (za rakiju) = 10 gallona = 0,454 584 hl | 2,199 85 |
| 1 tun (za ale i pivo) = 2 bulte (po 490,950 l) = 2 · 1½ puncheona (po 327,300 l) = = 3 · 1⅓ hogsheada (po 245,475 l) = 4 · 1½ barela | |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **V. Britanija** (nastavak) | |
| po 163,650 l) = 6 · 2 kilderkina (po 81,827 l) = 24 firkina (po 40,914 l) = 216 Imp. gallona = 9,819 00 hl [2]) | 0,101 87 |
| 1 Imp. gallon = 4 quarta (po 1,136 46 l) = 8 pinta (po 0,568 229 l) = 4,545 836 l | 0,219 98 |
| 1 Imp. gallon kao apotekarska mera = 8 pinta = 8 · 20 fluid ounca[3]) (po 0,028 412 3 dm³) = 160 · 8 fluid drama (po 3,551 5 cm³) = = 1 280 60 minima po 0,592 cm³) = 4,545 836 l | 0,219 98 |
| 1 stari (Winchester) gallon = = 231 cu. incha = 5/6 · Imp. gallona (iz 1878 g.) = = 3,785 432 l | 0,264 24 |
| Mere za težinu | |
| 1 pound avoirdupois (libre, lb.) (trgovinski teg) = 16 ounca (oz.) = 16 · 16 = drama = 7000 troygraina = = 0,453 592 4 kg [4]) | 2,204 622 3 |
| 1 hundredweight (centweight, cwt.) = 4 quartera = = 112 lbs. = 50,802 349 kg | 0,019 68 |
| 1 long ton = 20 cwt. = 80 quartera = 2240 lb. = 1,016 047 t | 0,984 21 |
| 1 short ton (brodarska tona) = 2000 lb. = 0,907 185 t | 1,102 31 |
| 1 troy pound (za zlato, srebro, platinu, nikl, drago kamenje, lekove) = 12 troy ounca = 12 · 20 pennyweighta (po 1,555 17 g) = 240 · 24 troygraina = 0,373 241 8 kg | 2,679 23 |
| 1 quarter = 28 lb. = 12,700 59 kg | 0,078 74 |
| 1 dram = 1,7771 84 g | 0,564 38 |
| 1 troygrain = 20 mitea (po 0,003 24 g) = 20 · 24 doita (po 0,000 135 g) = 480 · 20 periota po 0,000 006 7 g) = 9600 · 24 blanka (po 2,4 · 10⁻⁷ g) = = 0,064 798 9 g | 15,4324 |

[1]) Ranije je 1 tun sadržao 953,898 l = 252 Winchester gallona.
[2]) Ranije je 1 tun za ale (engl. pivo) sadržao 887,237 l, za pivo = = 998.142 l.
[3]) Od 1836 g. je 1 pint = 20 fluid ounca, ranije je bilo 1 pint = 16 uncia in measure ili fluid ounca. Ova podela za pint zadržana je u SAD.
[4]) To je međunarodno utvrđena vrednost za englesku funtu.

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **V. Britanija** (nastavak) | |
| 1 troy pound (probni tegovi za zlato) = 24 carata (po 15,551 7 g) = 24 · 4 graina (po 3,887 94 g) = 96 · 4 quarta (po 0,971 98 g) = 0,373 241 8 kg | 2,679 23 |
| 1 ounce avoird. = $^1/_{16}$ lb. avoird. = 28,349 53 g | 0,035 27 |
| 1 troy ounce = $^1/_{12}$ tr. lb. = = 31,103 479 g | 0,032 15 |
| 1 troy ounce kao apotekarski teg = 8 drachma (po 3,887 94 g) = 8 · 3 scruplea (po 1,295 98 g) = 24 · 20 troy-graina = 31,103 479 g | 0,032 15 |
| 1 carat za drago kamenje = 4 graina (po 0,0513 g) = = 0,2053 g | 4,870 9 |
| 1 stone = 14 lb. (za zob i slično) = 6,350 29 kg = 8 lb. (za meso, ribu u Londonu); za lan u Belfastu 16,75 lb., u Down patrick 24 lb. | |
| 1 quintal (drvo, so i slično) = = 100 lb. = 45,359 24 kg | 0,022 05 |
| 1 last (vuna) = 12 sacks (po 165,108 kg) = 24 weya (po 82,553 8 kg) = 156 toda (quartera) = 312 stonea = 624 clovea (po 3,175 15 kg) = = 4368 lb. = 1,982 19 t | 0,504 72 |
| 1 pack (vuna) = 12 swrea (po 9,071 85 kg) = 240 lb. = = 108,862 kg | 0,009 19 |
| 1 ship load (kameni ugalj) = = 20 Newcastle keela = 160 Newcastle chaldrona (po 2,692 52 t) = 320 corda (po 1,346 26 t) = 320 · 159 pecka (po 8,467 06 kg) = 430,804 t | 0,002 32 |
| 1 score (kameni ugalj) = 21 London chaldrona (po 1,219 25 t) = 84 vata (po = 304,814 kg) = 84 · 3 sacka (po 101,605 kg) = 252 · 3 coal bushela (po 33,868 kg) = = 756 · 4 pecka = 25,604 38 t | 0,039 06 |
| 1 Newcastle keel (kameni ugalj) = 8 Newcastle chaldrona = 8 · 53 cwt. = = 21,540 2 t | 0,046 42 |
| 1 keel (kameni ugalj) = 16 London chaldrona = = 384 cwt. = 19,508 1 t | 0,051 26 |

| Zemlja | 1/n |
|---|---|
| **V. Britanija** (nastavak) | |
| 1 barrel (žito, kukuruzno brašno) = 196 lb. = 88,904 1 kg | 0,011 25 |
| 1 barrel (potaša) = 200 lb. = = 90,718 5 kg | 0,011 02 |
| 1 barrel (barut) = 100 lb. = = 45,359 2 kg | 0,022 05 |
| 1 bushel (žito) u Londonu = = 60 lb. = 27,215 5 kg | 0,036 74 |
| 1 bushel (žito) = i 168 lb. = = 76,203 5 kg | 0,013 12 |
| i 488 lb. = 221,353 kg | 0 004 52 |
| 1 bushel (so u komadima) = = 65 lb. = 29,483 5 kg | 0,033 92 |
| 1 peck (so) = 14 lb. = = 6,350 3 kg | 0,157 47 |
| 1 tub (čaj) = 60 lb. = = 27,215 5 kg | 0,036 74 |
| 1 chest (čaj) = 84 lb. = = 38,101 8 kg | 0,026 25 |
| 1 firkin (meki sapun) = = 64 lb. = 29,029 9 kg | 0,034 45 |
| 1 sack (bag) (pirinač) = = 168 lb. = 76,203 5 kg | 0,013 12 |
| 1 sack (pšenično brašno) = = 280 lb. = 127,005 9 kg | 0,006 40 |
| 1 boll (zobno brašno) = = 140 lb = 63,502 9 kg | 0,015 75 |
| 1 fodder (ton) (olovo) u Londonu = 19,5 cwt. = 0,990 6 t | 1,000 10 |
| u Newcastleu = 21 cwt. = = 1,066 8 t | 0,937 34 |
| u Stocktonu = 22 cwt. = = 1,1177 t | 0,894 75 |
| 1 roll (olovo) = 20 cwt. = = 1,0160 t | 0,984 21 |
| 1 foster (olovo) = 28 cwt. = = 1,4225 t | 0,703 00 |
| 1 faggot (čelik) = 120 lb. = = 54,431 1 kg | 0,018 37 |
| 1 slam (staklo) = 120 lb. = = 54,431 1 kg | 0,018 37 |
| 1 foot (kalaj) = 60 lb. = = 27,215 5 kg | 0,036 74 |
| 1 truss (slama) = 36 lb. = = 16,3293 kg | 0,061 24 |
| 1 load = 36 trussea | |
| za slamu = 587,856 kg | 0,001 70 |
| za staro seno = 914,444 kg | 0,001 09 |
| za novo seno = 979,760 kg | 0,001 02 |

# Astronomske konstante i podaci

1 svetlosna godina = $9{,}5 \cdot 10^{12}$ km,
1 parces ili zvezdana daljina = 3,25 svetlosnih godina,
1 siderička godina = 365,256 73 dana,
1 tropska godina = 365,242 22 dana,
1 građanska godina = 365, odnosno 366 dana.

Vreme Mesečeva obilaska oko Zemlje = 27,321 66 dana (siderički mesec),
odnosno = 27,321 58 dana (tropski mesec),
(sinodički mesec = 29,530 59 dana, drakonitički mesec = 27,212 22 dana),

1 srednji sunčani dan = 1,002 737 9 zvezdanih dana = 24 h 3 m 56,555 s,
1 zvezdani dan = 0,997 269 6 srednjih sunčanih dana = 23 h 56 min 4,091 s,
1 dan = 24 h = 1 440 min = 86 400 s.

Srednji nagib ekliptike (sadašnji) = 23° 27′ 15″.

| | Sunce | Zemlja | Mesec |
|---|---|---|---|
| Poluprečnik km | 695 500 | 6377,397 155<br>ekvatorska poluosa[1])<br>6 356,079<br>polarna poluosa[1])<br>6 370<br>kugle[1])<br>$509{,}95 \cdot 10^6$ [3]) | 1 140 |
| Površina . $km^2$ | $6\,078\,700 \cdot 10^6$ | srednji poluprečnik elipsoid | 38 · $10^6$ |
| Zapremina $km^3$ | $1\,409\,300 \cdot 10^{12}$ | $1{,}082\,841 \cdot 10^{12}$<br>(elipsoid) | 22 067 · $10^6$ |
| Specifič. tež. $kg/dm^3$ | 1,51 | 5,52 (5,56)[2]) | 3,35 |
| Težina[4]) . . t | $213\,150\,000 \cdot 10^{18}$ | $5\,977 \cdot 10^{18}$ | $74 \cdot 10^{18}$ |
| Otstojanje od Zemlje km | $149{,}5 \cdot 10^6$ | od najbliže zvezde nekretnice $43 \cdot 10^{12}$ | 384 420 |

Periferija Zemljine putanje oko Sunca = 939 120 000 km.
Srednja brzina kretanja Zemlje oko Sunca = 29,77 km/s,
Obim Zemljina ekvatora = 40 070,364 km.
Dužina Zemljina meridijanskog kvadranta (po Bessel-u) = 10 000,856 km[1]).
Brzina obrtanja tačke na Zemljinoj površini = 465 cos φ m/s (φ-geografska širina)
,, ,, ,, na ekvatoru = 465 m/s,
,, ,, ,, u južnoj Nemačkoj ≈ 308 m/s.
,, ,, ,, u severnoj Nemačkoj ≈ 267 m/s,
,, ,, ,, na polu = 0 m/s.
1 ekvatorski stepen = 111,306 58 km,
1 meridijanski stepen (prosečno) = 111,120 6 km,
1 geografska milja = $^1/_{15}$ ekv. stepen = 7 420,438 5 m,
1 nemačka milja = 1 meridijanskoj minuti = 1 852,01 m (v. str. 1439).
Ubrzanje Zemljine teže $g = 9{,}780\,490 \cdot (1 + 0{,}005\,288\,4 \sin^2 \varphi - 0{,}000\,005\,9 \sin^2 2\varphi)$ m/s$^2$,
Geotermički gradijent = 1° za 25 do 35 m dubine.

[1]) Po Bessel-u. Na osnovi najnovijih premeravanja Helmert-a i Hayford-a (v. Wellisch u Mitt. a. d. Markscheidewesen 1918. I/II. str. 1 do 16) poluose elipsoda iznose 6 356,896 i 6 378,372 km, a srednji poluprečnik kugle 6 371,213 km. Prema tome je meridijanski kvadrant = 10 002 263 m i prametar je za 0,23 mm kraći od 10 000 000-tog dela meridijanskog kvadranta.

[2]) Podaci otstupaju v. str. 959.

[3]) $146 \cdot 10^6$ kopno, $364 \cdot 10^6$ more.

# Časovne zone

Greenwich-ko ili svetsko vreme, istovremeno zapadno-evropsko vreme = mesnom greenwich-kom vremenu ili vremenu nultog meridijana (Englesko letnje vreme = srednje-evropskom vremenu). Srednje-evropsko vreme = mesnom vremenu na 15 step. istočne geogr. dužine. Dakle, srednje-evropsko vreme jednako je u istom trenutku greenwich-kom vremenu + 1 čas. Nemačko letnje vreme (1940 g. od 1 aprila do 6 oktobra) časovnici su pomereni unapred za 1 h prema zvaničnom vremenu. Istočno-evropsko vreme = mesnom vremenu na 30 step. istoč. geogr. dužine, jednako je, u istom trenutku, grennwich-kom vremenu + 2 časa. Područje Sjedinjenih Američkih Država (U S A) izdeljeno je na pet časovnih zona u kojima časovnici, u istom trenutku, pokazuju 4, 5, 6, 7 i 8 časa manje od časovnika u zapadno-evropskoj zoni.

Razlika između mesnog vremena i srednje-evropskog vremena u h

(Mesno vreme prednjači: +, mesno vreme zaostaje: —)

| Mesto | | h | min | s | Mesto | | h | min | s | Mesto | | h | min | s |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aachen | — | 0 | 35 | 42 | Dorpat | + | 0 | 46 | 53 | Paris | — | 0 | 50 | 39 |
| Adelaide | + | 8 | 4 | 20 | Genova | — | 0 | 24 | 19 | Peking | + | 6 | 45 | 53 |
| Amsterdam | — | 0 | 40 | 11 | Grennwich | — | 1 | 0 | 0 | Phildelphia | — | 6 | 0 | 38 |
| Antwerpen | — | 0 | 42 | 23 | Havanna | — | 6 | 29 | 55 | Riga | + | 0 | 36 | 28 |
| Atina | + | 0 | 34 | 53 | Helsinki | + | 0 | 39 | 49 | Rio de Janeiro | — | 3 | 52 | 41 |
| Bahija | — | 3 | 33 | 58 | Honkong | + | 6 | 36 | 42 | Roma | — | 0 | 10 | 5 |
| Bangkok | + | 5 | 42 | 4 | Kairo | + | 1 | 5 | 9 | San Francisco | — | 9 | 9 | 43 |
| Barcelona | — | 0 | 51 | 25 | Kalkutta | + | 4 | 53 | 19 | Sansibar | + | 1 | 36 | 46 |
| Batavija | + | 6 | 7 | 33 | Leningrad | + | 1 | 1 | 11 | Singapore | + | 5 | 55 | 25 |
| Bejrut | + | 1 | 21 | 56 | Lissabon | — | 1 | 36 | 45 | Stockholm | + | 0 | 12 | 14 |
| Beograd | + | 0 | 22 | 3 | London | — | 1 | 0 | 37 | Sydney | + | 9 | 4 | 50 |
| Bern | — | 0 | 30 | 14 | Madrid | — | 1 | 14 | 45 | Šangaj | + | 7 | 5 | 57 |
| Bombaj | + | 3 | 51 | 16 | Manila | + | 7 | 3 | 50 | Tilsit | + | 0 | 27 | 39 |
| Bruxelles | — | 0 | 42 | 31 | Melbourne | + | 8 | 39 | 54 | Valparaiso | — | 5 | 46 | 34 |
| Budapest | + | 0 | 16 | 15 | Mexiko | — | 7 | 36 | 27 | Varšava | + | 0 | 24 | 7 |
| Buenos Aires | — | 4 | 53 | 29 | Milano | — | 0 | 23 | 14 | Washington | — | 6 | 8 | 16 |
| Bukarest | + | 0 | 44 | 27 | Moskva | + | 1 | 30 | 17 | Wien (Beč) | + | 0 | 5 | 21 |
| Capetown | + | 0 | 13 | 55 | New York | — | 5 | 55 | 54 | Yokohama | + | 8 | 18 | 53 |
| Carigrad | + | 0 | 55 | 56 | Odesa | + | 1 | 3 | 2 | | | | | |
| Čikago | — | 6 | 50 | 27 | Oslo | — | 0 | 17 | 6 | | | | | |
| | | | | | Panama | — | 6 | 18 | 9 | | | | | |

Datumska granica za pomorce na 180 step. geogr. duž. Pri plovidbi ka zapadu pomorci povećavaju datum za 1 i uzimaju naredni sedmični dan; pri plovidbi ka istoku stavljaju i narednog dana isti datum i sedmični dan.

# Mineraloške skale tvrdoće

**Mohs-ova:** 1. talk, 2. gips (ili kamena so), 3. kalcit, 4. fluorit, 5. apatit, 6. feldspat, 7. kvarc, 8. topaz, 9. korund, 10. dijamant.

**Breithaupt-ova:** 1. talk, 2. gips, 3. liskun, 4. kalcit, 5. fluorit, 6. apatit, 7. amfibol, 8. feldspat, 9. kvarc, 10. topaz, 11. korund, 12. dijamant.

# III. Tablice za upoređivanje i pretvaranje jedinica mera i tegova

## Prethodna napomena o engleskoj i američkoj stopi

Engleska zakonska jedinica dužine je Imperial Standard Yard. Ona je određena otstojanjem belega na bronzanom štapu koji se čuva u zgradi parlamenta u Londonu, na 62° F (= $16^2/_3$° C). U određenim vremenskim razmacima upoređuje se ta dužina sa dužinom metra. Pri upoređenju 1935 g. izmereno je da dužina engleskog palca (cola) iznosi 25,399 956 mm*), čemu odgovara dužina yarda = 0,914 398 416 m.

Severo-američki yard bio je prvobitno kopija engleskog Imperial Standard Yard-a. Ali, od 1839 g., on je, na osnovi Mendenhall-Order-a, doveden u stalan odnos sa metrom. On je = (3 600/3 937 m = = 0,914 401 8 m. Američki palac je prema tome = 25,400 051 mm**). Kada se merenje vrši pomoću svetlosnih talasa pri 20° i 1 Atm a koristi svetlo žuto-zelene kripton linije (talasna dužina = 0,564 959 24 μ), dobiva se da je engleski yard = 1 618 521,04 talasnih dužina, a američki yard = 1 618 527,08. Kada se koristi svetlo crvene kadmijum linije (talasna dužina = 0,643 847 2 μ), dobiva se da je engleski yard = 1 420 210,24 talasnih dužina, a američki yard = 1 420 216,12.

Za industriska merenja i referentnu temperaturu od 20° C usvojeno je da je engleski i američki col = 25,400 000 mm. Za ovu brojnu vrednost i referentnu temperaturu od 20° izdao je »Deutscher Normenausschuss« DIN-listove 4890, 4892 i 4893***).

Tablice za pretvaranje engleskih stopa, date na str. 1439 i dalje, izračunate su sa tačnom vrednošću 1″ = 25,399 956 mm. Kada se vrednosti u ovim tablicama koriste za pretvaranje engleskih palaca, stopa, yarda itd. u američke mere treba ih pomnožiti:

| pri pretvaranju | dužina | površina | zapremina |
|---|---|---|---|
| američ. mera u metarske mere sa | 1,000 003 74 | 1,000 007 48 | 1,000 011 22 |
| metarskih mera u američ. mere sa | 0,999 996 26 | 0,999 992 52 | 0,999 988 78 |

Američke mere za težinu jednake su engleskim. Opšte priznat koeficijent za pretvaranje funte: 1 kg = 2,204 622 3 lb.

Nasuprot tome, američke mere za zapreminu (šupljinu) otstupaju od engleskih v. str. 1422.

---

*) Koeficijent za pretvaranje engl. cola može se, sa velikom približnošću, izraziti razlomkom:

1″ engl. = (11 590/4 563) cm = 2,539 995 $6_{17}$ cm = $19 \cdot 61 \cdot 100/(13 \cdot 13 \cdot 27)$ cm.

**) Koeficijent za pretvaranje američkog palca može se, sa velikom približnošću, izraziti razlomkom:

1″ amer. = (10 000/3 937) cm = 2,540 $050_{80}$ cm = $100 \cdot 100/(31 \cdot 127)$ cm.

***) Za istu vrednost palca (cola)« 1″ = 25,400 000 mm izdala je 1930 g. British Standard Institution (BSI) standard tablice No. 350, a American Standards Association (1933 g.) (ASA) standard tablice B 38 1.

## Tablica 1

**Nemetarske i predašnje mere za dužinu i težinu evropskih zemalja[1]) [2])**
(Engleske str. 1426 i 1439 i dalje; francuske str. 1410; ruske str. 1423, 1446 i dalje; USA str. 1421)

**Stope**

(′ oznake za stopu, ″ za palac (col). Sa ‴ (linija) označuje se u duodecimalnom sistemu 12-ti deo palca, u decimalnom sistemu 10-ti deo palca, u belgijskom sistemu 11-ti deo palca)

| | Col *) | Stopa | Kv. stopa | Kub. stopa | | Col *) | Stopa | Kv. stopa | Kub. stopa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | dm | $dm^2$ | $dm^3$ | | | dm | $dm^2$ | $dm^3$ |
| Bavarska . . . | 12 | 2,8879 | 8,3400 | 24,085 | Braunschweig . | | 2,8536 | 8,1430 | 23,237 |
| ,, München | 12 | 2,9185 | 8,5176 | 24,859 | Sachsen-Coburg . . . | | 3,040 | 9,2416 | 28,094 |
| Hannover . . . | | 2,9220 | 8,5381 | 24,948 | Hamburg . . . | | 2,8649 | 8,2077 | 23,514 |
| Pruska (Rajnska) | 12 | 3,1385 | 9,8504 | 30,915 | Lübeck . . . . | | 2,9032 | 8,4286 | 24,470 |
| Austrija . . . | 12 | 3,1603 | 9,9907 | 31,578 | Bremen . . . . | | 2,8920 | 8,3637 | 24,188 |
| Saksonska (kralj.) . . . | 12 | 2,8317 | 8,0185 | 22,706 | Frankfurt/M . . | | 2,8649 | 8,2077 | 23,514 |
| Württemberg . | 10 | 2,865 | 8,2082 | 23,517 | Belgija . . . . | 11 | 2,8680 | 8,2254 | 23,591 |
| Baden . . . . | 10 | 3,000 | 9,0000 | 27,000 | Danska . . . . | 12 | 3,1335 | 9,8504 | 30,915 |
| Hessen (Vel. herc.) . | | 2,500 | 6,2500 | 15,625 | Holandija Amsterdam . | | 2,8356 | 8,0406 | 22,800 |
| Hessen (Kurf. knež.) . | | 2,87 | 8,2369 | 23,640 | Mađarska . . . | 12 | 3,1608 | 9,9907 | 31,578 |
| Mecklenb.-Schwerin . . | | 2,9077 | 8,4547 | 24,585 | Norveška . . . | 12 | 3,138 | 9,8470 | 0,900 |
| Mecklenb-Strelitz . . . | | 3,1385 | 9,8502 | 30,915 | Portugalija (Palmo) . . . | | 2,20 | 4,840 | 10,648 |
| Oldenburg . . | | 2,9588 | 8,7545 | 25,903 | Rumunija (str. 1419) (Palme) | | | | |
| Sachsen-Weimar | | 2,8198 | 7,9513 | 22,421 | Moldavska . . | | 2,7875 | 6,3158 | 21,659 |
| Anhalt, kao Pruska | | | | | Vlaška . . . | 8 | 2,525 | 6,3756 | 16,098 |
| | | | | | Španija . . . . | 12 | 2,783 | 7,7451 | 21,555 |
| | | | | | Švajcarska . . | 10 | 3,0000 | 9,0000 | 27,000 |
| | | | | | Švedska . . . | 10 | 2,969 | 8,8150 | 26,172 |

osim toga (oko 1850 g.) (u dm):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ansbach | 2,0934 | Heidelberg | 2,7690 | Nürnberg | 3,0427 | Rostock | 2,8920 |
| Augsburg | 2,9616 | Hildesheim | 2,8073 | Osnabrück | 2,7915 | Rotterdam | 3,1209 |
| Calenberg | 2,9136 | Holstein | 3,0173 | Praha | 3,0138 | Strassburg | 2,8920 |
| Genf | 4,8793 | Mannheim | 2,9021 | Regensburg | 3,1356 | Bruxelles | 2,7575 |
| Haag | 3,2433 | | | | | | |

*) ili palac

**Laktovi (Ellen)** (u cm)

(E. = lakat, Al.=Alen, Au. = Aune, Ar. = aršin, C. = cot, P. = pick, V. = vara.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bavarska, E. | 83,30 | Anhalt, E. | 66,69 | Island, Al. | 57,11 | Mađarska, E. | 77,76 |
| Hannover, E. | 58,42 | Braunschweig, E. | 57,8 | Jugoslavija, Ar. | 68,58 | Norveška, Al. | 62,75 |
| Pruska, E. | 66,69 | Sachs.-Coburg, E. | 60,80 | Holand.-Amst., E | 68,7 | Portugalija, V. | 110,0 |
| Austrija, E. | 77,76 | Hamburg, E. | 57,31 | Brabanski E. u | | Rumunija | |
| Saksonska, E. | 56,64 | Lübeck, E. | 58,2 | Holandiji | 68,56 | Moldavska, C. | 63,7 |
| Württemberg, E. | 61,42 | Bremen, E. | 57,84 | Bruxelles | 69,5 | Vlaška, C. | 66,4 |
| Baden, E. | 60,00 | Frankfurt/M., E. | 54,73 | Aachen | 68,02 | Dobrudža, Ar. | 68,0 |
| Hess.-Darmst., E. | 60,00 | Belgija, Au. | 69,5 | Bremen | 69,44 | Španija, V. | 83,5 |
| Hessen-Nass., E. | 57,00 | Bugarska, Ar. | | Frankfurt/M. | 69,92 | Madrid | 84,3 |
| Mecklenburg, E. | 57,31 | zidarski ar. | 75,8 | Hamburg | 69,14 | Švajcarska, E. | 60,00 |
| Oldenburg, E. | 58,09 | krojački ar. | 68,0 | Leipzig | 68,56 | Švedska, Al. | 59,38 |
| Sachs.-Weim., E. | 56,40 | Danska, Al. | 62,77 | Danzig | 68,2 | Turska, Ar. | 68,58 |

[1]) Iako su nemetarske mere za dužinu i težinu zakonski uvedene u većini država, ipak narod, naročito na selu, još mnogo upotrebljava predašnje mere za dužinu i težinu.

[2]) O probnim tegovima v. Kögler: Taschenbuch f. Berg- u. Hüttenleute, 2 izd., Berlin 1929, Ernst & Sohn, str. 953.

## Rute (u m)

(r. = Rute, k = Klafter (hvat), Stä. = Stänger, st. = stânjen, p. = perche, ku. = kulac)

| | Stopa | Ruta | Kv. ruta |
|---|---|---|---|
| | | m | m² |
| Bavarska r. . . | 10 s. | 2,9186 | 8,5181 |
| Pruska r.[1]) . . | 12 s. | 3,7662 | 14,185 |
| Austrijski k. . | 6 s. | 1,8965 | 3,5967 |
| Saksonska r. . | 15 1/6 s. | 4,2950 | 18,447 |
| Württemberg-ška r. . . . . | 10 r. | 2,8649 | 8,2077 |
| Badenska r. . . | 10 s. | 3,0000 | 9,0000 |
| Hessenski k. . . | | 2,0000 | 4,0000 |
| Mecklenburg-Schwerin. r. . | | 4,656 | 21,678 |
| Meckl.-Strel. Graben r. . . | 16 s. | 5,022 | — |
| Oldenburg-ška nova r. . . . | 18 s. | 5,326 | 28,366 |
| Sachsen-Weimarska r. | | 5,676 | 32,227 |
| Anhaltska r. . . | 12 s. | 3,7662 | 14,185 |
| Belgijski p. . . | 20 s. | 5,7360 | 22,902 |
| Danska r. . . . | 10 s. | 3,1385 | 9,8502 |
| Mađarski k. . . | 6 s. | 1,8965 | 3,5967 |
| Rumunija (str. 1419) prâjina 3 st. | | | |
| Moldavski st. | 8 pa.[2]) | 2,230 | 4,9729 |
| Vlaški st. . . | 10 pa. | 1,9663 | 3,8771 |
| Švajcarska r. . | 10 s. | 3,0000 | 9,0000 |
| Švedski Stä . . | 10 s. | 2,969 | 8,8150 |
| Turski ku. . . | 2,5 c.[2]) | 1,895 | 3,5910 |

[1]) 1 k = 108 kub. stopa = 3,339 m³. — [2]) pa. = palme, c. = ciraimimari. Schachtruten (rudarske r.): Austrija: 100 kub. stopa = 3,1579 m³, Pruska: 144 kub.stopa = 4,452 m³.

## Milje (u km)

1 ekv. stepen = 111,307 km. Meridijanski kvadrant prema Bessel-u = = 10 000 856 m*). 1 meridijanski stepen prosečno = 1/90-tom delu meridijanskog kvadranta = 60 pomorskih milja = 111,120 6 km. 1 geografska milja = = 1/15-tom delu ekv. stepena = 7,420 438 54 km. 1 kvadratna geografska milja = 55,062 91 km².

| | |
|---|---|
| Severo-nemačka milja od 1868 g. . . . . | 7,5000 |
| Nemačka pomorska milja (v. str. 1439) = 1/60 meridijanskog stepena . . . . . | 1,85201 |
| Bavarska milja . . . . . | 7,4204 |
| Hannoverska milja . . . . . | 7,419 |
| Austrijska milja = 24 000 stopa | 7,5859 |
| Pruska milja = 24 000 stopa . | 7,5325 |
| Saksonska poštanska milja . | 7,5000 |
| Württemberška milja = 26 000 stopa . . . . . | 7,4487 |
| Badenska milja = 29 629,6 stopa . . . . . | 8,8889 |
| Hesenska milja . . . . . | 7,5000 |
| Oldenburška milja = 30 000 stopa . . . . . | 8,8764 |
| Sachsen-Weimar-ska milja . | 7,3630 |
| Anhalt-ovska milja = 24 000 stopa . . . . . | 7,5325 |
| Belgijski Mille = 20 000 rajnskih stopa . . . . . | 6,2771 |
| Belgiska poštanska milja . . | 7,8000 |
| Danska milja = 24 000 rajnskih stopa . . . . . | 7,5325 |
| Engleska v. str. 1426, 1440 . . | |
| Francuska Lieue commune = = 1/25 ekv. stepena | 4,4523 |
| ,, Lieue moyenne = = 1/25 ekv. stepena | 5,0088 |
| ,, Lieue nouvelle . . | 4,0000 |
| ,, L. de poste = 2/57 ekv. stepena . . . | 3,9005 |
| ,, L. de poste = 2000 toise . . . . . | 3,8981 |
| ,, L. de poste = 2200 toise . . . . . | 4,2879 |
| L. marine = 1/20 ekv. stepena . . | 5,5653 |
| ,, L. marine = = (10 000/5 400) km | 1,85185 |
| ,, Mille marin | 1,8551 |
| Grčka milja . . . . . | 10,0000 |

*) V. napomenu [1]) na str. 1430

## Milje (u km) (nastavak)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Italija, napuljska milja = 1/60 ekv. step. | 1,8551 | Portugalska legua nova | 5,0000 |
| ,, rimski miglio | 1,4879 | Rumunska milja = 4 000 stanjeni | 7,8485 |
| ,, lombardijska milja | 1,7845 | Ruska milja = 7 verst | 8,4676 |
| Jugoslavija, agač | 5,0010 | Španska legua antigua | 5,5727 |
| Holandija, Uure = 1/20 ekv. step. | 5,5653 | ,, legua nueva | 6,6872 |
| Mađarska milja | 8,3536 | Švajcarska Wegstunde (čas hoda) = 16 000 stopa | 4,8000 |
| Norveška milja = 36 000 stopa | 11,2955 | Švedska milja = 36 000 stopa | 10,6884 |
| Portugalska milha | 2,0656 | Turska, agač | 5,010 |
| ,, legua | 6,197 | | |

## Mere za površinu zemljišta (u ha)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Bavarska, Tagewerk = 400 kv. r. | 0,3407 | Danska, tona zemljišta = = 560 kv. r. | 0,5516 |
| Austrija, bečko jutro = =1 600 kv. hvata | 0,5755 | Francuska, v. str. 1412 | |
| Pruska, Morgen (jutro) = = 180 kv. r. | 0,2553 | Grčka, stremma | 0,1000 |
| Saksonska, Acker = 2 Morg. = = 300 kv. r. | 0,5534 | Jugoslavija, lanac | 0,5755 |
| Württemberg, Morgen = = 384 kv. r. | 0,3152 | Holandija, Bunder = 100 kv. r. | 1,0000 |
| Baden, Morgen = 400 kv. r. | 0,3600 | Amsterdam, Morgen | 0,8563 |
| Hessen Kurf., Acker = 150 kv. r. | 0,2386 | Mađarska, mađ. jutro = = 1 200 kv. hv. | 0,4316 |
| Sachsen-Weimar, Acker = = 140 kv. r. | 0,2350 | Norveška, tona = 40 000 kv. stopa | 0,3937 |
| Sachsen-Altenburg, Acker = = 200 kv. r. | 0,6443 | Portugalija, geira | 0,5896 |
| Sachsen-Gotha, Acker = = 140 kv. r. | 0,2270 | Rumunija v. i str. 1420 | |
| Sachsen-Koburg Acker = = 160 kv. r. | 0,2898 | Dobrudža, donumu | 0,0919 |
| Sachsen-Meiningen, Acker = = 160 kv. r. | 0,2898 | Moldavska, falce = 80 pràjini fàlc. | 1,4321 |
| Bečki Joch (jutro) = 1500 kv. hvata | 0,5755 | Vlaška, pogon = 24 pràjini pog. | 0,5012 |
| Belgija, Bonnier = 400 perches carées | 1,316 | Rusija, v. str. 1423, 1451 | |
| Češka, jutro = 1/30 lana = = 1600 kv. hv. | 0,5755 | Španija, fanegada = 576 kv. estadalesa | 0,6440 |
| Bugarska, dulum (uvrat) | 0,0919 | Švajcarska, Juchart (arpent) = 40 000 kv. stopa | 0,3600 |
| | | Švedska, tona zemljišta = 2 = 2 spanlanda = 32 kapplanda = 112 kannlanda = = 56 000 kv. stopa | 0,4936 |
| | | Turska, dönum = 4 evika | 0,0919 |
| | | V. Britanija v. str. 1426, 1449 | |

## Mere za tečnosti (u l)

| | |
|---|---|
| Bavarska, Masskanne = $^1/_{64}$ Eimera = 0,043 kub. stopa | 1,0691 |
| Visiereimer | 68,418 |
| Hannover, Kanne = $^1/_8$ Ohma | 1,9470 |
| Austrija, bečki Mass = = $^1/_{40}$ Eimera = 0,0448 kub. stopa | 1,4150 |
| Pruska, Quart = 64 kub. palaca | 1,1451 |
| Oxhoft = 1,5 Ohma = 3 Eimera = 6 Ankera = 180 Quarta | 206,11 |
| Saksonska, Dresdner Kanne = $^1/_{72}$ Eimera = 71,186 kub. palaca | 0,356 |
| Württemberg, Helleichmass = = $^1/_{16}$ Eimera = 78,125 kub. palaca | 1,8371 |
| Schenkmass = 4 Schoppena | 1,67 |
| Baden, Mass = $^1/_{100}$ Ohma = = 0,0556 kub. st. | 1,50 |
| Hessen, Vel. herc., Mass = = 4 Schoppena | 2,00 |
| Hessen. Kurf., Mass = = $^1/_{80}$ Ohma | 1,9495 |
| Hessen, -Nassau, Weinmass | 1,694 |
| Biermass | 1,885 |
| Mecklenburg-Schwerin, Kanne = 2 Potta | 1,86 |
| Mecklenburg-Strelitz, Pott = = 2 Nösela | 0,97 |
| Oldenburg, Quartier | 1,89 |
| Sachsen-Weimar, Kanne = = 2 Nösela | 1,20 |
| Braunschweig, Quartier | 0,9368 |
| Hamburg, Quartier = = $^1/_{240}$ Oxhofta | 0,9052 |
| Lübeck, Stübchen = $^1/_{40}$ Ohma | 3,6374 |
| Bremen, Stübchen = $^1/_{45}$ Ohma | 3,2214 |
| Frankfurt/M., Eichmass = = $^1/_{80}$ Ohma | 1,7928 |
| Belgija, Pot = $^1/_{100}$ Aime | 1,374 |
| Bugarska, oka = $^1/_{10}$ vedra | 1,282 |
| Danska, Pott = $^1/_{155}$ Ohma = = $^1/_2$ Kanne = $^1/_{38,75}$ Ankera | 0,9661 |
| Francuska v. str. 1412 | |
| Grčka, oka | 1,282 |
| Holandija, velte = $^1/_{100}$ Kanne | 1,0000 |
| Amsterdamski mengel | 1,2127 |
| Aam | 155,22 |
| Island, pottur | 0,8044 |
| Jugoslavija, oka = $^1/_{40}$ akova | 1,414 |
| Mađarska, Seitel = $^1/_{64}$ Eimera | 0,8484 |
| Norveška, pott = $^1/_{155}$ Ohma = = 54 kv. palaca ribarska tona = 120 Potta | 0,9653 |
| Portugalija, Almude = $^1/_{30}$ pipa = 2 pote = 12 canadesa = 24 quartilhosa (vino) | 16,741 |
| Rumunija, vedra str. 1421 | |
| „ Vlaška | 15,200 |
| „ Moldavska | 12,880 |
| „ Besarabija | 12,299 |
| Rusija, v. str. 1423, 1458 | |
| Španija, arroba (cantara) = = 8 acumbre | 16,133 |
| Švajcarski Mass (Pot) = $^1/_{100}$ Ohma (Sauma) = $^1/_{25}$ Eimera (Sestera) = 0,055 6 kub. st. | 1,5000 |
| Švedska, Kanne = $^1/_{90}$ Oxhofta = $^1/_{60}$ Ohma = $^1/_{48}$ Tonna = 2 Stopa = 8 Quartera = = 32 Jumfrura = 100 kub. palaca | 2,6172 |
| Turska, alma | 5,2 |
| V. Britanija v. str. 1427 i 1456 | |

## Mere za žito (u hl)

| | |
|---|---|
| Bavarska, Scheffel = 208 Masskannena | 2,2296 |
| Hannover, Himten = 16 Kannena | 0,3115 |
| Austrija, Bečka Metze = 4 Viertela = 1,947 1 kub. stopa | 0,6149 |
| Pruska, Scheffel = 16 Metzena = 48 Quarta = 3 072 kub. palaca | 0,5496 |
| Saksonska, Dresdner Scheffel = 112,5 Kannena | 1,0514 |
| Württemberg, Scheffel = = 7 537 kub. palaca | 1,7723 |
| Baden, Malter = 100 Massa | 1,50 |
| Hessen Kurf., Scheffel | 0,8037 |
| „ -Nassau, Malter | 1,00 |
| Mecklenburg Rostock, Scheffel | 0,3839 |
| Braunschweig, Himten | 0,3114 |
| Hamburg, Fass | 0,5265 |
| Lübeck, Scheffel | 0,3469 |
| Bremen, Scheffel | 0,7410 |
| Frankfurt/M., Malter | 1,1474 |
| Belgija, Rasière (različit) = = 56 pota | 0,77 |
| Bugarska, dunavsko kilo = = 10 krini = 100 oka | 1,282 |
| Danska, tona žita = 8 Scheffela | 1,391 |
| Francuska v. str. 1412 | |
| Grčka, žitno kilo = 22 oka | 0,35 |
| Holandija, mud = 1 hl, ranije = $^1/_{27}$ last | 1,1126 |

## Mere za žito (u hl) (nastavak)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Amsterdamska vreća . . . | 0,8344 | Rusija v. str. 1423, 1424 i 1455 | |
| Italija, **tomolo** . . . . . | 0,5554 | Španija, fanega = $^1/_{12}$ cahiza = 4 quartillosa . . . . | 0,555 |
| Mađarska, Bečka Metze = = 4 Viertela . . . . . | 0,6149 | Švajcarska, malter = 10 sestera = 100 immia . . . . | 1,5000 |
| Norveška, tona = 144 poota = = 7776 kub. palaca . . . . | 1,390 | Švedska, spann = $^1/_2$, 25 tona = 28 Kannena . . . . . | 0,7328 |
| Portugalija, fanega = = $^1/_{15}$ mayo = 4 alqueire | 0,5536 | Turska, fortin = 4 kila = = 16 sinika = 32 kutua = | |
| Rumunija, **chilá** str. 1420/21 | | = 64 zarfa . . . . . | 1,48 |
| ,, , ,, vlaška . . | 6,7927 | V. Britanija v. str. 1427 i 1456 | |
| ,, , ,, moldavska . | 4,3000 | | |

## Mere za težinu (u kg) *)

(A. = apotekarska mera za težinu, Lt. = Lot, M. = mera za težinu kovanog novca, Pfd = funta (trg. mera za težinu), Ztr. = centner, Qt. = Quentchen, Quintin, Pd. = pond, pund)

| | | | |
|---|---|---|---|
| U državama nemačke Carinske unije od 1856 do 1868/1872 god. | | Baden, Pfd. = $^1/_{100}$ Ztr. = = 32 Lt. = 128 Qt. | 0,500 00 |
| 1 Zollpfd = 30 Lt. po 10 Qt. po 10 centa po 10 korna = $^1/_{100}$ Ztr. = | | A. | 0,375 00 |
| = $^1/_{4000}$ Lasta | 0,500 00 | Hessen Kurf., Pfd. = 32 Lt. = 128 Qt. | |
| M. 1 Pfd. | 0,500 00 | Schwergw. | 0,484 24 |
| Ranije stara Kölnska marka = 8 unca = 16 Lt. = 64 Qt. = 256 Pfenniga = 512 Hellera | | Leichtgw. = $^1/_{108}$ Ztr. | 0,467 81 |
| (Leipzig 1830) | 0,233 812 | Hessen Vel. herc. i Nassau Pfd. = $^1/_{100}$ Ztr. = 32 Lt. = 128 Qt. | 0,500 00 |
| Od 1837 do 1857 Marka = = $^1/_2$ prus. Pfd. od 1816 = = 288 Gräna po 16 prus. As | 0,233 855 5 | A. | 0,357 664 |
| A. 1 Pfd. = 12 unca = 24 Lt. = 96 drahma = 288 skrupela = 5 760 grana | | Mecklenburg, Pfd. = = $^1/_{110}$ Ztr. = 32 Lt. | |
| Bavarska Pfd. = $^1/_{100}$ Ztr. = 32 Lt. = 128 Qt. | 0,560 06 | ,, -Schwerin | 0,484 71 |
| A. 0,360 0; M. | 0,233 950 | ,, -Strelitz | 0,467 71 |
| Hannover, Pfd. = 10 Lt. = = 100 Qt. = 1 000 Halbgramma | 0,500 00 | A. | 0,350 783 |
| A. 0,360 00: M. | 0,233 855 5 | Oldenburg, Pfd. = $^1/_{100}$ Ztr. | 0,467 71 |
| Austrija, Pfd. = $^1/_{100}$ Ztr. = $^1/_{2000}$ tona = 32 Lt. = = 128 Qt. | 0,560 060 | M. | 0,233 855 5 |
| A. 0,420 009; M. | 0,233 890 | Sachsen-Weimar, Pfd. = = $^1/_{110}$ Ztr. | 0,467 63 |
| Pruska, Pfd. = $^1/_{110}$ Ztr. = = 32 Lt. = 128 Qt. | 0,467 71 | A. | 0,350 783 |
| Schiffslast = 40 Ztr. po 100 Pfd. = 2 000 kg | | Anhalt, Pfd. = $^1/_{110}$ Ztr. | 0,467 71 |
| A. 0,350 783; M. = 0,5 Pfd. | 0,233 855 5 | Braunschweig, Pfd. = 10 Lt. = 100 Qt. = 1 000 Halbgramma | 0,500 00 |
| Saksonska Pfd. = $^1/_{110}$ Ztr. | 0,467 71 | M. | 0,233 855 5 |
| A. 0,350 783; M. | 0,233 812 | Sachsen-Gotha, Pfd. | 0,467 71 |
| Württemberg, Pfd. = = $^1/_{104}$ Ztr. = 32 Lt. | 0,467 73 | -Coburg,-Meiningen Pfd | 0,510 00 |
| A. 0,357 664; M. | 0,233 855 5 | Hamburg, Pfd. = 10 Lt. = = 100 Qt. = 1 000 Halbgr. = $^1/_{6000}$ Komm. -Lst. | 0,500 00 |
| | | A. 357 664; M. | 0,233 854 89 |
| | | Lübeck, Pfd. = $^1/_{112}$ Ztr. = = 32 Lt. = 128 Qt. | 0,486 47 |
| | | Schiffspfd. = 20 Liespfd. = 280 Pfd. | 136,212 |
| | | Schiffslast = $^2/_3$ Kommerzl. = 4 000 Pfd. | |
| | | Bremen, Pfd. i M. kao Hamburg | |

*) O probnim tegovima v. Kögler: Taschenbuch f. Berg.- u Hüttenleute, 2 izd., str. 953.

**Mere za težinu** (u kg) *) (nastavak)

(A. = apotekarska mera za težinu, Lt. = Lot, M. = mera za težinu kovanog novca, Pfd = funta (trg. mera za težinu), Ztr. = centner, Quentchen, Quintin, Pd. = pond, pund)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Frankfurt/M., Pfd. Schwerg. = $^1/_{100}$ Ztr. | 0,50535 | Portugalija arratel = $^1/_{128}$ quintala = $^1/_{32}$ arroba | 0,459 |
| Pfd. Leichtgw. = $^1/_{108}$ Ztr. | 0,46791 | Rumunija str. 1421 oca | |
| Belgija, v. str. 1410 | | „ Moldavska | 1,281 |
| Bugarska, oka | 1,282 | „ Vlaška | 1,27186 |
| Danska, Pfd. = $^1/_{5200}$ | | „ Dobrudža | 1,282945 |
| Kom. -Lst = $^1/_{100}$ Ztr. = = 10 ort | 0,50000 | A. | 0,420009 |
| Schiffspfd. = 20 liespfd. = 320 Pfd. | 160,000 | Rusija, v. str. 1424 | |
| A. | 0,365764 | Španija, libra = $^1/_{100}$ quintala = $^1/_{25}$ arroba = = $^1/_{2000}$ tonelada | 0,46014 |
| Francuska, v. str. 1413 M. | 0,2447529 | Švajcarska, Pfd. = 16 unca = 32 Lt. = 0,01 Ztr. | 0,50000 |
| Grčka, oka | 1,28 | A. 12 unca = 96 drahma = 288 skrup. = 5 760 gräna | 0,375000 |
| Holandija, Pd. = $^1/_{100}$ Ztr. | 0,4941 | Švedska, skalpd. = $^1/_{100}$ Ztr. = $^1/_{400}$ brod. pd. = = $^1/_{20}$ liespd. = 32 Lt. = = 128 Qt., kasnije 100 orta po 100 korna | 0,42508 |
| M. 0,246 083 9 A. | 0,37500 | A. | 0,357664 |
| Island, Pd. kao Norveška | 0,4984 | Turska, oka = $^1/_{44}$ kantara = 400 dirhema = = 1 600 denka | 1,282945 |
| Italija, v. str. 1414 | | V. Britanija v. str. 1428 i 1462 | |
| Jugoslavija, oka = $^1/_{100}$ tovara | 1,278 | | |
| Mađarska, kao Austrija | | | |
| Norveška, Pd. = $^1/_{36}$ voga = $^1/_{16}$ lispd = $^1/_{100}$ Ztr. | 0,4984 | | |
| Skippd. = 20 lispd. = = 320 Pd. | 159,483 | | |
| Komm. -Lst. = 2 engl. t. = = 2 032 kg | | | |

*) V. napomenu na str. 1437.

**Tablica 2a. Pretvaranje staro-pruskih mera u metarske mere**

| Stopa<br>Kv. stopa<br>Kub. stopa | m | m² | m³ | Palac<br>Kv. palac<br>Kub. palac | cm | cm² | cm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,313 85 [1]) | 0,098 50 | 0,030 92 | 1 | 2,615 4 | 6,840 6 | 17,891 |
| 2 | 0,627 71 | 0,197 01 | 0,061 83 | 2 | 5,230 9 | 13,681 | 35,782 |
| 3 | 0,941 56 | 0,295 51 | 0,092 75 | 3 | 7,846 3 | 20,522 | 53,673 |
| 4 | 1,255 41 | 0,394 02 | 0,123 66 | 4 | 10,461 8 | 27,362 | 71,564 |
| 5 | 1,569 27 | 0,492 52 | 0,154 58 | 5 | 13,077 2 | 34,203 | 89,456 |
| 6 | 1,883 12 | 0,591 02 | 0,185 49 | 6 | 15,692 6 | 41,043 | 107,35 |
| 7 | 2,196 97 | 0,689 53 | 0,216 41 | 7 | 18,308 1 | 47,884 | 125,24 |
| 8 | 2,510 83 | 0,788 03 | 0,247 33 | 8 | 20,923 5 | 54,724 | 143,13 |
| 9 | 2,824 68 | 0,886 54 | 0,278 24 | 9 | 23,539 0 | 61,565 | 161,02 |

[1]) Tačno = 0,313 853 542 m.

**Tablica 2b. Pretvaranje metarskih mera u staro-pruske mere**

| m, m², m³ | Stopa | Palac | Kv. stopa | Kv. palac | Kub. stopa | Kub. palac |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,186 2 | 38,234 | 10,152 | 1 461,9 | 32,346 | 55 894 |
| 2 | 6,372 4 | 76,469 | 20,304 | 2 923,7 | 64,692 | 111 787 |
| 3 | 9,558 6 | 114,703 | 30,456 | 4 385,6 | 97,038 | 167 681 |
| 4 | 12,744 8 | 152,938 | 40,607 | 5 847,5 | 129,384 | 223 575 |
| 5 | 15,931 0 | 191,172 | 50,759 | 7 309,3 | 161,729 | 279 468 |
| 6 | 19,117 2 | 229,406 | 60,911 | 8 871,2 | 194,075 | 335 362 |
| 7 | 22,303 4 | 267,640 | 71,063 | 10 233,1 | 226,421 | 391 256 |
| 8 | 25,489 6 | 305 875 | 81,215 | 11 695,0 | 258,767 | 447 150 |
| 9 | 28,675 8 | 344,109 | 91,367 | 13 156,8 | 291,113 | 503 043 |

**Tablica 3a. Pretvaranje engleskih stopa i incha u metarske mere *)**

| ft.<br>sq. ft.<br>cu. ft. | m | $m^2$ | $m^3$ | inch<br>sq. inch<br>cu. inch | cm | $cm^2$ | $cm^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,304 799 5 | 0,092 902 7 | 0,028 316 7 | 1 | 2,539 995 6 | 6,451 577 6 | 16,386 979 |
| 2 | 0,609 598 9 | 0,185 805 4 | 0,056 633 4 | 2 | 5,079 991 2 | 12,903 155 | 32,773 958 |
| 3 | 0,914 398 4 | 0,278 708 2 | 0,084 950 1 | 3 | 7,619 986 8 | 19,354 733 | 49,160 937 |
| 4 | 1,219 197 9 | 0,371 610 9 | 0,113 266 8 | 4 | 10,159 982 | 25,806 310 | 65,547 915 |
| 5 | 1,523 997 4 | 0,464 513 6 | 0,141 583 5 | 5 | 12,699 978 | 32,257 888 | 81,934 894 |
| 6 | 1,828 796 8 | 0,557 416 3 | 0 169 900 2 | 6 | 15,239 974 | 38,709 466 | 98,321 873 |
| 7 | 2,133 596 3 | 0,650 319 0 | 0,198 216 9 | 7 | 17,779 969 | 45,161 043 | 114,708 85 |
| 8 | 2,438 395 8 | 0,743 221 7 | 0,226 533 6 | 8 | 20,319 965 | 51,612 621 | 131,095 83 |
| 9 | 2,743 195 2 | 0 836 124 5 | 0,254 850 3 | 9 | 22,859 960 | 58,064 198 | 147,482 81 |

**Tablica 3b. Pretvaranje metarskih mera u engleske stope i inche**

| m, $m^2$, $m^3$ | foot | inch | sq. foot | sq. inch | cu. foot | cu. inch |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,280 845 6 | 39,370 147 | 10,763 948 | 1 550,008 5 | 35,314 850 | 61 024,044 |
| 2 | 6,561 691 2 | 78,740 294 | 21,527 895 | 3 100,017 0 | 70,629 700 | 122 048,09 |
| 3 | 9,842 536 7 | 118,110 44 | 32,291 843 | 4 650,025 5 | 105,944 55 | 183 072,13 |
| 4 | 13,123 382 | 157,480 59 | 43,055 791 | 6 200,034 0 | 141,259 40 | 244 096,18 |
| 5 | 16,404 228 | 196,850 74 | 53,819 738 | 7 750,042 5 | 176,574 25 | 305 120,22 |
| 6 | 19,685 073 | 236,220 88 | 64,583 686 | 9 300,051 0 | 211,889 10 | 366 144,26 |
| 7 | 22,965 919 | 275,591 03 | 75,347 634 | 10 850,060 | 247,203 95 | 427 168,31 |
| 8 | 26,246 765 | 314,961 18 | 86,111 582 | 12 400,068 | 282,518 80 | 488 192,35 |
| 9 | 29,527 610 | 354,331 32 | 96,875 529 | 13 950,076 | 317,833 65 | 549 216,40 |

Ruska stopa odgovara skoro potpuno engleskoj stopi. Tablice za englesku meru važe, u većini slučajeva, i za rusku meru.

## A. Mere za dužinu

**Tablica 4. a) Pretvaranje nemačkih pomorskih milja u kilometre**
**b) Pretvaranje kilometara u nemačke pomorske milje**

a) 1 pomorska milja = $^1/_{60}$ meridijanskog stepena = 1,852 01 km

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,852 01 | 3,704 02 | 5,556 03 | 7,408 04 | 9,260 05 | 11,1121 | 12,9641 | 14,8161 | 16,6681 |
| 10 | 18,5201 | 20,372 1 | 22,224 1 | 24,076 1 | 25,928 1 | 27.780 2 | 29,6322 | 31,4842 | 33,3362 | 35,1882 |
| 20 | 37,0402 | 38,892 2 | 40,744 2 | 42,596 2 | 44,448 2 | 46,300 2 | 48,1523 | 50,0043 | 51,8563 | 53,7083 |
| 30 | 55,5603 | 57,412 3 | 59,264 3 | 61,116 3 | 62,968 3 | 64,820 4 | 66.6724 | 68,5244 | 70,3764 | 72,2284 |
| 40 | 74,0804 | 75,932 4 | 77,784 4 | 79,636 4 | 81,488 4 | 83,340 4 | 85,1925 | 87,0445 | 88,8965 | 90,7485 |
| 50 | 92,6005 | 94,452 5 | 96,304 5 | 98,156 5 | 100,009 | 101,861 | 103,713 | 105,565 | 107,417 | 109,269 |
| 60 | 111,121 | 112,973 | 114,825 | 116,677 | 118.529 | 120,381 | 122.233 | 124,085 | 125,937 | 127,789 |
| 70 | 129,641 | 131,493 | 133,345 | 135,197 | 137,049 | 138,901 | 140,753 | 142,605 | 144,457 | 146,309 |
| 80 | 148,161 | 150,013 | 151,865 | 153,717 | 155,569 | 157,421 | 159,273 | 161,125 | 162,977 | 164.829 |
| 90 | 166,681 | 168,533 | 170,385 | 172,237 | 174,089 | 175,941 | 177,793 | 179,645 | 181,497 | 183,349 |
| 100 | 185,201 | 187,053 | 188,905 | 190,757 | 192,609 | 194,461 | 196,313 | 198,165 | 200,017 | 201,869 |

b) 1 km = 0,539 953 89 pomorskih milja

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,539 95 | 1,079 91 | 1,619 86 | 2,159 82 | 2,699 77 | 3,239 72 | 3,779 68 | 4,319 63 | 4,859 59 |
| 10 | 5,399 54 | 5,939 49 | 6,479 45 | 7,019 40 | 7,559 36 | 8,099 31 | 8,639 26 | 9,179 22 | 9,719 17 | 10,259 1 |
| 20 | 10,799 1 | 11,339 0 | 11,879 0 | 12,418 9 | 12,958 9 | 13,498 8 | 14,038 8 | 14,578 8 | 15,118 7 | 15,658 7 |
| 30 | 16,198 6 | 16,738 6 | 17,278 5 | 17,818 5 | 18,358 4 | 18,898 4 | 19,438 3 | 19,978 3 | 20,518 2 | 21,058 2 |
| 40 | 21,598 2 | 22,138 1 | 22,678 1 | 23,218 0 | 23,758 0 | 24,297 9 | 24,837 9 | 25,377 8 | 25,917 8 | 26,457 7 |
| 50 | 26,997 7 | 27,537 6 | 28,077 6 | 28,617 6 | 29,157 5 | 29,697 5 | 30,237 4 | 30,777 4 | 31,317 3 | 31,857 3 |
| 60 | 32,397 2 | 32,937 2 | 33,477 1 | 34,017 1 | 34,557 0 | 35,097 0 | 35,637 0 | 36.176 9 | 36,716 9 | 37,256 8 |
| 70 | 37,796 8 | 38,336 7 | 38,876 7 | 39,416 6 | 39,956 6 | 40,496 5 | 41,036 5 | 41,576 4 | 42,116 4 | 42,656 4 |
| 80 | 43,196 3 | 43,736 3 | 44,276 2 | 44,816 2 | 45,356 1 | 45,896 1 | 46,436 0 | 46,976 0 | 47,515 9 | 48,055 9 |
| 90 | 48,595 8 | 49,135 8 | 49,675 8 | 50,215 7 | 50,755 7 | 51,295-6 | 51,835 6 | 52,375 5 | 52,915 5 | 53,455 4 |
| 100 | 53,995 4 | 54,535 3 | 55,075 3 | 55,615 3 | 56,155 2 | 56,695 2 | 57,235 1 | 57,775 1 | 58,315 0 | 58,855 0 |

*) Tablice za vrednosti od 0 do 109 v. niže.

**Tablica 5. a) Pretvaranje engleskih kopnenih milja u kilometre**
**b) Pretvaranje kilometara u engleske kopnene milje**

a) 1 statute mile = 0,868 42 nautical milea = 8 furlonga = 1760 yarda = = 5 280 feeta = 1,609 341 2 km

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,609 34 | 3,218 68 | 4,828 02 | 6,437 36 | 8,046 71 | 9,656 05 | 11,2654 | 12,8747 | 14,4841 |
| 10 | 16,0934 | 17,702 8 | 19,312 1 | 20,921 4 | 22,530 8 | 24,140 1 | 25,749 5 | 27,3588 | 28,9681 | 30,5775 |
| 20 | 32,1868 | 33,796 2 | 35,405 5 | 37,014 8 | 38,624 2 | 40,233 5 | 41,842 9 | 43,4522 | 45,0616 | 46,6709 |
| 30 | 48,2802 | 49,889 6 | 51,498 9 | 53,108 3 | 54,717 6 | 56,326 9 | 57,936 3 | 59,5456 | 61,1550 | 62,7643 |
| 40 | 64,3736 | 65,983 0 | 67,592 3 | 69,201 7 | 70,811 0 | 72,420 4 | 74,029 7 | 75,6390 | 77,2484 | 78,8577 |
| 50 | 80,4671 | 82,076 4 | 83,685 7 | 85,295 1 | 86,904 4 | 88,513 8 | 90,123 1 | 91,7324 | 93,3418 | 94,9511 |
| 60 | 96,5605 | 98,169 8 | 99,779 2 | 101,388 | 102,998 | 104,607 | 106,217 | 107,826 | 109,435 | 111,045 |
| 70 | 112,654 | 114,263 | 115,873 | 117,482 | 119,091 | 120,701 | 122,310 | 123,919 | 125,529 | 127,138 |
| 80 | 128,747 | 130,357 | 131,966 | 133,575 | 135,185 | 136,794 | 138,403 | 140,013 | 141,622 | 143,231 |
| 90 | 144,841 | 146,450 | 148,059 | 149,669 | 151,278 | 152,887 | 154,497 | 156,106 | 157,715 | 159,325 |
| 100 | 160,934 | 162,543 | 164,153 | 165,762 | 167,371 | 168,981 | 170,590 | 172,200 | 173,809 | 175,418 |

b) 1 km = 0,621 372 27 statute mile

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,621 37 | 1,242 74 | 1,864 12 | 2,485 49 | 3,106 86 | 3,728 23 | 4,349 61 | 4,970 98 | 5,592 35 |
| 10 | 6,213 72 | 6,835 09 | 7,456 47 | 8,077 84 | 8,699 21 | 9,320 58 | 9,941 96 | 10,563 3 | 11,184 7 | 11,806 1 |
| 20 | 12,427 4 | 13,048 8 | 13,670 2 | 14,291 6 | 14,912 9 | 15,534 3 | 16,155 7 | 16,777 1 | 17,398 4 | 18,019 8 |
| 30 | 18,641 2 | 19,262 5 | 19,883 9 | 20,505 3 | 21,126 7 | 21,748 0 | 22,369 4 | 22,990 8 | 23,612 1 | 24,233 5 |
| 40 | 24,854 9 | 25,476 3 | 26,097 6 | 26,719 0 | 27,340 4 | 27,961 8 | 28,583 1 | 29,204 5 | 29,825 9 | 30,447 2 |
| 50 | 31,068 6 | 31,690 0 | 32,311 4 | 32,932 7 | 33,554 1 | 34,175 5 | 34,796 8 | 35,418 2 | 36,039 6 | 36,661 0 |
| 60 | 37,282 3 | 37,903 7 | 38,525 1 | 39,146 5 | 39,767 8 | 40,389 2 | 41,010 6 | 41,631 9 | 42,253 3 | 42,874 7 |
| 70 | 43,496 1 | 44,117 4 | 44,738 8 | 45,360 2 | 45,981 5 | 46,602 9 | 47,224 3 | 47,845 7 | 48,467 0 | 49,088 4 |
| 80 | 49,709 8 | 50,331 2 | 50,952 5 | 51,573 9 | 52,195 3 | 52,816 6 | 53,438 0 | 54,059 4 | 54,680 8 | 55,302 1 |
| 90 | 55,923 5 | 56,544 9 | 57,166 2 | 57,787 6 | 58,409 0 | 59,030 4 | 59,651 7 | 60,273 1 | 60,894 5 | 61,515 9 |
| 100 | 62,137 2 | 62,758 6 | 63,380 0 | 64,001 3 | 64,622 7 | 65,244 1 | 65,865 5 | 66,486 8 | 67,108 2 | 67,729 6 |

**Tablica 6. a) Pretvaranje engleskih pomorskih milja u kilometre**
**b) Pretvaranje kilometara u engleske pomorske milje[1])**

a) 1 nautical mile = 0,998 93 Admirality mile = 6 080 feeta = 2 026,7 yarda = = 1,151 5 stat. milea = 1,000 638 nemačkih pomorskih milja = 1,853 180 8 km

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,853 18 | 3,706 36 | 5,559 54 | 7,412 72 | 9,265 90 | 11,1191 | 12,9723 | 14,8254 | 16,6786 |
| 10 | 18,5318 | 20,385 0 | 22,238 2 | 24,091 4 | 25,944 5 | 27,797 7 | 29,6509 | 31,5041 | 33,3573 | 35,2104 |
| 20 | 37,0636 | 38,916 8 | 40,770 0 | 42,623 2 | 44,476 3 | 46,329 5 | 48,1827 | 50,0359 | 51,8891 | 53,7422 |
| 30 | 55,5954 | 57,448 6 | 59 301 8 | 61,155 0 | 63,008 1 | 64,861 3 | 66,7145 | 68,5677 | 70,4209 | 72,2741 |
| 40 | 74,1272 | 75,980 4 | 77,833 6 | 79,686 8 | 81,540 0 | 83,393 1 | 85,2463 | 87,0995 | 88,9527 | 90,8059 |
| 50 | 92,6590 | 94,512 2 | 96,365 4 | 98,218 6 | 100,072 | 101,925 | 103,778 | 105,631 | 107,484 | 109,338 |
| 60 | 111.191 | 113,044 | 114,897 | 116,750 | 118,604 | 120,457 | 122,310 | 124,163 | 126,016 | 127,869 |
| 70 | 129.723 | 131,576 | 133,429 | 135,282 | 137,185 | 138,989 | 140,842 | 142,695 | 144,548 | 146,401 |
| 80 | 148,254 | 150,108 | 151,961 | 153,814 | 155,667 | 157,520 | 159,374 | 161,227 | 163,080 | 164,933 |
| 90 | 166,786 | 168,639 | 170,493 | 172,346 | 174,199 | 176,052 | 177,905 | 179,759 | 181,612 | 183,465 |
| 100 | 185,318 | 187,171 | 189,024 | 190,878 | 192 731 | 194,584 | 196,437 | 198,290 | 200,144 | 201,997 |

b) 1 km = 0,539 612 74 nautical mile

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,539 61 | 1,079 23 | 1,618 84 | 2,158 45 | 2,698 06 | 3,237 68 | 3,777 29 | 4,316 90 | 4,856 51 |
| 10 | 5,396 13 | 5,935 74 | 6,475 35 | 7,014 97 | 7,554 58 | 8,094 19 | 8,633 80 | 9,173 42 | 9,713 03 | 10,252 6 |
| 20 | 10,792 3 | 11,331 9 | 11,871 5 | 12,411 1 | 12,950 7 | 13,490 3 | 14,029 9 | 14,569 5 | 15,109 2 | 15,648 8 |
| 30 | 16,188 4 | 16,728 0 | 17,267 6 | 17,807 2 | 18,346 8 | 18,886 4 | 19,426 1 | 19,965 7 | 20 505 3 | 21,044 9 |
| 40 | 21,584 5 | 22,124 1 | 22,663 7 | 23,203 3 | 23,743 0 | 24,282 6 | 24,822 2 | 25,361 8 | 25,901 4 | 26,441 0 |
| 50 | 26,980 6 | 27,520 2 | 28,059 9 | 28,599 5 | 29,139 1 | 29,678 7 | 30,218 3 | 30,757 9 | 31,297 5 | 31,837 2 |
| 60 | 32.376 8 | 32,916 4 | 33,456 0 | 33,995 6 | 34,535 2 | 35,074 8 | 35,614 4 | 36,154 1 | 36,693 7 | 37,233 3 |
| 70 | 37,772 9 | 38,312 5 | 38,852 1 | 39,391 7 | 39,931 3 | 40,471 0 | 41,010 6 | 41,550 2 | 42,089 8 | 42,629 4 |
| 80 | 43,169 0 | 43,708 6 | 44,248 2 | 44,787 9 | 45,327 5 | 45,867 1 | 46,406 7 | 46,946 3 | 47,485 9 | 48,025 5 |
| 90 | 48,565 1 | 49,104 8 | 49,644 4 | 50,184 0 | 50,723 6 | 51,263 2 | 51,802 8 | 52,342 4 | 52,882 0 | 53,421 7 |
| 100 | 53,961 3 | 54,500 9 | 55,040 5 | 55,580 1 | 56,119 7 | 56,659 3 | 57,199 0 | 57,738 6 | 58,278 2 | 58,817 8 |

[1]) V. napomenu **) na str. 1426.

## Tablica 7. a) Pretvaranje engleskih fathoma u metre
## b) Pretvaranje metara u fathome

a) 1 fathom = 6 ft. = 1,828 796 8 m

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,828 80 | 3,657 59 | 5,486 39 | 7,315 19 | 9,143 98 | 10,9728 | 12,8016 | 14,6304 | 16,4592 |
| 10 | 18,288 0 | 20,116 8 | 21,945 6 | 23,774 4 | 25,603 2 | 27,432 0 | 29,2607 | 31,0895 | 32,9183 | 34,7471 |
| 20 | 36.575 9 | 38,404 7 | 40,233 5 | 42,062 3 | 43,891 1 | 45,719 9 | 47,5487 | 49,3775 | 51,2063 | 53,0351 |
| 30 | 54,863 9 | 56,692 7 | 58,521 5 | 60,350 3 | 62,179 1 | 64,007 9 | 65,8367 | 67,6655 | 69,4943 | 71,3231 |
| 40 | 73,151 9 | 74,980 7 | 76,809 5 | 78,638 3 | 80,467 1 | 82,295 9 | 84,1247 | 85,9535 | 87,7822 | 89,6110 |
| 50 | 91,439 8 | 93,268 6 | 95,097 4 | 96,926 2 | 98,755 0 | 100,584 | 102,413 | 104,241 | 106,070 | 107,899 |
| 60 | 109,728 | 111,557 | 113,385 | 115,214 | 117,043 | 118,872 | 120,701 | 122,529 | 124,358 | 126,187 |
| 70 | 128,016 | 129,845 | 131,673 | 133,502 | 135,331 | 137,160 | 138,989 | 140,817 | 142,646 | 144,475 |
| 80 | 146,304 | 148,133 | 149,961 | 151,790 | 153,619 | 155,448 | 157,277 | 159,105 | 160,934 | 162,763 |
| 90 | 164,592 | 166,421 | 168,249 | 170,078 | 171,907 | 173,736 | 175,564 | 177,393 | 179,222 | 181,051 |
| 00 | 182,880 | 184,708 | 186,537 | 188.366 | 190,195 | 192,024 | 193,852 | 195,681 | 197,510 | 199,339 |

b) 1 m = 0,546 807 6 fathoma

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,546 81 | 1,093 62 | 1,640 42 | 2,187 23 | 2,734 04 | 3,280 85 | 3,827 65 | 4,374 46 | 4,921 27 |
| 10 | 5,468 08 | 6,014 88 | 6,561 69 | 7,108 50 | 7,655 31 | 8,202 11 | 8,748 92 | 9,295 73 | 9,842 54 | 10,389 3 |
| 20 | 10,936 2 | 11,483.0 | 12,029 8 | 12,576 6 | 13,123 4 | 13,670 2 | 14,217 0 | 14,763 8 | 15,310 6 | 15,857 4 |
| 30 | 16,404 2 | 16,951 0 | 17,497 8 | 18,044 7 | 18,591 5 | 19,138 3 | 19,685 1 | 20,231 9 | 20,778 7 | 21,325 5 |
| 40 | 21,872 3 | 22,419 1 | 22,965 9 | 23,512 7 | 24,059 5 | 24,606 3 | 25,153 1 | 25,700 0 | 26,246 8 | 26,793 6 |
| 50 | 27,340 4 | 27,887 2 | 28,434 0 | 28,980 8 | 29,527 6 | 30,074 4 | 30,621 2 | 31,168 0 | 31,714 8 | 32,261 6 |
| 60 | 32,808 5 | 33,355 3 | 33,902 1 | 34,448 9 | 34,995 7 | 35,542 5 | 36,089 3 | 36,636 1 | 37,182 9 | 37,729 7 |
| 70 | 38,276 5 | 38,823 3 | 39,370 1 | 39,917 0 | 40,463 8 | 41,010 6 | 41,557 4 | 42,104 2 | 42,651 0 | 43,197 8 |
| 80 | 43,744 6 | 44,291 4 | 44,838 2 | 45,385 0 | 45,931 8 | 46,478 6 | 47,025 5 | 47,572 3 | 48,119 1 | 48,665 9 |
| 90 | 49,212 7 | 49,759 5 | 50,306 3 | 50,853 1 | 51,399 9 | 51,946 7 | 52,493 5 | 53,040 3 | 53,587 1 | 54,134 0 |
| 00 | 54,680 8 | 55,227 6 | 55,774 4 | 56,321 2 | 56.868 0 | 57.414 8 | 57,961 6 | 58,508 4 | 59,055 2 | 59,602 0 |

## Tablica 8. a) Pretvaranje engleskih yarda u metre
## b) Pretvaranje metara u engleske yarde

a) 1 yd. = 3 ft. = 36 incha = 0,914 398 42 m

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,914 40 | 1,828 80 | 2,743 20 | 3.657 59 | 4,571 99 | 5,486 39 | 6,400 79 | 7,315 19 | 8,229 59 |
| 0 | 9,143 98 | 10,058 4 | 10,972 8 | 11,887 2 | 12,801 6 | 13,716 0 | 14,630 4 | 15,544 8 | 16,459 2 | 17,373 6 |
| 0 | 18,288 0 | 19,202 4 | 20,116 8 | 21,031 2 | 21,945 6 | 22,860 0 | 23,774 4 | 24,688 8 | 25,603 2 | 26,517 6 |
| 0 | 27,432 0 | 28,346 4 | 29,260 7 | 30,175 1 | 31,089 5 | 32,003 9 | 32,918 3 | 33,832 7 | 34,747 1 | 35,661 5 |
| 0 | 36,575 9 | 37,490 3 | 38,404 7 | 39,319 1 | 40,233 5 | 41,147 9 | 42,062 3 | 42,976 7 | 43,891 1 | 44,805 5 |
| 0 | 45,719 9 | 46,634 3 | 47,548 7 | 48,463 1 | 49,377 5 | 50,291 9 | 51,206 3 | 52,120 7 | 53,035 1 | 53,949 5 |
| 0 | 54,863 9 | 55,778 3 | 56,692 7 | 57,607 1 | 58,521 5 | 59,435 9 | 60,350 3 | 61,264 7 | 62,179 1 | 63,093 5 |
| 0 | 64,007 9 | 64,922 3 | 65,836 7 | 66,751 1 | 67,665 5 | 68,579 9 | 69,494 3 | 70,408 7 | 71,323 1 | 72,237 5 |
| 0 | 73,151 9 | 74,066 3 | 74,980 7 | 75,895 1 | 76,809 5 | 77,723 9 | 78,638 3 | 79,552 7 | 80,467 1 | 81,381 5 |
| 0 | 82,295 9 | 83,210 3 | 84,124 7 | 85,039 1 | 85,953 5 | 86,867 8 | 87,782 2 | 88,696 6 | 89,611 0 | 90,525 4 |
| 0 | 91,439 8 | 92,354 2 | 93,268 6 | 94,183 0 | 95.097 4 | 96.011 8 | 96,926 2 | 97.840 6 | 98,755 0 | 99.669 4 |

b) 1 m = 1,093 615 19 yd.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,093 62 | 2,187 23 | 3,280 85 | 4,374 46 | 5,468 08 | 6,561 69 | 7,655 31 | 8,748 92 | 9,842 54 |
| 0 | 10,936 2 | 12,029 8 | 13,123 4 | 14,217 0 | 15,310 6 | 16,404 2 | 17,497 8 | 18,591 5 | 19,685 1 | 20,778 7 |
| 0 | 21,872 3 | 22,965 9 | 24,059 5 | 25,153 1 | 26,246 8 | 27,340 4 | 28,434 0 | 29,527 6 | 30,621 2 | 31,714 8 |
| 0 | 32,808 5 | 33,902 1 | 34,995 7 | 36,089 3 | 37,182 9 | 38,276 5 | 39,370 1 | 40,463 8 | 41,557 4 | 42,651 0 |
| 0 | 43,744 6 | 44,838 2 | 45,931 8 | 47,025 5 | 48,119 1 | 49,212 7 | 50,306 3 | 51.399 9 | 52,493 5 | 53,587 1 |
| 0 | 54,680 8 | 55,774 4 | 56,868 0 | 57,961 6 | 59,055 2 | 60,148 8 | 61,242 5 | 62,336 1 | 63,429 7 | 64,523 3 |
| 0 | 65,616 9 | 66,710 5 | 67,804 1 | 68,897 8 | 69,991 4 | 71,085 0 | 72,178 6 | 73,272 2 | 74,365 8 | 75,459 4 |
| 0 | 76,553 1 | 77,646 7 | 78,740 3 | 79,833 9 | 80,927 5 | 82,021 1 | 83,114 8 | 84,208 4 | 85,302 0 | 86,395 6 |
| 0 | 87,489 2 | 88,582 8 | 89,676 4 | 90,770 1 | 91,863 7 | 92,957 3 | 94,050 9 | 95,144 5 | 96,238 1 | 97,331 8 |
| 0 | 98,425 4 | 99,519 0 | 100,613 | 101,706 | 102,800 | 103 893 | 104,987 | 106,081 | 107,174 | 108,268 |
| 0 | 109,362 | 110.455 | 111,549 | 112.642 | 113,736 | 114,830 | 115.923 | 117.017 | 118,110 | 119.204 |

## Tablica 9. Pretvaranje engleskih palaca (64-tina) u mm*)

1 inch = 25,399 956 mm, 1/64 inch = 0,396 874 3 mm

| 64-tina" Razlomci | Decimalni razlomci | mm | 64-tina" Razlomci | Decimalni razlomci | mm | 64-tina" Razlomci | Decimalni razlomci | mm | 64-tina" Razlomci | Decimalni razlomci | mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/64 | 0,015 625 | 0,396 874 | 17/64 | 0,265 625 | 6,746 863 | 33/64 | 0,515 625 | 13,096 85 | 49/64 | 0,765 625 | 19,446 84 |
| 1/32 | 0,031 25 | 0,793 749 | 9/32 | 0,281 25 | 7,143 738 | 17/32 | 0,531 25 | 13,493 73 | 25/32 | 0,781 25 | 19,843 72 |
| 3/64 | 0,046 875 | 1,190 623 | 19/64 | 0,296 875 | 7,540 612 | 35/64 | 0,546 875 | 13 890 60 | 51/64 | 0,796 875 | 20,240 59 |
| 1/16 | 0,062 5 | 1,587 497 | 5/16 | 0,312 5 | 7,937 486 | 9/16 | 0,562 5 | 14,287 48 | 13/16 | 0,812 5 | 20,637 46 |
| 5/64 | 0,078 125 | 1,984 372 | 21/64 | 0,328 125 | 8,334 361 | 37/64 | 0,578 125 | 14,684 35 | 53/64 | 0,828 125 | 21,034 34 |
| 3/32 | 0,093 75 | 2,381 246 | 11/32 | 0,343 75 | 8,731 235 | 19/32 | 0,593 75 | 15,081 22 | 27/32 | 0,843 75 | 21,431 21 |
| 7/64 | 0,109 375 | 2,778 120 | 23/64 | 0,359 375 | 9,128 109 | 39/64 | 0,609 375 | 15,478 10 | 55/64 | 0,859 375 | 21,828 09 |
| 1/8 | 0,125 | 3,174 994 | 3/8 | 0,375 | 9,524 983 | 5/8 | 0,625 | 15,874 97 | 7/8 | 0,875 | 22,224 96 |
| 9/64 | 0,140 625 | 3,571 869 | 25/64 | 0,390 625 | 9,921 858 | 41/64 | 0,640 625 | 16,271 85 | 57/64 | 0,890 625 | 22,621 84 |
| 5/32 | 0,156 25 | 3,968 743 | 13/32 | 0,406 25 | 10,318 73 | 21/32 | 0,656 25 | 16,668 72 | 29/32 | 0,906 25 | 23,018 71 |
| 11/64 | 0,171 875 | 4,365 617 | 27/64 | 0,421 875 | 10,715 61 | 43/64 | 0,671 875 | 17,065 60 | 59/64 | 0,921 875 | 23,415 58 |
| 3/16 | 0,187 5 | 4,762 492 | 7/16 | 0,437 5 | 11,112 48 | 11/16 | 0,687 5 | 17,462 47 | 15/16 | 0,937 5 | 23,812 46 |
| 13/64 | 0,203 125 | 5,159 366 | 29/64 | 0,453 125 | 11,509 35 | 45/64 | 0,703 125 | 17,859 34 | 61/64 | 0,953 125 | 24,209 33 |
| 7/32 | 0,218 75 | 5,556 240 | 15/32 | 0,468 75 | 11,906 23 | 23/32 | 0,718 75 | 18,256 22 | 31/32 | 0,968 75 | 24,606 21 |
| 15/64 | 0,234 375 | 5,953 115 | 31/64 | 0,484 375 | 12,303 10 | 47/64 | 0,734 375 | 18,653 09 | 63/64 | 0,984 375 | 25,003 08 |
| 1/4 | 0,25 | 6,349 989 | 1/2 | 0,5 | 12,699 98 | 3/4 | 0,75 | 19,049 97 | 1 | 1 | 25,399 96 |

Za veće brojne vrednosti palca i njegov deo mogu se pomoću ov tablice i stubca 0 u tablici 12 izračunati odgovarajuće vrednosti milimetara

P r i m e r : $1337/64'' = ?$ mm Iz tablice 12 . . . $13'' = 330,199\ 4$ mm
Iz tablice 9. . . $37/64'' = 14,684\ 4$ mm
$? = 344,883\ 8$ mm

*) Za pretvaranje engleskih i američkih palaca u industriji va $1'' = 25,400\ 000$ mm. Brojne vrednosti u tablicama za pretvaranje - DIN 4890 — izračunate su na osnovi ove vrednosti i za referentnu tem peraturu 20° ($1/64'' = 0,3969$ mm).

## Tablica 10. a) Pretvaranje stotih delova engleske stope u mm b) Pretvaranje metara u engleske stope

a) 0,01 ft. = 3,047 994 72 mm

| | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 3,047 99 | 6,095 99 | 9,143 98 | 12,1920 | 15,2400 | 18,2880 | 21,3360 | 24,3840 | 27,432 |
| 0.1 | 30,4799 | 33,527 9 | 36,575 9 | 39,623 9 | 42,6719 | 45,7199 | 48,7679 | 51,8159 | 54,8639 | 57,9119 |
| 0,2 | 60,9599 | 64,007 9 | 67,055 9 | 70,103 9 | 73,1519 | 76,1999 | 79,2479 | 82,2959 | 85,3439 | 88,3919 |
| 0,3 | 91,4398 | 94,487 8 | 97,535 8 | 100,584 | 103,632 | 106,680 | 109,728 | 112,776 | 115,824 | 118,87 |
| 0,4 | 121,920 | 124,968 | 128,016 | 131,064 | 134,112 | 137,160 | 140,208 | 143,256 | 146,304 | 149,35 |
| 0,5 | 152,400 | 155,448 | 158,496 | 161,544 | 164,592 | 167,640 | 170,688 | 173,736 | 176,784 | 179,83 |
| 0,6 | 182,880 | 185,928 | 188,976 | 192,024 | 195,072 | 198,120 | 201,168 | 204,216 | 207,264 | 210,31 |
| 0,7 | 213,360 | 216,408 | 219,456 | 222,504 | 225,552 | 228,600 | 231,648 | 234,696 | 237,744 | 240,79 |
| 0,8 | 243,840 | 246,888 | 249,936 | 252,984 | 256,032 | 259,080 | 262,128 | 265,176 | 268,224 | 271,27 |
| 0,9 | 274,320 | 277,368 | 280,416 | 283,464 | 286,512 | 289,560 | 292,607 | 295,655 | 298,703 | 301,75 |
| 1,0 | 304,799 | 307,847 | 310,895 | 313,943 | 316,991 | 320,039 | 323,087 | 326,135 | 329,183 | 332,23 |

b) 1 m = 3,280 845 58 ft.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 3,280 85 | 6,561 69 | 9,842 54 | 13,1234 | 16,4042 | 19,6851 | 22,9659 | 26,2468 | 29,527 |
| 10 | 32,8085 | 36,089 3 | 39,370 1 | 42,651 0 | 45,9318 | 49,2127 | 52,4935 | 55,7744 | 59,0552 | 62,336 |
| 20 | 65,6169 | 68,897 8 | 72,178 6 | 75,459 4 | 78,7403 | 82,0211 | 85,3020 | 88,5828 | 91,8637 | 95,144 |
| 30 | 98,4254 | 101,706 | 104,987 | 108,268 | 111,549 | 114,830 | 118,110 | 121,391 | 124,672 | 127,96 |
| 40 | 131,234 | 134,515 | 137,796 | 141,076 | 144,357 | 147,638 | 150,919 | 154,200 | 157,481 | 160,76 |
| 50 | 164,042 | 167,323 | 170,604 | 173,885 | 177,166 | 180,447 | 183,727 | 187,008 | 190,289 | 193,57 |
| 60 | 196,851 | 200,132 | 203,412 | 206,693 | 209,974 | 213,255 | 216,536 | 219,817 | 223,097 | 226,37 |
| 70 | 229,659 | 232,940 | 236,221 | 239,502 | 242,783 | 246,063 | 249,344 | 252,625 | 255,906 | 259,18 |
| 80 | 262,468 | 265,748 | 269,029 | 272,310 | 275,591 | 278,872 | 282,153 | 285,434 | 288,714 | 291,99 |
| 90 | 295,276 | 298,557 | 301,838 | 305,119 | 308,399 | 311,680 | 314,961 | 318,242 | 321,523 | 324,80 |
| 100 | 328,085 | 331,365 | 334,646 | 337,927 | 341,208 | 344,489 | 347,770 | 351 050 | 354,331 | 357,61 |

## Tablica 11. Pretvaranje engl. stopa i palaca u milimetre

1 ft. = 304,799 47 mm, 1 inch = 25,399 956 mm

| | 0″ | 1″ | 2″ | 3″ | 4″ | 5″ | 6″ | 7″ | 8″ | 9″ | 10″ | 11″ | 12″ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | [illegible] | 25,40 | 50,80 | 76,20 | 101,60 | 127,00 | 152,40 | 177,80 | 203,20 | 228,60 | 254,00 | 279,40 | 304,80 |
| 12 | 304,80 | 330,20 | 355,60 | 381,00 | 406,40 | 431,80 | 457,20 | 482,60 | 508,00 | 533,40 | 558,80 | 584,20 | 609,60 |
| 24 | 609,60 | 635,00 | 660,40 | 685,80 | 711,20 | 736,60 | 762,00 | 787,40 | 812,80 | 838,20 | 863,60 | 889,00 | 914,40 |
| 36 | 914,40 | 939,80 | 965,20 | 990,60 | 1016,0 | 1041,4 | 1066,8 | 1092,2 | 1117,6 | 1143,0 | 1168,4 | 1193,8 | 1219,2 |
| 48 | 1219,2 | 1244,6 | 1270,0 | 1295,4 | 1320,8 | 1346,2 | 1371,6 | 1397,0 | 1422,4 | 1447,8 | 1473,2 | 1498,6 | 1524,0 |
| 60 | 1524,0 | 1549,4 | 1574,8 | 1600,2 | 1625,6 | 1651,0 | 1676,4 | 1701,8 | 1727,2 | 1752,6 | 1778,0 | 1803,4 | 1828,8 |
| 72 | 1828,8 | 1854,2 | 1879,6 | 1905,0 | 1930,4 | 1955,8 | 1981,2 | 2006,6 | 2032,0 | 2057,4 | 2082,8 | 2108,2 | 2133,6 |
| 84 | 2133,6 | 2159,0 | 2184,4 | 2209,8 | 2235,2 | 2260,6 | 2286,0 | 2311,4 | 2336,8 | 2362,2 | 2387,6 | 2413,0 | 2438,4 |
| 96 | 2438,4 | 2463,8 | 2489,2 | 2514,6 | 2540,0 | 2565,4 | 2590,8 | 2616,2 | 2641,6 | 2667,0 | 2692,4 | 2717,8 | 2743,2 |
| 108 | 2743,2 | 2768,6 | 2794,0 | 2819,4 | 2844,8 | 2870,2 | 2895,6 | 2921,0 | 2946,4 | 2971,8 | 2997,2 | 3022,6 | 3048,0 |
| 120 | 3048,0 | 3073,4 | 3098,8 | 3124,2 | 3149,6 | 3175,0 | 3200,4 | 3225,8 | 3251,2 | 3276,6 | 3302,0 | 3327,4 | 3352,8 |
| 132 | 3352,8 | 3378,2 | 3403,6 | 3429,0 | 3454,4 | 3479,8 | 3505,2 | 3530,6 | 3556,0 | 3581,4 | 3606,8 | 3632,2 | 3657,6 |
| 144 | 3657,6 | 3683,0 | 3708,4 | 3733,8 | 3759,2 | 3784,6 | 3810,0 | 3835,4 | 3860,8 | 3886,2 | 3911,6 | 3937,0 | 3962,4 |
| 156 | 3962,4 | 3987,8 | 4013,2 | 4038,6 | 4064,0 | 4089,4 | 4114,8 | 4140,2 | 4165,6 | 4191,0 | 4216,4 | 4241,8 | 4267,2 |
| 168 | 4267,2 | 4292,6 | 4318,0 | 4343,4 | 4368,8 | 4394,2 | 4419,6 | 4445,0 | 4470,4 | 4495,8 | 4521,2 | 4546,6 | 4572,0 |
| 180 | 4572,0 | 4597,4 | 4622,8 | 4648,2 | 4673,6 | 4699,0 | 4724,4 | 4749,8 | 4775,2 | 4800,6 | 4826,0 | 4851,4 | 4876,8 |
| 192 | 4876,8 | 4902,2 | 4927,6 | 4953,0 | 4978,4 | 5003,8 | 5029,2 | 5054,6 | 5080,0 | 5105,4 | 5130,8 | 5156,2 | 5181,6 |
| 204 | 5181,6 | 5207,0 | 5232,4 | 5257,8 | 5283,2 | 5308,6 | 5334,0 | 5359,4 | 5384,8 | 5410,2 | 5435,6 | 5461,0 | 5486,4 |
| 216 | 5486,4 | 5511,8 | 5537,2 | 5562,6 | 5588,0 | 5613,4 | 5638,8 | 5664,2 | 5689,6 | 5715,0 | 5740,4 | 5765,8 | 5791,2 |
| 228 | 5791,2 | 5816,6 | 5842,0 | 5867,4 | 5892,8 | 5918,2 | 5943,6 | 5969,0 | 5994,4 | 6019,8 | 6045,2 | 6070,6 | 6096,0 |
| 240 | 6096,0 | 6121,4 | 6146,8 | 6172,2 | 6197,6 | 6223,0 | 6248,4 | 6273,8 | 6299,2 | 6324,6 | 6350,0 | 6375,4 | 6400,8 |
| 252 | 6400,8 | 6426,2 | 6451,6 | 6477,0 | 6502,4 | 6527,8 | 6553,2 | 6578,6 | 6604,0 | 6629,4 | 6654,8 | 6680,2 | 6705,6 |
| 264 | 6705,6 | 6731,0 | 6756,4 | 6781,8 | 6807,2 | 6832,6 | 6858,0 | 6883,4 | 6908,8 | 6934,2 | 6959,6 | 6985,0 | 7010,4 |
| 276 | 7010,4 | 7035,8 | 7061,2 | 7086,6 | 7112,0 | 7137,4 | 7162,8 | 7188,2 | 7213,6 | 7239,0 | 7264,4 | 7289,8 | 7315,2 |
| 288 | 7315,2 | 7340,6 | 7366,0 | 7391,4 | 7416,8 | 7442,2 | 7467,6 | 7493,0 | 7518,4 | 7543,8 | 7569,2 | 7594,6 | 7620,0 |
| 300 | 7620,0 | 7645,4 | 7670,8 | 7696,2 | 7721,6 | 7747,0 | 7772,4 | 7797,8 | 7823,2 | 7848,6 | 7874,0 | 7899,4 | 7924,8 |
| 312 | 7924,8 | 7950,2 | 7975,6 | 8001,0 | 8026,4 | 8051,8 | 8077,2 | 8102,6 | 8128,0 | 8153,4 | 8178,8 | 8204,2 | 8229,6 |
| 324 | 8229,6 | 8255,0 | 8280,4 | 8305,8 | 8331,2 | 8356,6 | 8382,0 | 8407,4 | 8432,8 | 8458,2 | 8483,6 | 8509,0 | 8534,4 |
| 336 | 8534,4 | 8559,8 | 8585,2 | 8610,6 | 8636,0 | 8661,4 | 8686,8 | 8712,2 | 8737,6 | 8763,0 | 8788,4 | 8813,8 | 8839,2 |
| 348 | 8839,2 | 8864,6 | 8890,0 | 8915,4 | 8940,8 | 8966,2 | 8991,6 | 9017,0 | 9042,4 | 9067,8 | 9093,2 | 9118,6 | 9144,0 |
| 360 | 9144,0 | 9169,4 | 9194,8 | 9220,2 | 9245,6 | 9271,0 | 9296,4 | 9321,8 | 9347,2 | 9372,6 | 9398,0 | 9423,4 | 9448,8 |
| 372 | 9448,8 | 9474,2 | 9499,6 | 9525,0 | 9550,4 | 9575,8 | 9601,2 | 9626,6 | 9652,0 | 9677,4 | 9702,8 | 9728,2 | 9753,6 |
| 384 | 9753,6 | 9779,0 | 9804,4 | 9829,8 | 9855,2 | 9880,6 | 9906,0 | 9931,4 | 9956,8 | 9982,2 | 10 008 | 10 033 | 10 058 |
| 396 | 10 058 | 10 084 | 10 109 | 10 135 | 10 160 | 10 185 | 10 211 | 10 236 | 10 262 | 10 287 | 10 312 | 10 338 | 10 363 |
| 408 | 10 363 | 10 389 | 10 414 | 10 439 | 10 465 | 10 490 | 10 516 | 10 541 | 10 566 | 10 592 | 10 617 | 10 643 | 10 668 |
| 420 | 10 668 | 10 693 | 10 719 | 10 744 | 10 770 | 10 795 | 10 820 | 10 846 | 10 871 | 10 897 | 10 922 | 10 947 | 10 973 |
| 432 | 10 973 | 10 998 | 11 024 | 11 049 | 11 074 | 11 100 | 11 125 | 11 151 | 11 176 | 11 201 | 11 227 | 11 252 | 11 278 |
| 444 | 11 278 | 11 303 | 11 328 | 11 354 | 11 379 | 11 405 | 11 430 | 11 455 | 11 481 | 11 506 | 11 532 | 11 557 | 11 582 |
| 456 | 11 582 | 11 608 | 11 633 | 11 659 | 11 684 | 11 709 | 11 735 | 11 760 | 11 786 | 11 811 | 11 836 | 11 862 | 11 887 |
| 468 | 11 887 | 11 913 | 11 938 | 11 963 | 11 989 | 12 014 | 12 040 | 12 065 | 12 090 | 12 116 | 12 141 | 12 167 | 12 192 |
| 480 | 12 192 | 12 217 | 12 243 | 12 268 | 12 294 | 12 319 | 12 344 | 12 370 | 12 395 | 12 421 | 12 446 | 12 471 | 12 497 |
| 492 | 12 497 | 12 522 | 12 548 | 12 573 | 12 598 | 12 624 | 12 649 | 12 675 | 12 700 | 12 725 | 12 751 | 12 776 | 12 802 |
| 504 | 12 802 | 12 827 | 12 852 | 12 878 | 12 903 | 12 929 | 12 954 | 12 979 | 13 005 | 13 030 | 13 056 | 13 081 | 13 106 |
| 516 | 13 106 | 13 132 | 13 157 | 13 183 | 13 208 | 13 233 | 13 259 | 13 284 | 13 310 | 13 335 | 13 360 | 13 386 | 13 411 |
| 528 | 13 411 | 13 437 | 13 462 | 13 487 | 13 513 | 13 538 | 13 564 | 13 589 | 13 614 | 13 640 | 13 665 | 13 691 | 13 716 |
| 540 | 13 716 | 13 741 | 13 767 | 13 792 | 13 818 | 13 843 | 13 868 | 13 894 | 13 919 | 13 945 | 13 970 | 13 995 | 14 021 |
| 552 | 14 021 | 14 046 | 14 072 | 14 097 | 14 122 | 14 148 | 14 173 | 14 199 | 14 224 | 14 249 | 14 275 | 14 300 | 14 326 |
| 564 | 14 326 | 14 351 | 14 376 | 14 402 | 14 427 | 14 453 | 14 478 | 14 503 | 14 529 | 14 554 | 14 580 | 14 605 | 14 630 |
| 576 | 14 630 | 14 656 | 14 681 | 14 707 | 14 732 | 14 757 | 14 783 | 14 808 | 14 834 | 14 859 | 14 884 | 14 910 | 14 935 |
| 588 | 14 935 | 14 961 | 14 986 | 15 011 | 15 037 | 15 062 | 15 088 | 15 113 | 15 138 | 15 164 | 15 189 | 15 215 | 15 240 |
| 600 | 15 240 | 15 265 | 15 291 | 15 316 | 15 342 | 15 367 | 15 392 | 15 418 | 15 443 | 15 469 | 15 494 | 15 519 | 15 545 |
| 612 | 15 545 | 15 570 | 15 596 | 15 621 | 15 646 | 15 672 | 15 697 | 15 723 | 15 748 | 15 773 | 15 799 | 15 824 | 15 850 |
| 624 | 15 850 | 15 875 | 15 900 | 15 926 | 15 951 | 15 977 | 16 002 | 16 027 | 16 053 | 16 078 | 16 104 | 16 129 | 16 154 |
| 636 | 16 154 | 16 180 | 16 205 | 16 231 | 16 256 | 16 281 | 16 307 | 16 332 | 16 358 | 16 383 | 16 408 | 16 434 | 16 459 |
| 648 | 16 459 | 16 485 | 16 510 | 16 535 | 16 561 | 16 586 | 16 612 | 16 637 | 16 662 | 16 688 | 16 713 | 16 739 | 16 764 |
| | 0″ | 1″ | 2″ | 3″ | 4″ | 5″ | 6″ | 7″ | 8″ | 9″ | 10″ | 11″ | 12″ |

**Tablica 12. Pretvaranje 16-tina engl. palaca u milimetre** (v. i tabl. 9 na str. 1442). 1 inch = 25,399 956 mm, 1/16 inch = 1,587 497 5 mm

| inch | 0 | 1/16 | 1/8 | 3/16 | 1/4 | 5/16 | 3/8 | 7/16 | 1/2 | 9/16 | 5/8 | 11/16 | 3/4 | 13/16 | 7/8 | 15/16 | inch |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,58750 | 3,17499 | 4,76249 | 6,34999 | 7,93749 | 9,52498 | 11,1125 | 12,7000 | 14,2875 | 15,8750 | 17,4625 | 19,0500 | 20,6375 | 22,2250 | 23,8125 | 0 |
| 1 | 25,39996 | 26,9875 | 28,5749 | 30,1624 | 31,7499 | 33,3374 | 34,9249 | 36,5124 | 38,0999 | 39,6874 | 41,2749 | 42,8624 | 44,4499 | 46,0374 | 47,6249 | 49,2124 | 1 |
| 2 | 50,79991 | 52,3874 | 53,9749 | 55,5624 | 57,1499 | 58,7374 | 60,3249 | 61,9124 | 63,4999 | 65,0874 | 66,6749 | 68,2624 | 69,8499 | 71,4374 | 73,0249 | 74,6124 | 2 |
| 3 | 76,19987 | 77,7874 | 79,3749 | 80,9624 | 82,5499 | 84,1374 | 85,7248 | 87,3123 | 88,8998 | 90,4873 | 92,0748 | 93,6623 | 95,2498 | 96,8373 | 98,4248 | 100,012 | 3 |
| 4 | 101,5998 | 103,187 | 104,775 | 106,362 | 107,950 | 109,537 | 111,125 | 112,712 | 114,300 | 115,887 | 117,475 | 119,062 | 120,650 | 122,237 | 123,825 | 125,412 | 4 |
| 5 | 126,9998 | 128,587 | 130,175 | 131,762 | 133,350 | 134,937 | 136,525 | 138,112 | 139,700 | 141,287 | 142,875 | 144,462 | 146,050 | 147,637 | 149,225 | 150,812 | 5 |
| 6 | 152,3997 | 153,987 | 155,575 | 157,162 | 158,750 | 160,337 | 161,925 | 163,512 | 165,100 | 166,687 | 168,275 | 169,862 | 171,450 | 173,037 | 174,625 | 176,212 | 6 |
| 7 | 177,7997 | 179,387 | 180,975 | 182,562 | 184,150 | 185,737 | 187,325 | 188,912 | 190,500 | 192,087 | 193,675 | 195,262 | 196,850 | 198,437 | 200,025 | 201,612 | 7 |
| 8 | 203,1996 | 204,787 | 206,375 | 207,962 | 209,550 | 211,137 | 212,725 | 214,312 | 215,900 | 217,487 | 219,075 | 220,662 | 222,250 | 223,837 | 225,425 | 227,012 | 8 |
| 9 | 228,5996 | 230,187 | 231,775 | 233,362 | 234,950 | 236,537 | 238,125 | 239,712 | 241,300 | 242,887 | 244,475 | 246,062 | 247,650 | 249,237 | 250,825 | 252,412 | 9 |
| 10 | 253,9996 | 255,587 | 257,175 | 258,762 | 260,350 | 261,937 | 263,525 | 265,112 | 266,700 | 268,287 | 269,875 | 271,462 | 273,050 | 274,637 | 276,225 | 277,812 | 10 |
| 11 | 279,3995 | 280,987 | 282,575 | 284,162 | 285,749 | 287,337 | 288,924 | 290,512 | 292,099 | 293,687 | 295,274 | 296,862 | 298,449 | 300,037 | 301,624 | 303,212 | 11 |
| 12 | 304,7995 | 306,387 | 307,974 | 309,562 | 311,149 | 312,737 | 314,324 | 315,912 | 317,499 | 319,087 | 320,674 | 322,262 | 323,849 | 325,437 | 327,024 | 328,612 | 12 |
| 13 | 330,1994 | 331,787 | 333,374 | 334,962 | 336,549 | 338,137 | 339,724 | 341,312 | 342,899 | 344,487 | 346,074 | 347,662 | 349,249 | 350,837 | 352,424 | 354,012 | 13 |
| 14 | 355,5994 | 357,187 | 358,774 | 360,362 | 361,949 | 363,537 | 365,124 | 366,712 | 368,299 | 369,887 | 371,474 | 373,062 | 374,649 | 376,237 | 377,824 | 379,412 | 14 |
| 15 | 380,9993 | 382,587 | 384,174 | 385,762 | 387,349 | 388,937 | 390,524 | 392,112 | 393,699 | 395,287 | 396,874 | 398,462 | 400,049 | 401,637 | 403,224 | 404,812 | 15 |
| 16 | 406,3993 | 407,987 | 409,574 | 411,162 | 412,749 | 414,337 | 415,924 | 417,512 | 419,099 | 420,687 | 422,274 | 423,862 | 425,449 | 427,037 | 428,624 | 430,212 | 16 |
| 17 | 431,7992 | 433,387 | 434,974 | 436,562 | 438,149 | 439,737 | 441,324 | 442,912 | 444,499 | 446,087 | 447,674 | 449,262 | 450,849 | 452,437 | 454,024 | 455,612 | 17 |
| 18 | 457,1992 | 458,787 | 460,374 | 461,962 | 463,549 | 465,137 | 466,724 | 468,312 | 469,899 | 471,487 | 473,074 | 474,662 | 476,249 | 477,837 | 479,424 | 481,012 | 18 |
| 19 | 482,5991 | 484,187 | 485,774 | 487,362 | 488,949 | 490,537 | 492,124 | 493,712 | 495,299 | 496,887 | 498,474 | 500,062 | 501,649 | 503,237 | 504,824 | 506,412 | 19 |
| 20 | 507,9991 | 509,587 | 511,174 | 512,762 | 514,349 | 515,937 | 517,524 | 519,112 | 520,699 | 522,287 | 523,874 | 525,462 | 527,049 | 528,637 | 530,224 | 531,812 | 20 |
| 21 | 533,3991 | 534,987 | 536,574 | 538,162 | 539,749 | 541,337 | 542,924 | 544,512 | 546,099 | 547,687 | 549,274 | 550,862 | 552,449 | 554,037 | 555,624 | 557,212 | 21 |
| 22 | 558,7990 | 560,387 | 561,974 | 563,562 | 565,149 | 566,737 | 568,324 | 569,911 | 571,499 | 573,086 | 574,674 | 576,261 | 577,849 | 579,436 | 581,024 | 582,611 | 22 |
| 23 | 584,1990 | 585,786 | 587,374 | 588,961 | 590,549 | 592,136 | 593,724 | 595,311 | 596,899 | 598,486 | 600,074 | 601,661 | 603,249 | 604,836 | 606,424 | 608,011 | 23 |
| 24 | 609,5989 | 611,186 | 612,774 | 614,361 | 615,949 | 617,536 | 619,124 | 620,711 | 622,299 | 623,886 | 625,474 | 627,061 | 628,649 | 630,236 | 631,824 | 633,411 | 24 |
| 25 | 634,9989 | 636,586 | 638,174 | 639,761 | 641,349 | 642,936 | 644,524 | 646,111 | 647,699 | 649,286 | 650,874 | 652,461 | 654,049 | 655,636 | 657,224 | 658,811 | 25 |
| 26 | 660,3988 | 661,986 | 663,574 | 665,161 | 666,749 | 668,336 | 669,924 | 671,511 | 673,099 | 674,686 | 676,274 | 677,861 | 679,449 | 681,036 | 682,624 | 684,211 | 26 |
| 27 | 685,7988 | 687,386 | 688,974 | 690,561 | 692,149 | 693,736 | 695,324 | 696,911 | 698,499 | 700,086 | 701,674 | 703,261 | 704,849 | 706,436 | 708,024 | 709,611 | 27 |
| 28 | 711,1987 | 712,786 | 714,374 | 715,961 | 717,549 | 719,136 | 720,724 | 722,311 | 723,899 | 725,486 | 727,074 | 728,661 | 730,249 | 731,836 | 733,424 | 735,011 | 28 |
| 29 | 736,5987 | 738,186 | 739,774 | 741,361 | 742,949 | 744,536 | 746,124 | 747,711 | 749,299 | 750,886 | 752,474 | 754,061 | 755,649 | 757,236 | 758,824 | 760,411 | 29 |
| 30 | 761,9987 | 763,586 | 765,174 | 766,761 | 768,349 | 769,936 | 771,524 | 773,111 | 774,699 | 776,286 | 777,874 | 779,461 | 781,049 | 782,636 | 784,224 | 785,811 | 30 |
| 31 | 787,3986 | 788,986 | 790,574 | 792,161 | 793,749 | 795,336 | 796,924 | 798,511 | 800,099 | 801,686 | 803,274 | 804,861 | 806,449 | 808,036 | 809,624 | 811,211 | 31 |
| 32 | 812,7986 | 814,386 | 815,974 | 817,561 | 819,149 | 820,736 | 822,324 | 823,911 | 825,499 | 827,086 | 828,674 | 830,261 | 831,849 | 833,436 | 835,024 | 836,611 | 32 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 33 | 838,1985 | 839,786 | 844,374 | 842,961 | 844,549 | 846,136 | 847,724 | 849,311 | 850,898 | 852,486 | 854,073 | 855,661 | 857,248 | 858,836 | 860,423 | 862,011 | 33 |
| 34 | 863,5985 | 865,186 | 866,773 | 868,361 | 869,948 | 871,536 | 873,123 | 874,711 | 876,298 | 877,886 | 879,473 | 881,061 | 882,648 | 884,236 | 885,823 | 887,411 | 34 |
| 35 | 888,9984 | 890,586 | 892,173 | 893,761 | 895,348 | 896,936 | 898,523 | 900,111 | 901,698 | 903,286 | 904,873 | 906,461 | 908,048 | 909,636 | 911,223 | 912,811 | 35 |
| 36 | 914,3984 | 915,986 | 917,573 | 919,161 | 920,748 | 922,336 | 923,923 | 925,511 | 927,098 | 928,686 | 930,273 | 931,861 | 933,448 | 935,036 | 936,623 | 938,211 | 36 |
| 37 | 939,7983 | 941,386 | 942,973 | 944,561 | 946,148 | 947,736 | 949,323 | 950,911 | 952,498 | 954,086 | 955,673 | 957,261 | 958,848 | 960,436 | 962,023 | 963,611 | 37 |
| 38 | 965,1983 | 966,786 | 968,373 | 969,961 | 971,548 | 973,136 | 974,723 | 976,311 | 977,898 | 979,486 | 981,073 | 982,661 | 984,248 | 985,836 | 987,423 | 989,011 | 38 |
| 39 | 990,5983 | 992,186 | 993,773 | 995,361 | 996,948 | 998,536 | 1000,12 | 1001,71 | 1003,30 | 1004,89 | 1006,47 | 1008,06 | 1009,65 | 1011,24 | 1012,82 | 1014,41 | 39 |
| 40 | 1015,998 | 1017,59 | 1019,17 | 1020,76 | 1022,35 | 1023,94 | 1025,52 | 1027,11 | 1028,70 | 1030,29 | 1031,87 | 1033,46 | 1035,05 | 1036,64 | 1038,22 | 1039,81 | 40 |
| 41 | 1041,398 | 1042,99 | 1044,57 | 1046,16 | 1047,75 | 1049,34 | 1050,92 | 1052,51 | 1054,10 | 1055,69 | 1057,27 | 1058,86 | 1060,45 | 1062,04 | 1063,62 | 1065,21 | 41 |
| 42 | 1066,798 | 1068,39 | 1069,97 | 1071,56 | 1073,15 | 1074,74 | 1076,32 | 1077,91 | 1079,50 | 1081,09 | 1082,67 | 1084,26 | 1085,85 | 1087,44 | 1089,02 | 1090,61 | 42 |
| 43 | 1092,198 | 1093,79 | 1095,37 | 1096,96 | 1098,55 | 1100,14 | 1101,72 | 1103,31 | 1104,90 | 1106,49 | 1108,07 | 1109,66 | 1111,25 | 1112,84 | 1114,42 | 1116,01 | 43 |
| 44 | 1117,598 | 1119,19 | 1120,77 | 1122,36 | 1123,95 | 1125,54 | 1127,12 | 1128,71 | 1130,30 | 1131,89 | 1133,47 | 1135,06 | 1136,65 | 1138,24 | 1139,82 | 1141,41 | 44 |
| 45 | 1142,998 | 1144,59 | 1146,17 | 1147,76 | 1149,35 | 1150,94 | 1152,52 | 1154,11 | 1155,70 | 1157,29 | 1158,87 | 1160,46 | 1162,05 | 1163,64 | 1165,22 | 1166,81 | 45 |
| 46 | 1168,398 | 1169,99 | 1171,57 | 1173,16 | 1174,75 | 1176,34 | 1177,92 | 1179,51 | 1181,10 | 1182,69 | 1184,27 | 1185,86 | 1187,45 | 1189,04 | 1190,62 | 1192,21 | 46 |
| 47 | 1193,798 | 1195,39 | 1196,97 | 1198,56 | 1200,15 | 1201,74 | 1203,32 | 1204,91 | 1206,50 | 1208,09 | 1209,67 | 1211,26 | 1212,85 | 1214,44 | 1216,02 | 1217,61 | 47 |
| 48 | 1219,198 | 1220,79 | 1222,37 | 1223,96 | 1225,55 | 1227,14 | 1228,72 | 1230,31 | 1231,90 | 1233,49 | 1235,07 | 1236,66 | 1238,25 | 1239,84 | 1241,42 | 1243,01 | 48 |
| 49 | 1244,598 | 1246,19 | 1247,77 | 1249,36 | 1250,95 | 1252,54 | 1254,12 | 1255,71 | 1257,30 | 1258,89 | 1260,47 | 1262,06 | 1263,65 | 1265,24 | 1266,82 | 1268,41 | 49 |
| 50 | 1269,998 | 1271,59 | 1273,17 | 1274,76 | 1276,35 | 1277,94 | 1279,52 | 1281,11 | 1282,70 | 1284,29 | 1285,87 | 1287,46 | 1289,05 | 1290,64 | 1292,22 | 1293,81 | 50 |
| 51 | 1295,398 | 1296,99 | 1298,57 | 1300,16 | 1301,75 | 1303,34 | 1304,92 | 1306,51 | 1308,10 | 1309,69 | 1311,27 | 1312,86 | 1314,45 | 1316,04 | 1317,62 | 1319,21 | 51 |
| 52 | 1320,798 | 1322,39 | 1323,97 | 1325,56 | 1327,15 | 1328,74 | 1330,32 | 1331,91 | 1333,50 | 1335,09 | 1336,67 | 1338,26 | 1339,85 | 1341,44 | 1343,02 | 1344,61 | 52 |
| 53 | 1346,198 | 1347,79 | 1349,37 | 1350,96 | 1352,55 | 1354,14 | 1355,72 | 1357,31 | 1358,90 | 1360,49 | 1362,07 | 1363,66 | 1365,25 | 1366,84 | 1368,42 | 1370,01 | 53 |
| 54 | 1371,598 | 1373,19 | 1374,77 | 1376,36 | 1377,95 | 1379,54 | 1381,12 | 1382,71 | 1384,30 | 1385,89 | 1387,47 | 1389,06 | 1390,65 | 1392,24 | 1393,82 | 1395,41 | 54 |
| 55 | 1396,998 | 1398,59 | 1400,17 | 1401,76 | 1403,35 | 1404,94 | 1406,52 | 1408,11 | 1409,70 | 1411,29 | 1412,87 | 1414,46 | 1416,05 | 1417,63 | 1419,22 | 1420,81 | 55 |
| 56 | 1422 397 | 1423,98 | 1425,57 | 1427,16 | 1428,75 | 1430,33 | 1431,92 | 1433,51 | 1435,10 | 1436,68 | 1438,27 | 1439,86 | 1441,45 | 1443,03 | 1444,62 | 1446,21 | 56 |
| 57 | 1447,797 | 1449,38 | 1450,97 | 1452,56 | 1454,15 | 1455,73 | 1457,32 | 1458,91 | 1460,50 | 1462,08 | 1463,67 | 1465,26 | 1466,85 | 1468,43 | 1470,02 | 1471,61 | 57 |
| 58 | 1473,197 | 1474,78 | 1476,37 | 1477,96 | 1479,55 | 1481,13 | 1482,72 | 1484,31 | 1485,90 | 1487,48 | 1489,07 | 1490,66 | 1492,25 | 1493,83 | 1495,42 | 1497,01 | 58 |
| 59 | 1498,597 | 1500,18 | 1501,77 | 1503,36 | 1504,95 | 1506,53 | 1508,12 | 1509,71 | 1511,30 | 1512,88 | 1514,47 | 1516,06 | 1517,65 | 1519,23 | 1520,82 | 1522,41 | 59 |
| 60 | 1523,997 | 1525,58 | 1527,17 | 1528,76 | 1530,35 | 1531,93 | 1533,52 | 1535,11 | 1536,70 | 1538,28 | 1539,87 | 1541,46 | 1543,05 | 1544,63 | 1546,22 | 1547,81 | 60 |
| 61 | 1549,397 | 1550,98 | 1552,57 | 1554,16 | 1555,75 | 1557,33 | 1558,92 | 1560,51 | 1562,10 | 1563,68 | 1565,27 | 1566,86 | 1568,45 | 1570,03 | 1571,62 | 1573,21 | 61 |
| 62 | 1574,797 | 1576,38 | 1577,97 | 1579,56 | 1581,15 | 1582,73 | 1584,32 | 1585,91 | 1587,50 | 1589,08 | 1590,67 | 1592,26 | 1593,85 | 1595,43 | 1597,02 | 1598,61 | 62 |
| 63 | 1600,197 | 1601,78 | 1603,37 | 1604,96 | 1606,55 | 1608,13 | 1609,72 | 1611,31 | 1612,90 | 1614,48 | 1616,07 | 1617,66 | 1619,25 | 1620,83 | 1622,42 | 1624,01 | 63 |
| 64 | 1625,597 | 1627,18 | 1628,77 | 1630,36 | 1631,95 | 1633,53 | 1635,12 | 1636,71 | 1638,30 | 1639,88 | 1641,47 | 1643,06 | 1644,65 | 1646,23 | 1647,82 | 1649,41 | 64 |
| 65 | 1650,997 | 1652,58 | 1654,17 | 1655,76 | 1657,35 | 1658,93 | 1660,52 | 1662,11 | 1663,70 | 1665,28 | 1666,87 | 1668,46 | 1670,05 | 1671,63 | 1673,22 | 1674,81 | 65 |
| 66 | 1676,397 | 1677,98 | 1679,57 | 1681,16 | 1682,75 | 1684,33 | 1685,92 | 1687,51 | 1689,10 | 1690,68 | 1692,27 | 1693,86 | 1695,45 | 1697,03 | 1698,62 | 1700,21 | 66 |
| 67 | 1701,797 | 1703,38 | 1704,97 | 1706,56 | 1708,15 | 1709,73 | 1711,32 | 1712,91 | 1714,50 | 1716,08 | 1717,67 | 1719,26 | 1720,85 | 1722,43 | 1724,02 | 1725,61 | 67 |
| Inch | 0 | 1/16 | 1/8 | 3/16 | 1/4 | 5/16 | 3/8 | 7/16 | 1/2 | 9/16 | 5/8 | 11/16 | 3/4 | 13/16 | 7/8 | 15/16 | Inch |

## Tablica 13. a) Pretvaranje stotih delova engleskog palca u milimetre b) Pretvaranje centimetara u engleske palce

a) 0,01 inch-a = 0,253 999 56 mm

| | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,254 00 | 0,508 00 | 0,762 00 | 1,016 00 | 1,270 00 | 1,524 00 | 1,778 00 | 2,032 00 | 2,286 00 |
| 0,1 | 2,539 996 | 2,794 00 | 3,047 99 | 3,301 99 | 3,555 99 | 3,809 99 | 4,063 99 | 4,317 99 | 4,571 99 | 4,825 99 |
| 0,2 | 5,079 991 | 5,333 99 | 5,587 99 | 5,841 99 | 6,095 99 | 6,349 99 | 6,603 99 | 6,857 99 | 7,111 99 | 7,365 99 |
| 0,3 | 7,619 987 | 7,873 99 | 8,127 99 | 8,381 99 | 8,635 99 | 8,889 98 | 9,143 98 | 9,397 98 | 9,651 98 | 9,905 98 |
| 0,4 | 10,159 98 | 10,414 0 | 10,668 0 | 10,922 0 | 11,176 0 | 11,430 0 | 11,684 0 | 11,938 0 | 12,192 0 | 12,446 0 |
| 0,5 | 12,699 98 | 12,954 0 | 13,208 0 | 13,462 0 | 13,716 0 | 13,970 0 | 14,224 0 | 14,478 0 | 14,732 0 | 14,986 0 |
| 0,6 | 15,239 97 | 15,494 0 | 15,748 0 | 16,002 0 | 16,256 0 | 16,510 0 | 16,764 0 | 17,018 0 | 17,272 0 | 17,526 0 |
| 0,7 | 17,779 97 | 18,034 0 | 18,288 0 | 18,542 0 | 18,796 0 | 19,050 0 | 19,304 0 | 19,558 0 | 19,812 0 | 20,066 0 |
| 0,8 | 20,319 96 | 20,574 0 | 20,828 0 | 21,082 0 | 21,336 0 | 21,590 0 | 21,844 0 | 22,098 0 | 22,352 0 | 22,606 0 |
| 0,9 | 22,859 96 | 23,114 0 | 23,368 0 | 23,622 0 | 23,876 0 | 24,130 0 | 24,384 0 | 24,638 0 | 24,892 0 | 25,146 0 |
| 1.0 | 25,399 96 | 25,654 0 | 25,908 0 | 26,162 0 | 26,416 0 | 26,670 0 | 26,924 0 | 27,178 0 | 27,432 0 | 27,686 0 |

b) 1 cm = 0,393 701 47 inch-a

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,393 70 | 0,787 40 | 1,181 10 | 1,574 81 | 1,968 51 | 2,362 21 | 2,755 91 | 3,149 61 | 3,543 31 |
| 10 | 3,937 01 | 4,330 72 | 4,724 42 | 5,118 12 | 5,511 82 | 5,905 52 | 6,299 22 | 6,692 92 | 7,086 63 | 7,480 33 |
| 20 | 7,874 03 | 8,267 73 | 8,661 43 | 9,055 13 | 9,448 84 | 9,842 54 | 10,236 2 | 10,629 9 | 11,023 6 | 11,417 3 |
| 30 | 11,811 0 | 12,204 7 | 12,598 4 | 12,992 1 | 13,385 8 | 13,779 6 | 14,173 3 | 14,567 0 | 14,960 7 | 15,354 4 |
| 40 | 15,748 1 | 16,141 8 | 16,535 5 | 16,929 2 | 17,322 9 | 17,716 6 | 18,110 3 | 18,504 0 | 18,897 7 | 19,291 4 |
| 50 | 19,685 1 | 20,078 8 | 20,472 5 | 20,866 2 | 21,259 9 | 21,653 6 | 22,047 3 | 22,441 0 | 22,834 7 | 23,228 4 |
| 60 | 23,622 1 | 24,015 8 | 24,409 5 | 24,803 2 | 25,196 9 | 25,590 6 | 25,984 3 | 26,378 0 | 26,771 7 | 27,165 4 |
| 70 | 27,559 1 | 27,952 8 | 28,346 5 | 28,740 2 | 29,133 9 | 29,527 6 | 29,921 3 | 30,315 0 | 30,708 7 | 31,102 4 |
| 80 | 31,496 1 | 31,889 8 | 32,283 5 | 32,677 2 | 33,070 9 | 33,464 6 | 33,858 3 | 34,252 0 | 34,645 7 | 35,039 4 |
| 90 | 35,433 1 | 35,826 8 | 36,220 5 | 36,614 2 | 37,007 9 | 37,401 6 | 37,795 3 | 38,189 0 | 38,582 7 | 38,976 4 |
| 100 | 39,370 1 | 39,763 8 | 40,157 5 | 40,551 3 | 40,945 0 | 41,338 7 | 41,732 4 | 42,126 1 | 42,519 8 | 42,913 5 |

Primer: 13,579″ = ? mm

Iz a) vrsta 2: 10″ = 100 · 0,1″ = 253,999 6 mm
,, ,, ,, 4: 3,5″ = 10 · 0,35″ = 88,899 8 mm
,, ,, ,, 8: 0,079″ = 0,1 · 0,79″ = 2,006 6 mm
13,579″ = 344,906 0 mm

## Tablica 14. a) Pretvaranje ruskih versta u kilometre b) Pretvaranje kilometara u ruske versti

a) 1 verst = 500 saženja = 1,066 80 km

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,06680 | 2,13360 | 3,20040 | 4,26720 | 5,33400 | 6,40080 | 7,46760 | 8,53440 | 9,60120 |
| 10 | 10,6680 | 11,7348 | 12,8016 | 13,8684 | 14,9352 | 16,0020 | 17,0688 | 18,1356 | 19,2024 | 20,2692 |
| 20 | 21,3360 | 22,4028 | 23,4696 | 24,5364 | 25,6032 | 26,6700 | 27,7368 | 28,8036 | 29,8704 | 30,9372 |
| 30 | 32,0040 | 33,0708 | 34,1376 | 35,2044 | 36,2712 | 37,3380 | 38,4048 | 39,4716 | 40,5384 | 41,6052 |
| 40 | 42,6720 | 43,7388 | 44,8056 | 45,8724 | 46,9392 | 48,0060 | 49,0728 | 50,1396 | 51,2064 | 52,2732 |
| 50 | 53,3400 | 54,4068 | 55,4736 | 56,5404 | 57,6072 | 58,6740 | 59,7408 | 60,8076 | 61,8744 | 62,9412 |
| 60 | 64,0080 | 65,0748 | 66,1416 | 67,2084 | 68,2752 | 69,3420 | 70,4088 | 71,4756 | 72,5424 | 73,6092 |
| 70 | 74,6760 | 75,7428 | 76,8096 | 77,8764 | 78,9432 | 80,0100 | 81,0768 | 82,1436 | 83,2104 | 84,2772 |
| 80 | 85,3440 | 86,4108 | 87,4776 | 88,5444 | 89,6112 | 90,6780 | 91,7448 | 92,8116 | 93,8784 | 94,9452 |
| 90 | 96,0120 | 97,0788 | 98,1456 | 99,2124 | 100,279 | 101,346 | 102,413 | 103,480 | 104,546 | 105,613 |
| 100 | 106,680 | 107,747 | 108,814 | 109,880 | 110,947 | 112,014 | 113,081 | 114,148 | 115,214 | 116,281 |

b) 1 km = 0,937 382 8 versta

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,93738 | 1,87477 | 2,81215 | 3,74953 | 4,68691 | 5,62430 | 6,56168 | 7,49906 | 8,43645 |
| 10 | 9,37383 | 10,3112 | 11,2486 | 12,1860 | 13,1234 | 14,0607 | 14,9981 | 15,9355 | 16,8729 | 17,8103 |
| 20 | 18,7477 | 19,6850 | 20,6224 | 21,5598 | 22,4972 | 23,4346 | 24,3720 | 25,3093 | 26,2467 | 27,1841 |
| 30 | 28,1215 | 29,0589 | 29,9963 | 30,9336 | 31,8710 | 32,8084 | 33,7458 | 34,6832 | 35,6205 | 36,5579 |
| 40 | 37,4953 | 38,4327 | 39,3701 | 40,3075 | 41,2448 | 42,1822 | 43,1196 | 44,0570 | 44,9944 | 45,9318 |
| 50 | 46,8691 | 47,8065 | 48,7439 | 49,6813 | 50,6187 | 51,5561 | 52,4934 | 53,4308 | 54,3682 | 55,3056 |
| 60 | 56,2430 | 57,1804 | 58,1177 | 59,0551 | 59,9925 | 60,9299 | 61,8673 | 62,8046 | 63,7420 | 64,6794 |
| 70 | 65,6168 | 66,5542 | 67,4916 | 68,4289 | 69,3663 | 70,3037 | 71,2411 | 72,1785 | 73,1159 | 74,0532 |
| 80 | 74,9906 | 75,9280 | 76,8654 | 77,8028 | 78,7402 | 79,6775 | 80,6149 | 81,5523 | 82,4897 | 83,4271 |
| 90 | 84,3645 | 85,3018 | 86,2392 | 87,1766 | 88,1140 | 89,0514 | 89,9887 | 90,9261 | 91,8635 | 92,8009 |
| 100 | 93,7383 | 94,6757 | 95,6130 | 96,5504 | 97,4878 | 98,4252 | 99,3626 | 100,300 | 101,237 | 102,175 |

## Tablica 15. a) Pretvaranje ruskih saženja u metre
## b) Pretvaranje metara u ruske saženje

a) 1 saženj = 7 stopa = 3 aršina = 2,133 60 m

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2,13360 | 4,26720 | 6,40080 | 8,53440 | 10,6680 | 12,8016 | 14,9352 | 17,0688 | 19,2024 |
| 10 | 21,3360 | 23,4696 | 25,6032 | 27,7368 | 29,8704 | 32,0040 | 34,1376 | 36,2712 | 38,4048 | 40,5384 |
| 20 | 42,6720 | 44,8056 | 46,9392 | 49,0728 | 51,2064 | 53,3400 | 55,4736 | 57,6072 | 59,7408 | 61,8744 |
| 30 | 64,0080 | 66,1416 | 68,2752 | 70,4088 | 72,5424 | 74,6760 | 76,8096 | 78,9432 | 81,0768 | 83,2104 |
| 40 | 85,3440 | 87,4776 | 89,6112 | 91,7448 | 93,8784 | 96,0120 | 98,1456 | 100,279 | 102,413 | 104,546 |
| 50 | 106,680 | 108,814 | 110,947 | 113,081 | 115,214 | 117,348 | 119,482 | 121,615 | 123,749 | 125,882 |
| 60 | 128,016 | 130,150 | 132,283 | 134,417 | 136,550 | 138,684 | 140,818 | 142,951 | 145,085 | 147,218 |
| 70 | 149,352 | 151,486 | 153,619 | 155,753 | 157,886 | 160,020 | 162,154 | 164,287 | 166,421 | 168,554 |
| 80 | 170,688 | 172,822 | 174,955 | 177,089 | 179,222 | 181,356 | 183,490 | 185,623 | 187,757 | 189,890 |
| 90 | 192,024 | 194,158 | 196,291 | 198,425 | 200,558 | 202,692 | 204,826 | 206,959 | 209,093 | 211,226 |
| 00 | 213,360 | 215,494 | 217,627 | 219,761 | 221,894 | 224,028 | 226,162 | 228,295 | 230,429 | 232,562 |

b) 1 m = 0,468 691 4 saženja

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,468 69 | 0,937 38 | 1,406 07 | 1,874 77 | 2,343 46 | 2,812 15 | 3,280 84 | 3,749 53 | 4,218 22 |
| 10 | 4,686 91 | 5,155 61 | 5,624 30 | 6,092 99 | 6,561 68 | 7,030 37 | 7,499 06 | 7,967 75 | 8,436 45 | 8,905 14 |
| 20 | 9,373 83 | 9,842 52 | 10,311 2 | 10,779 9 | 11,248 6 | 11,717 3 | 12,186 0 | 12,654 7 | 13,123 4 | 13,592 1 |
| 30 | 14,060 7 | 14,529 4 | 14,998 1 | 15,466 8 | 15,935 5 | 16,404 2 | 16,872 9 | 17,341 6 | 17,810 3 | 18,279 0 |
| 40 | 18,747 7 | 19,216 3 | 19,685 0 | 20,153 7 | 20,622 4 | 21,091 1 | 21,559 8 | 22,028 5 | 22,497 2 | 22,965 9 |
| 50 | 23,434 6 | 23,903 3 | 24,372 0 | 24,840 6 | 25,309 3 | 25,778 0 | 26,246 7 | 26,715 4 | 27,184 1 | 27,652 8 |
| 60 | 28,121 5 | 28,590 2 | 29,058 9 | 29,527 6 | 29,996 2 | 30,464 9 | 30,933 6 | 31,402 3 | 31,871 0 | 32,339 7 |
| 70 | 32,808 4 | 33,277 1 | 33,745 8 | 34,214 5 | 34,683 2 | 35,151 9 | 35,620 5 | 36,089 2 | 36,557 9 | 37,026 6 |
| 80 | 37,495 3 | 37,964 0 | 38,432 7 | 38,901 4 | 39,370 1 | 39,838 8 | 40,307 5 | 40,776 2 | 41,244 8 | 41,713 5 |
| 90 | 42,182 2 | 42,650 9 | 43,119 6 | 43,588 3 | 44,057 0 | 44,525 7 | 44,994 4 | 45,463 1 | 45,931 8 | 46,400 4 |
| 100 | 46,869 1 | 47,337 8 | 47,806 5 | 48,275 2 | 48,743 9 | 49,212 6 | 49,681 3 | 50,150 0 | 50,618 7 | 51,087 4 |

## Tablica 16. a) Pretvaranje ruskih aršina u metre
## b) Pretvaranje metara u ruske aršine

a) 1 aršin = $^1/_3$ saženja = 16 veršoka = 0,711 200 m

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,711 20 | 1,422 40 | 2,133 60 | 2,844 80 | 3,556 00 | 4,267 20 | 4,978 40 | 5,689 60 | 6,400 80 |
| 10 | 7,112 00 | 7,823 20 | 8,534 40 | 9,245 60 | 9,956 80 | 10,668 0 | 11,379 2 | 12,090 4 | 12,801 6 | 13,512 8 |
| 20 | 14,224 0 | 14,935 2 | 15,646 4 | 16,357 6 | 17,068 8 | 17,780 0 | 18,491 2 | 19,202 4 | 19,913 6 | 20,624 8 |
| 30 | 21,336 0 | 22,047 2 | 22,758 4 | 23,469 6 | 24,180 8 | 24,892 0 | 25,603 2 | 26,314 4 | 27,025 6 | 27,736 8 |
| 40 | 28,448 0 | 29,159 2 | 29,870 4 | 30,581 6 | 31,292 8 | 32,004 0 | 32,715 2 | 33,426 4 | 34,137 6 | 34,848 8 |
| 50 | 35,560 0 | 36,271 2 | 36,982 4 | 37,693 6 | 38,404 8 | 39,116 0 | 39,827 2 | 40,538 4 | 41,249 6 | 41,960 8 |
| 60 | 42,672 0 | 43,383 2 | 44,094 4 | 44,805 6 | 45,516 8 | 46,228 0 | 46,939 2 | 47,650 4 | 48,361 6 | 49,072 8 |
| 70 | 49,784 0 | 50,495 2 | 51,206 4 | 51,917 6 | 52,628 8 | 53,340 0 | 54,051 2 | 54,762 4 | 55,473 6 | 56,184 8 |
| 80 | 56,896 0 | 57,607 2 | 58,318 4 | 59,029 6 | 59,740 8 | 60,452 0 | 61,163 2 | 61,874 4 | 62,585 6 | 63,296 8 |
| 90 | 64,008 0 | 64,719 2 | 65,430 4 | 66,141 6 | 66,852 8 | 67,564 0 | 68,275 2 | 68,986 4 | 69,697 6 | 70,408 8 |
| 100 | 71,120 0 | 71,831 2 | 72,542 4 | 73,253 6 | 73,964 8 | 74,676 0 | 75,387 2 | 76,098 4 | 76,809 6 | 77,520 8 |

b) 1 m = 1,406 074 aršina

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,40607 | 2,81214 | 4,21821 | 5,62428 | 7,03035 | 8,43642 | 9,84249 | 11,2486 | 12,6546 |
| 10 | 14,0607 | 15,4668 | 16,8728 | 18,2789 | 19,6850 | 21,0911 | 22,4971 | 23,9032 | 25,3093 | 26,7153 |
| 20 | 28,1214 | 29,5275 | 30,9335 | 32,3396 | 33,7457 | 35,1518 | 36,5578 | 37,9639 | 39,3700 | 40,7760 |
| 30 | 42,1821 | 43,5882 | 44,9942 | 46,4003 | 47,8064 | 49,2125 | 50,6185 | 52,0246 | 53,4307 | 54,8367 |
| 40 | 56,2428 | 57,6489 | 59,0549 | 60,4610 | 61,8671 | 63,2732 | 64,6792 | 66,0853 | 67,4914 | 68,8974 |
| 50 | 70,3035 | 71,7096 | 73,1156 | 74,5217 | 75,9278 | 77,3339 | 78,7399 | 80,1460 | 81,5521 | 82,9581 |
| 60 | 84,3642 | 85,7703 | 87,1763 | 88,5824 | 89,9885 | 91,3946 | 92,8006 | 94,2067 | 95,6128 | 97,0188 |
| 70 | 98,4249 | 99,8310 | 101 237 | 102,643 | 104,049 | 105,455 | 106,861 | 108,267 | 109,673 | 111,080 |
| 80 | 112,486 | 113,892 | 115,298 | 116,704 | 118,110 | 119,516 | 120,922 | 122,328 | 123,734 | 125,140 |
| 90 | 126,546 | 127,952 | 129,358 | 130,765 | 132,171 | 133,577 | 134,983 | 136,389 | 137,795 | 139,201 |
| 100 | 140,607 | 142,013 | 143,419 | 144,825 | 146,231 | 147,637 | 149,043 | 150,449 | 151,856 | 153,262 |

## Tablica 17. a) Pretvaranje ruskih veršoka u centimetre
## b) Pretvaranje centimetara u ruske veršoke

a) 1 veršok = 4,445 0 cm

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 4,44500 | 8,89000 | 13,3350 | 17,7800 | 22,2250 | 26,6700 | 31,1150 | 35,5600 | 40,0050 |
| 10 | 44,4500 | 48,8950 | 53,3400 | 57,7850 | 62,2300 | 66,6750 | 71,1200 | 75,5650 | 80,0100 | 84,4550 |
| 20 | 88,9000 | 93,3450 | 97,7900 | 102,235 | 106,680 | 111,125 | 115,570 | 120,015 | 124,460 | 128,905 |
| 30 | 133,350 | 137,795 | 142,240 | 146,685 | 151,130 | 155,575 | 160,020 | 164,465 | 168,910 | 173,355 |
| 40 | 177,800 | 182,245 | 186,690 | 191,135 | 195,580 | 200,025 | 204,470 | 208,915 | 213,360 | 217,805 |
| 50 | 222,250 | 226,695 | 231,140 | 235,585 | 240,030 | 244,475 | 248,920 | 253,365 | 257,810 | 262,255 |
| 60 | 266,700 | 271,145 | 275,590 | 280,035 | 284,480 | 288,925 | 293,370 | 297,815 | 302,260 | 306,705 |
| 70 | 311,150 | 315,595 | 320,040 | 324,485 | 328,930 | 333,375 | 337,820 | 342,265 | 346,310 | 351,155 |
| 80 | 355,600 | 360,045 | 364,490 | 368,935 | 373,380 | 377,825 | 382,270 | 386,715 | 391,160 | 395,605 |
| 90 | 400,050 | 404,495 | 408,940 | 413,385 | 417,830 | 422,275 | 426,720 | 431,165 | 435,610 | 440,055 |
| 100 | 444,500 | 448,945 | 453,390 | 457,835 | 462,280 | 466,725 | 471,170 | 475,615 | 480,060 | 484,505 |

b) 1 cm = 0,224 971 9 veršoka

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,224 97 | 0,449 94 | 0,674 92 | 0,899 89 | 1,124 86 | 1,349 83 | 1,574 80 | 1,799 78 | 2,024 75 |
| 10 | 2,249 72 | 2,474 69 | 2,699 66 | 2,924 63 | 3,149 61 | 3,374 58 | 3,599 55 | 3,824 52 | 4,049 49 | 4,274 47 |
| 20 | 4,499 44 | 4,724 41 | 4,949 38 | 5,174 35 | 5,399 33 | 5,624 30 | 5,849 27 | 6,074 24 | 6,299 21 | 6,524 19 |
| 30 | 6,749 16 | 6,974 13 | 7,199 10 | 7,424 07 | 7,649 04 | 7,874 02 | 8,098 99 | 8,323 96 | 8,548 93 | 8,773 90 |
| 40 | 8,998 88 | 9,223 85 | 9,448 82 | 9,673 79 | 9,898 76 | 10,123 7 | 10,348 7 | 10,573 7 | 10,798 7 | 11,023 6 |
| 50 | 11,248 6 | 11,473 6 | 11,698 5 | 11,923 5 | 12,148 5 | 12,373 5 | 12,598 4 | 12,823 4 | 13,048 4 | 13,273 3 |
| 60 | 13,498 3 | 13,723 3 | 13,948 3 | 14,173 2 | 14,398 2 | 14,623 2 | 14,848 1 | 15,073 1 | 15,298 1 | 15,523 1 |
| 70 | 15,748 0 | 15,973 0 | 16,198 0 | 16,422 9 | 16,647 9 | 16,872 9 | 17,097 9 | 17,322 8 | 17,547 8 | 17,772 8 |
| 80 | 17,997 8 | 18,222 7 | 18,447 7 | 18,672 7 | 18,897 6 | 19,122 6 | 19,347 6 | 19,572 6 | 19,797 5 | 20,022 5 |
| 90 | 20,247 5 | 20,472 4 | 20,697 4 | 20,922 4 | 21,147 4 | 21,372 3 | 21,597 3 | 21,822 3 | 22,047 2 | 22,272 2 |
| 100 | 22,497 2 | 22,722 2 | 22,947 1 | 23,172 1 | 23,397 1 | 23,622 0 | 23,847 0 | 24,072 0 | 24,297 0 | 24,521 9 |

## Tablica 18. a) Pretvaranje japanskih shaku kane-a u metre
## b) Pretvaranje metara u japanske shaku kane

a) 1 shaku kane = 10 sun-a = 100 bu-a = 0,303 m

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,303 | 0,606 | 0,904 | 1,212 | 1,515 | 1,818 | 2,121 | 2,424 | 2,727 |
| 10 | 3,030 | 3,333 | 3,636 | 3,939 | 4,242 | 4,545 | 4,848 | 5,151 | 5,454 | 5,757 |
| 20 | 6,060 | 6,363 | 6,666 | 6,969 | 7,272 | 7,575 | 7,878 | 8,181 | 8,484 | 8,787 |
| 30 | 9,090 | 9,393 | 9,696 | 9,999 | 10,302 | 10,605 | 10,908 | 11,211 | 11,514 | 11,817 |
| 40 | 12,120 | 12,423 | 12,726 | 13,029 | 13,332 | 13,635 | 13,938 | 14,241 | 14,544 | 14,847 |
| 50 | 15,150 | 15,453 | 15,756 | 16,059 | 16,362 | 16,665 | 16,968 | 17,271 | 17,574 | 17,877 |
| 60 | 18,180 | 18,483 | 18,786 | 19,089 | 19,392 | 19,695 | 19,998 | 20,301 | 20,604 | 20,907 |
| 70 | 21,210 | 21,513 | 21,816 | 22,119 | 22,422 | 22,725 | 23,028 | 23,331 | 23,634 | 23,937 |
| 80 | 24,240 | 24,543 | 24,846 | 25,149 | 25,452 | 25,755 | 26,058 | 26,361 | 26,664 | 26,967 |
| 90 | 27,270 | 27,573 | 27,876 | 28,179 | 28,482 | 28,785 | 29,088 | 29,391 | 29,694 | 29,997 |
| 100 | 30,300 | 30,603 | 30,906 | 31,209 | 31,512 | 31,815 | 32,118 | 32,421 | 32,724 | 33,027 |

b) 1 m = 3,300 33 shaku kane-a

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 3,30033 | 6,60066 | 9,90099 | 13,2013 | 16,5017 | 19,8020 | 23,1023 | 26,4026 | 29,7030 |
| 10 | 33,0033 | 36,3036 | 39,6040 | 42,9043 | 46,2046 | 49,5050 | 52,8053 | 56,1056 | 59,4059 | 62,7063 |
| 20 | 66,0066 | 69,3069 | 72,6073 | 75,9076 | 79,2079 | 82,5083 | 85,8086 | 89,1089 | 92,4092 | 95,7096 |
| 30 | 99,0099 | 102,310 | 105,611 | 108,911 | 112,211 | 115,512 | 118,812 | 122,112 | 125,413 | 128,713 |
| 40 | 132,013 | 135,314 | 138,614 | 141,914 | 145,215 | 148,515 | 151,815 | 155,116 | 158,416 | 161,716 |
| 50 | 165,017 | 168,317 | 171,617 | 174,917 | 178,218 | 181,518 | 184,818 | 188,119 | 191,419 | 194,719 |
| 60 | 198,020 | 201,320 | 204,620 | 207,921 | 211,221 | 214,521 | 217,822 | 221,122 | 224,422 | 227,723 |
| 70 | 231,023 | 234,323 | 237,624 | 240,924 | 244,224 | 247,525 | 250,825 | 254,125 | 257,426 | 260,726 |
| 80 | 264,026 | 267,327 | 270,627 | 273,927 | 277,228 | 280,528 | 283,828 | 287,129 | 290,429 | 293,729 |
| 90 | 297,030 | 300,330 | 303,630 | 306,931 | 310,231 | 313,531 | 316,832 | 320,132 | 323,432 | 326,733 |
| 100 | 330,033 | 333,333 | 336,634 | 339,934 | 343,234 | 346,535 | 349,835 | 353,135 | 356,436 | 359,736 |

# B. Mere za površinu

## Tablica 19. a) Pretvaranje engl. acre-a u are
## b) Pretvaranje hektara u engl. acre

a) 1 acre = 4 840 sq. yd. = 43 560 sq. ft. = 4 rode-a = 10 sq. chain-a = = 160 sq. rod-a = 100 000 sq. link-a = 40,468 420 a

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 40,4684 | 80,9368 | 121,405 | 161,874 | 202,342 | 242,811 | 283,279 | 323,747 | 364,216 |
| 10 | 404,684 | 445,153 | 485,621 | 526,089 | 566,558 | 607,026 | 647,495 | 687,963 | 728,432 | 768,900 |
| 20 | 809,368 | 849,837 | 890,305 | 930,774 | 971,242 | 1011,71 | 1052,18 | 1092,65 | 1133,12 | 1173,58 |
| 30 | 1214,05 | 1254,52 | 1294,99 | 1335,46 | 1375,93 | 1416,39 | 1456,86 | 1497,33 | 1537,80 | 1578,27 |
| 40 | 1618,74 | 1659,21 | 1699,67 | 1740,14 | 1780,61 | 1821,08 | 1861,55 | 1902,02 | 1942,48 | 1982,95 |
| 50 | 2023,42 | 2063,89 | 2104,36 | 2144,83 | 2185,29 | 2225,76 | 2266,23 | 2306,70 | 2347,17 | 2387,64 |
| 60 | 2428,11 | 2468,57 | 2509,04 | 2549,51 | 2589,98 | 2630,45 | 2670,92 | 2711,38 | 2751,85 | 2792,32 |
| 70 | 2832,79 | 2873,26 | 2913,73 | 2954,19 | 2994,66 | 3035,13 | 3075,60 | 3116,07 | 3156,54 | 3197,01 |
| 80 | 3237,47 | 3277,94 | 3318,41 | 3358,88 | 3399,35 | 3439,82 | 3480,28 | 3520,75 | 3561,22 | 3601,69 |
| 90 | 3642,16 | 3682,63 | 3723,09 | 3763,56 | 3804,03 | 3844,50 | 3884,97 | 3925,44 | 3965,91 | 4006,37 |
| 100 | 4046,84 | 4087,31 | 4127,78 | 4168,25 | 4208,72 | 4249,18 | 4289,65 | 4330,12 | 4370,59 | 4411,06 |

b) 1 ha = 2,471 062 4 acre-a

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2,47106 | 4,94212 | 7,41319 | 9,88425 | 12,3553 | 14,8264 | 17,2974 | 19,7685 | 22,2396 |
| 10 | 24,7106 | 27,1817 | 29,6527 | 32,1238 | 34,5949 | 37,0659 | 39,5370 | 42,0081 | 44,4791 | 46,9502 |
| 20 | 49,4212 | 51,8923 | 54,3634 | 56,8344 | 59,3055 | 61,7766 | 64,2476 | 66,7187 | 69,1897 | 71,6608 |
| 30 | 74,1319 | 76,6029 | 79,0740 | 81,5451 | 84,0161 | 86,4872 | 88,9582 | 91,4293 | 93,9004 | 96,3714 |
| 40 | 98,8425 | 101,314 | 103,785 | 106,256 | 108,727 | 111,198 | 113,669 | 116,140 | 118,611 | 121,082 |
| 50 | 123,553 | 126,024 | 128,495 | 130,966 | 133,437 | 135,908 | 138,379 | 140,851 | 143,322 | 145,793 |
| 60 | 148,264 | 150,735 | 153,206 | 155,677 | 158,148 | 160,619 | 163,090 | 165,561 | 168,032 | 170,503 |
| 70 | 172,974 | 175,445 | 177,916 | 180,388 | 182,859 | 185,330 | 187,801 | 190,272 | 192,743 | 195,214 |
| 80 | 197,685 | 200,156 | 202,627 | 205,098 | 207,569 | 210,040 | 212,511 | 214,982 | 217,453 | 219,925 |
| 90 | 222,396 | 224,867 | 227,338 | 229,809 | 232,280 | 234,751 | 237,222 | 239,693 | 242,164 | 244,635 |
| 100 | 247,106 | 249,577 | 252,048 | 254,519 | 256,990 | 259,462 | 261,933 | 264,404 | 266,875 | 269,346 |

## Tablica 20. a) Pretvaranje engl. kvadr. yarda u kvadr. kilometre
## b) Pretvaranje kvadr. metara u engl. kvadr. yarde

a) 1 sq. yd. = 9 sq. ft. = 0,836 124 463 m²

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,83612 | 1,67225 | 2,50837 | 3,34450 | 4,18062 | 5,01675 | 5,85287 | 6,68900 | 7,52512 |
| 10 | 8,36124 | 9,19737 | 10,0335 | 10,8696 | 11,7057 | 12,5419 | 13,3780 | 14,2141 | 15,0502 | 15,8864 |
| 20 | 16,7225 | 17,5586 | 18,3947 | 19,2309 | 20,0670 | 20,9031 | 21,7392 | 22,5754 | 23,4115 | 24,2476 |
| 30 | 25,0837 | 25,9199 | 26,7560 | 27,5921 | 28,4282 | 29,2644 | 30,1005 | 30,9366 | 31,7727 | 32,6089 |
| 40 | 33,4450 | 34,2811 | 35,1172 | 35,9534 | 36,7895 | 37,6256 | 38,4617 | 39,2978 | 40,1340 | 40,9701 |
| 50 | 41,8062 | 42,6423 | 43,4785 | 44,3146 | 45,1507 | 45,9868 | 46,8230 | 47,6591 | 48,4952 | 49,3313 |
| 60 | 50,1675 | 51,0036 | 51,8397 | 52,6758 | 53,5120 | 54,3481 | 55,1842 | 56,0203 | 56,8565 | 57,6926 |
| 70 | 58,5287 | 59,3648 | 60,2010 | 61,0371 | 61,8732 | 62,7093 | 63,5455 | 64,3816 | 65,2177 | 66,0538 |
| 80 | 66,8900 | 67,7261 | 68,5622 | 69,3983 | 70,2345 | 71,0706 | 71,9067 | 72,7428 | 73,5790 | 74,4151 |
| 90 | 75,2512 | 76,0873 | 76,9235 | 77,7596 | 78,5957 | 79,4318 | 80,2679 | 81,1041 | 81,9402 | 82,7763 |
| 100 | 83,6124 | 84,4486 | 85,2847 | 86,1208 | 86,9569 | 87,7931 | 88,6292 | 89,4653 | 90,3014 | 91,1376 |

b) 1 m² = 1,195 994 18 sq. yd.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,19599 | 2,39199 | 3,58798 | 4,78398 | 5,97997 | 7,17597 | 8,37196 | 9,56795 | 10,7639 |
| 10 | 11,9599 | 13,1559 | 14,3519 | 15,5479 | 16,7439 | 17,9399 | 19,1359 | 20,3319 | 21,5279 | 22,7239 |
| 20 | 23,9199 | 25,1159 | 26,3119 | 27,5079 | 28,7039 | 29,8999 | 31,0958 | 32,2918 | 33,4878 | 34,6838 |
| 30 | 35,8798 | 37,0758 | 38,2718 | 39,4678 | 40,6638 | 41,8598 | 43,0558 | 44,2518 | 45,4478 | 46,6438 |
| 40 | 47,8398 | 49,0358 | 50,2318 | 51,4277 | 52,6237 | 53,8197 | 55,0157 | 56,2117 | 57,4077 | 58,6037 |
| 50 | 59,7997 | 60,9957 | 62,1917 | 63,3877 | 64,5837 | 65,7797 | 66,9757 | 68,1717 | 69,3677 | 70,5637 |
| 60 | 71,7597 | 72,9556 | 74,1516 | 75,3476 | 76,5436 | 77,7396 | 78,9356 | 80,1316 | 81,3276 | 82,5236 |
| 70 | 83,7196 | 84,9156 | 86,1116 | 87,3076 | 88,5036 | 89,6996 | 90,8956 | 92,0916 | 93,2875 | 94,4835 |
| 80 | 95,6795 | 96,8755 | 98,0715 | 99,2675 | 100,464 | 101,660 | 102,855 | 104,051 | 105,247 | 106,443 |
| 90 | 107,639 | 108,835 | 110,031 | 111,227 | 112,423 | 113,619 | 114,815 | 116,011 | 117,207 | 118,403 |
| 100 | 119,599 | 120,795 | 121,991 | 123,187 | 124,383 | 125,579 | 126,775 | 127,971 | 129,167 | 130,363 |

**Tablica 21 a) Pretvaranje engl. kvadr. stopa u kvadr. centimetre**
**b) Pretvaranje kvadr. metara u engl. kvadr. stope**

a) 1 sq. ft. = 144 sq. incha = 9,290 271 8 $dm^2$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 9,29027 | 18,5805 | 27,8708 | 37,1611 | 46,4514 | 55,7416 | 65,0319 | 74,3222 | 83,6124 |
| 10 | 92,9027 | 102,193 | 111,483 | 120,774 | 130,064 | 139,354 | 148,644 | 157,935 | 167,225 | 176,515 |
| 20 | 185,805 | 195,096 | 204,386 | 213,676 | 222,967 | 232,257 | 241,547 | 250,837 | 260,128 | 269,418 |
| 30 | 278,708 | 287,998 | 297,289 | 306,579 | 315,869 | 325,160 | 334,450 | 343,740 | 353,030 | 362,321 |
| 40 | 371,611 | 380,901 | 390,191 | 399,482 | 408,772 | 418,062 | 427,353 | 436,643 | 445,933 | 455,223 |
| 50 | 464,514 | 473,804 | 483,094 | 492,384 | 501,675 | 510,965 | 520,255 | 529,545 | 538,836 | 548,126 |
| 60 | 557,416 | 566,707 | 575,997 | 585,287 | 594,577 | 603,868 | 613,158 | 622,448 | 631,738 | 641,029 |
| 70 | 650,319 | 659,609 | 668,900 | 678,190 | 687,480 | 696,770 | 706,061 | 715,351 | 724,641 | 733,931 |
| 80 | 743,222 | 752,512 | 761,802 | 771,093 | 780,383 | 789,673 | 798,963 | 808,254 | 817,544 | 826,834 |
| 90 | 836,124 | 845,415 | 854,705 | 863 995 | 873,286 | 882,576 | 891,866 | 901,156 | 910,447 | 919,737 |
| 100 | 929,027 | 938,317 | 947,608 | 956,898 | 966,188 | 975,479 | 984,769 | 994,059 | 1003,35 | 1012,64 |

b) 1 $m^2$ = 10,763 947 7 sq. ft.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 10,7639 | 21,5279 | 32,2918 | 43,0558 | 53,8197 | 64,5837 | 75,3476 | 86,1116 | 96,8755 |
| 10 | 107,639 | 118,403 | 129,167 | 139,931 | 150,695 | 161,459 | 172,223 | 182,987 | 193,751 | 204,515 |
| 20 | 215,279 | 226,043 | 236,807 | 247,571 | 258,335 | 269,099 | 279,863 | 290,627 | 301,391 | 312,154 |
| 30 | 322,918 | 333,682 | 344,446 | 355,210 | 365,974 | 376,738 | 387,502 | 398,266 | 409,030 | 419,794 |
| 40 | 430,558 | 441,322 | 452,086 | 462,850 | 473,614 | 484,378 | 495,142 | 505,906 | 516,669 | 527,433 |
| 50 | 538,197 | 548,961 | 559,725 | 570,489 | 581,253 | 592,017 | 602,781 | 613,545 | 624,309 | 635,073 |
| 60 | 645,837 | 656,601 | 667,365 | 678,129 | 688,893 | 699,657 | 710,421 | 721,184 | 731,948 | 742,712 |
| 70 | 753,476 | 764,240 | 775,004 | 785,768 | 796,532 | 807,296 | 818,060 | 828,824 | 839,588 | 850,352 |
| 80 | 861,116 | 871,880 | 882,644 | 893,408 | 904,172 | 914,936 | 925,700 | 936,463 | 947,227 | 957,991 |
| 90 | 968,755 | 979,519 | 990,283 | 1001,05 | 1011,81 | 1022,58 | 1033,34 | 1044,10 | 1054,87 | 1065,63 |
| 100 | 1076,39 | 1087,16 | 1097,92 | 1108,69 | 1119,45 | 1130,21 | 1140,98 | 1151,74 | 1162,51 | 1173,27 |

**ica 22. a) Pretvaranje engl. kvadr. palaca u kvadr. centimetre**
**b) Pretvaranje kvadr. centimetara u engl. kvadr. palce**

a) 1 sq. inch = 6,451 577 6 $cm^2$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 6,45158 | 12,9032 | 19,3547 | 25,8063 | 32,2579 | 38,7095 | 45,1610 | 51,6126 | 58,0642 |
| 10 | 64,5158 | 70,9674 | 77,4189 | 83,8705 | 90,3221 | 96,7737 | 103,225 | 109,677 | 116,128 | 122,580 |
| 20 | 129,032 | 135,483 | 141,935 | 148,386 | 154,838 | 161,289 | 167,741 | 174,193 | 180,644 | 186,096 |
| 30 | 193,547 | 199,999 | 206,450 | 212,902 | 219,354 | 225,805 | 232,257 | 238,708 | 245,160 | 251,612 |
| 40 | 258,063 | 264,515 | 270,966 | 277,418 | 283,869 | 290,321 | 296,773 | 303,224 | 309,676 | 316,127 |
| 50 | 322,579 | 329,030 | 335,482 | 341,934 | 348,385 | 354,837 | 361,288 | 367,740 | 374,192 | 380,643 |
| 60 | 387,095 | 393,546 | 399,998 | 406,449 | 412,901 | 419,353 | 425,804 | 432,256 | 438,707 | 445,159 |
| 70 | 451,610 | 458,062 | 464,514 | 470,965 | 477,417 | 483,868 | 490,320 | 496,771 | 503,223 | 509,675 |
| 80 | 516,126 | 522,578 | 529,029 | 535,481 | 541,933 | 548,384 | 554,836 | 561,287 | 567,739 | 574,190 |
| 90 | 580,642 | 587,094 | 593,545 | 599,997 | 606,448 | 612,900 | 619,351 | 625,803 | 632,255 | 638,706 |
| 100 | 645,158 | 651,609 | 658,061 | 664,512 | 670,964 | 677,416 | 683,867 | 690,319 | 696,770 | 703,222 |

b) 1 $cm^2$ = 0,155 000 85 sq. inch-a

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,155 00 | 0,310 00 | 0,465 00 | 0,620 00 | 0,775 00 | 0,930 01 | 1,085 01 | 1,240 01 | 1,395 01 |
| 10 | 1,550 01 | 1,705 01 | 1,860 01 | 2,015 01 | 2,170 01 | 2,325 01 | 2,480 01 | 2,635 01 | 2,790 02 | 2,945 02 |
| 20 | 3,100 02 | 3,255 02 | 3,410 02 | 3,565 02 | 3,720 02 | 3,875 02 | 4,030 02 | 4,185 02 | 4,340 02 | 4,495 02 |
| 30 | 4,650 03 | 4,805 03 | 4,960 03 | 5,115 03 | 5,270 03 | 5,425 03 | 5,580 03 | 5,735 03 | 5,890 03 | 6,045 03 |
| 40 | 6,200 03 | 6,355 03 | 6,510 04 | 6,665 04 | 6,820 04 | 6,975 04 | 7,130 04 | 7,285 04 | 7,440 04 | 7,595 04 |
| 50 | 7,750 04 | 7,905 04 | 8,060 04 | 8,215 05 | 8,370 05 | 8,525 05 | 8,680 05 | 8,835 05 | 8,990 05 | 9,145 05 |
| 60 | 9,300 05 | 9,455 05 | 9,610 05 | 9,765 05 | 9,920 05 | 10,075 1 | 10,230 1 | 10,385 1 | 10,540 1 | 10,695 1 |
| 70 | 10,850 1 | 11,005 1 | 11,160 1 | 11,315 1 | 11,470 1 | 11,625 1 | 11,780 1 | 11,935 1 | 12,090 1 | 12,245 1 |
| 80 | 12,400 1 | 12,555 1 | 12,710 1 | 12,865 1 | 13,020 1 | 13,175 1 | 13,330 1 | 13,485 1 | 13,640 1 | 13,795 1 |
| 90 | 13,950 1 | 14,105 1 | 14,260 1 | 14,415 1 | 14,570 1 | 14,725 1 | 14,880 1 | 15,035 1 | 15,190 1 | 15,345 1 |
| 100 | 15,500 1 | 15,655 1 | 15,810 1 | 15,965 1 | 16,120 1 | 16,275 1 | 16,430 1 | 16,585 1 | 16,740 1 | 16,895 1 |

## Tablica 23. a) Pretvaranje ruskih desjatina u hektare
## b) Pretvaranje hektara u ruske desjatine

a) 1 desjatina = 2 400 kvadr. saženja = 1,092 54 ha

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,09254 | 2,18508 | 3,27762 | 4,37016 | 5,46270 | 6,55524 | 7,64778 | 8,74032 | 9,83286 |
| 10 | 10,9254 | 12,0179 | 13,1105 | 14,2030 | 15,2956 | 16,3881 | 17,4806 | 18,5732 | 19,6657 | 20,7583 |
| 20 | 21,8508 | 22,9433 | 24,0359 | 25,1284 | 26,2210 | 27,3135 | 28,4060 | 29,4986 | 30,5911 | 31,6837 |
| 30 | 32,7762 | 33,8687 | 34,9613 | 36,0538 | 37,1464 | 38,2389 | 39,3314 | 40,4240 | 41,5165 | 42,6091 |
| 40 | 43,7016 | 44,7941 | 45,8867 | 46,9792 | 48,0718 | 49,1643 | 50,2568 | 51,3494 | 52,4419 | 53,5345 |
| 50 | 54,6270 | 55,7195 | 56,8121 | 57,9046 | 58,9972 | 60,0897 | 61,1822 | 62,2748 | 63,3673 | 64,4599 |
| 60 | 65,5524 | 66,6449 | 67,7375 | 68,8300 | 69,9226 | 71,0151 | 72,1076 | 73,2002 | 74,2927 | 75,3853 |
| 70 | 76,4778 | 77,5703 | 78,6629 | 79,7554 | 80,8480 | 81,9405 | 83,0330 | 84,1256 | 85,2181 | 86,3107 |
| 80 | 87,4032 | 88,4957 | 89,5883 | 90,6808 | 91,7734 | 92,8659 | 93,9584 | 95,0510 | 96,1435 | 97,2361 |
| 90 | 98,3286 | 99,4211 | 100,514 | 101,606 | 102,699 | 103,791 | 104,884 | 105,976 | 107,069 | 108,161 |
| 00 | 109,254 | 110,347 | 111,439 | 112,532 | 113,624 | 114,717 | 115,809 | 116,902 | 117,994 | 119,087 |

b) 1 ha = 0,915 298 5 desjatina

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,91530 | 1,83060 | 2,74589 | 3,66119 | 4,57649 | 5,49179 | 6,40709 | 7,32238 | 8,23768 |
| 10 | 9,15298 | 10,0683 | 10,9836 | 11,8989 | 12,8142 | 13,7295 | 14,6448 | 15,5601 | 16,4754 | 17,3907 |
| 20 | 18,3060 | 19,2213 | 20,1366 | 21,0519 | 21,9672 | 22,8825 | 23,7977 | 24,7130 | 25,6283 | 26,5436 |
| 30 | 27,4589 | 28,3742 | 29,2895 | 30,2048 | 31,1201 | 32,0354 | 32,9507 | 33,8660 | 34,7813 | 35,6966 |
| 40 | 36,6119 | 37,5272 | 38,4425 | 39,3578 | 40,2731 | 41,1884 | 42,1037 | 43,0190 | 43,9343 | 44,8496 |
| 50 | 45,7649 | 46,6802 | 47,5955 | 48,5108 | 49,4261 | 50,3414 | 51,2567 | 52,1720 | 53,0873 | 54,0026 |
| 60 | 54,9179 | 55,8332 | 56,7485 | 57,6638 | 58,5791 | 59,4944 | 60,4097 | 61,3250 | 62,2403 | 63,1556 |
| 70 | 64,0709 | 64,9862 | 65,9015 | 66,8168 | 67,7321 | 68,6474 | 69,5626 | 70,4779 | 71,3932 | 72,3085 |
| 80 | 73,2238 | 74,1391 | 75,0544 | 75,9697 | 76,8850 | 77,8003 | 78,7156 | 79,6309 | 80,5462 | 81,4615 |
| 90 | 82,3768 | 83,2921 | 84,2074 | 85,1227 | 86,0380 | 86,9533 | 87,8686 | 88,7839 | 89,6992 | 90,6145 |
| 00 | 91,5298 | 92,4451 | 93,3604 | 94,2757 | 95,1910 | 96,1063 | 97,0216 | 97,9369 | 98,8522 | 99,7675 |

## Tablica 24. a) Pretvaranje ruskih kvadr. saženja u kvadr. metre
## b) Pretvaranje kvadr. metara u ruske kvadr. saženje

a) 1 kvadratni saženj = 4,552 25 m²

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 4,55225 | 9,10450 | 13,6568 | 18,2090 | 22,7613 | 27,3135 | 31,8658 | 36,4180 | 40,9703 |
| 10 | 45,5225 | 50,0748 | 54,6270 | 59,1793 | 63,7315 | 68,2838 | 72,8360 | 77,3883 | 81,9405 | 86,4928 |
| 20 | 91,0450 | 95,5973 | 100,150 | 104,702 | 109,254 | 113,806 | 118,359 | 122,911 | 127,463 | 132,015 |
| 30 | 136,568 | 141,120 | 145,672 | 150,224 | 154,777 | 159,329 | 163,881 | 168,433 | 172,986 | 177,538 |
| 40 | 182,090 | 186,642 | 191,195 | 195,747 | 200,299 | 204,851 | 209,404 | 213,956 | 218,508 | 223,060 |
| 50 | 227,613 | 232,165 | 236,717 | 241,269 | 245,822 | 250,374 | 254,926 | 259,478 | 264,031 | 268,583 |
| 60 | 273,135 | 277,687 | 282,240 | 286,792 | 291,344 | 295,896 | 300,449 | 305,001 | 309,553 | 314,105 |
| 70 | 318,658 | 223,210 | 327,762 | 332,314 | 336,867 | 341,419 | 345,971 | 350,523 | 355,076 | 359,628 |
| 80 | 364,180 | 368,732 | 373,285 | 377,837 | 382,389 | 386,941 | 391,494 | 396,046 | 400,598 | 405,150 |
| 90 | 409,703 | 414,255 | 418,807 | 423,359 | 427,912 | 432,464 | 437,016 | 441,568 | 446,121 | 450,673 |
| 00 | 455,225 | 459,777 | 464,330 | 468,882 | 473,434 | 477,986 | 482,539 | 487,091 | 491,643 | 496,195 |

b) 1 m² = 0,2 196 716 kvadratna saženja

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,219 67 | 0,439 34 | 0,659 02 | 0,878 69 | 1,098 36 | 1,318 03 | 1,537 70 | 1,757 38 | 1,977 05 |
| 10 | 2,196 72 | 2,416 39 | 2,636 06 | 2,855 74 | 3,075 41 | 3,295 08 | 3,514 75 | 3,734 42 | 3,954 10 | 4,173 77 |
| 20 | 4,393 44 | 4,613 11 | 4,832 78 | 5,052 46 | 5,272 13 | 5,491 80 | 5,711 47 | 5,931 14 | 6,150 82 | 6,370 49 |
| 30 | 6,590 16 | 6,809 83 | 7,029 50 | 7,249 18 | 7,468 85 | 7,688 52 | 7,908 19 | 8,127 86 | 8,347 54 | 8,567 21 |
| 40 | 8,786 88 | 9,006 55 | 9,226 22 | 9,445 90 | 9,665 57 | 9,885 24 | 10,104 9 | 10,324 6 | 10,544 3 | 10,763 9 |
| 50 | 10,983 6 | 11,203 3 | 11,422 9 | 11,642 6 | 11,862 3 | 12,082 0 | 12,301 6 | 12,521 3 | 12,741 0 | 12,960 6 |
| 60 | 13,180 3 | 13,400 0 | 13,619 7 | 13,839 3 | 14,059 0 | 14,278 7 | 14,498 4 | 14,718 0 | 14,937 7 | 15,157 4 |
| 70 | 15,377 0 | 15,596 7 | 15,816 4 | 16,036 1 | 16,255 7 | 16,475 4 | 16,695 1 | 16,914 7 | 17,134 4 | 17,354 1 |
| 80 | 17,573 8 | 17,793 4 | 18,013 1 | 18,232 8 | 18,452 4 | 18,672 1 | 18,891 8 | 19,111 5 | 19,331 1 | 19,550 8 |
| 90 | 19,770 5 | 19,990 2 | 20,209 8 | 20,429 5 | 20,649 2 | 20,868 8 | 21,088 5 | 21,308 2 | 21,527 9 | 21,747 5 |
| 100 | 21,967 2 | 22,186 9 | 22,406 5 | 22,626 2 | 22,845 9 | 23,065 6 | 23,285 2 | 23,504 9 | 23,724 6 | 23,944 2 |

**Tablica 25. a) Pretvaranje ruskih kvadr. aršina u kvadr. metre**
**b) Pretvaranje kvadr. metara u ruske kvadratne aršine**

a) 1 kvadratni aršin = 0,505 805 m²

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,505 81 | 1,011 61 | 1,517 42 | 2,023 22 | 2,529 03 | 3,034 83 | 3,540 64 | 4,046 44 | 4,552 25 |
| 10 | 5,058 05 | 5,563 86 | 6,069 66 | 6,575 47 | 7,081 27 | 7,587 08 | 8,092 88 | 8,598 69 | 9,104 49 | 9,610 30 |
| 20 | 10,116 1 | 10,621 9 | 11,127 7 | 11,633 5 | 12,139 3 | 12,645 1 | 13,150 9 | 13,656 7 | 14,162 5 | 14,668 3 |
| 30 | 15,174 2 | 15,680 0 | 16,185 8 | 16,691 6 | 17,197 4 | 17,703 2 | 18,209 0 | 18,714 8 | 19,220 6 | 19,726 4 |
| 40 | 20,232 2 | 20,738 0 | 21,243 8 | 21,749 6 | 22,255 4 | 22,761 2 | 23,267 0 | 23,772 8 | 24,278 6 | 24,784 4 |
| 50 | 25,290 3 | 25,796 1 | 26,301 9 | 26,807 7 | 27,313 5 | 27,819 3 | 28,325 1 | 28,830 9 | 29,336 7 | 29,842 5 |
| 60 | 30,348 3 | 30,854 1 | 31,359 9 | 31,865 7 | 32,371 5 | 32,877 3 | 33,383 1 | 33,888 9 | 34,394 7 | 34,900 5 |
| 70 | 35,406 4 | 35,912 2 | 36,418 0 | 36,923 8 | 37,429 6 | 37,935 4 | 38,441 2 | 38,947 0 | 39,452 8 | 39,958 6 |
| 80 | 40,464 4 | 40,970 2 | 41,476 0 | 41,981 8 | 42,487 6 | 42,993 4 | 43,499 2 | 44,005 0 | 44,510 8 | 45,016 6 |
| 90 | 45,522 5 | 46,028 3 | 46,534 1 | 47,039 9 | 47,545 7 | 48,051 5 | 48,557 3 | 49,063 1 | 49,568 9 | 50,074 7 |
| 100 | 50,580 5 | 51,086 3 | 51,592 1 | 52,097 9 | 52,603 7 | 53,109 5 | 53,615 3 | 54,121 1 | 54,626 9 | 55,132 7 |

b) 1 m² = 1,977 045 kvadratna aršina

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,97705 | 3,95409 | 5,93114 | 7,90818 | 9,88523 | 11,8623 | 13,8393 | 15,8164 | 17,7934 |
| 10 | 19,7705 | 21,7475 | 23,7245 | 25,7016 | 27,6786 | 29,6557 | 31,6327 | 33,6098 | 35,5868 | 37,5639 |
| 20 | 39,5409 | 41,5179 | 43,4950 | 45,4720 | 47,4491 | 49,4261 | 51,4032 | 53,3802 | 55,3573 | 57,3343 |
| 30 | 59,3114 | 61,2884 | 63,2654 | 65,2425 | 67,2195 | 69,1966 | 71,1736 | 73,1507 | 75,1277 | 77,1048 |
| 40 | 79,0818 | 81,0588 | 83,0359 | 85,0129 | 86,9900 | 88,9670 | 90,9441 | 92,9211 | 94,8982 | 96,8752 |
| 50 | 98,8523 | 100,829 | 102,806 | 104,783 | 106,760 | 108,737 | 110,715 | 112,692 | 114,669 | 116,646 |
| 60 | 118,623 | 120,600 | 122,577 | 124,554 | 126,531 | 128,508 | 130,485 | 132,462 | 134,439 | 136,416 |
| 70 | 138,393 | 140,370 | 142,347 | 144,324 | 146,301 | 148,278 | 150,255 | 152,232 | 154,210 | 156,187 |
| 80 | 158,164 | 160,141 | 162,118 | 164,095 | 166,072 | 168,049 | 170,026 | 172,003 | 173,980 | 175,957 |
| 90 | 177,934 | 179,911 | 181,888 | 183,865 | 185,842 | 187,819 | 189,796 | 191,773 | 193,750 | 195,727 |
| 100 | 197,705 | 199,682 | 201,659 | 203,636 | 205,613 | 207,590 | 209,567 | 211,544 | 213,521 | 215,498 |

**Tablica 26. a) Pretvaranje ruskih kvadr. veršoka u kvadr. centimetre**
**b) Pretvaranje kvadr. decimetara u ruske kvadr. veršoke**

a) 1 kvadratni veršok = 19,758 0 cm²

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 19,7580 | 39,5160 | 59,2740 | 79,0320 | 98,7900 | 118,548 | 138,306 | 158,064 | 177,822 |
| 10 | 197,580 | 217,338 | 237,096 | 256,854 | 276,612 | 296,370 | 316,128 | 335,886 | 355,644 | 375,402 |
| 20 | 395,160 | 414,918 | 434,676 | 454,434 | 474,192 | 493,950 | 513,708 | 533,466 | 553,224 | 572,982 |
| 30 | 592,740 | 612,498 | 632,256 | 652,014 | 671,772 | 691,530 | 711,288 | 731,046 | 750,804 | 770,562 |
| 40 | 790,320 | 810,078 | 829,836 | 849,594 | 869,352 | 889,110 | 908,868 | 928,626 | 948,384 | 968,142 |
| 50 | 987,900 | 1007,66 | 1027,42 | 1047,17 | 1066,93 | 1086,69 | 1106,45 | 1126,21 | 1145,96 | 1165,72 |
| 60 | 1185,48 | 1205,24 | 1225,00 | 1244,75 | 1264,51 | 1284,27 | 1304,03 | 1323,79 | 1343,54 | 1363,30 |
| 70 | 1383,06 | 1402,82 | 1422,58 | 1442,33 | 1462,09 | 1481,85 | 1501,61 | 1521,37 | 1541,12 | 1560,88 |
| 80 | 1580,64 | 1600,40 | 1620,16 | 1639,91 | 1659,67 | 1679,43 | 1699,19 | 1718,95 | 1738,70 | 1758,46 |
| 90 | 1778,22 | 1797,98 | 1817,74 | 1837,49 | 1857,25 | 1877,01 | 1896,77 | 1916,53 | 1936,28 | 1956,04 |
| 100 | 1975,80 | 1995,56 | 2015,32 | 2035,07 | 2054,83 | 2074,59 | 2094,35 | 2114,11 | 2133,86 | 2153,62 |

b) 1 dm² = 5,061 235 kvadratna veršoka

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 5,06124 | 10,1225 | 15,1837 | 20,2449 | 25,3062 | 30,3674 | 35,4286 | 40,4899 | 45,5511 |
| 10 | 50,6124 | 55,6736 | 60,7348 | 65,7961 | 70,8573 | 75,9185 | 80,9798 | 86,0410 | 91,1022 | 96,1635 |
| 20 | 101,225 | 106,286 | 111,347 | 116,408 | 121,470 | 126,531 | 131,592 | 136,653 | 141,715 | 146,776 |
| 30 | 151,837 | 156,898 | 161,960 | 167,021 | 172,082 | 177,143 | 182,204 | 187,266 | 192,327 | 197,388 |
| 40 | 202,449 | 207,511 | 212,572 | 217,633 | 222,694 | 227,756 | 232,817 | 237,878 | 242,939 | 248,001 |
| 50 | 253,062 | 258,123 | 263,184 | 268,245 | 273,307 | 278,368 | 283,429 | 288,490 | 293,552 | 298,613 |
| 60 | 303,674 | 308,735 | 313,797 | 318,858 | 323,919 | 328,980 | 334,042 | 339,103 | 344,164 | 349,225 |
| 70 | 354,286 | 359,348 | 364,409 | 369,470 | 374,531 | 379,593 | 384,654 | 389,715 | 394,776 | 399,838 |
| 80 | 404,899 | 409,960 | 415,021 | 420,083 | 425,144 | 430,205 | 435,266 | 440,327 | 445,389 | 450,450 |
| 90 | 455,511 | 460,572 | 465,634 | 470,695 | 475,756 | 480,817 | 485,879 | 490,940 | 496,001 | 501,062 |
| 100 | 506,124 | 511,185 | 516,246 | 521,307 | 526,368 | 531,430 | 536,491 | 541,552 | 546,613 | 551,675 |

# C. Mere za zapreminu

**Tablica 27. a) Pretvaranje engl. acrefoota u kubne metre**
**b) Pretvaranje kubnih metara u engl. acrefoote**

a) 1 acrefoot = 1 233,475 $m^3$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 233,48 | 2 466,95 | 3 700,42 | 4 933,90 | 6 167,38 | 7 400,85 | 8 634,32 | 9 867,80 | 11 101,3 |
| 10 | 12 334,8 | 13 568,2 | 14 801,7 | 16 035,2 | 17 268,6 | 18 502,1 | 19 735,6 | 20 969,1 | 22 202,6 | 23 436,0 |
| 20 | 24 669,5 | 25 903,0 | 27 136,4 | 28 369,9 | 29 603,4 | 30 836,9 | 32 070,4 | 33 303,8 | 34 537,3 | 35 770,8 |
| 30 | 37 004,2 | 38 237,7 | 39 471,2 | 40 704,7 | 41 938,2 | 43 171,6 | 44 405,1 | 45 638,6 | 46 872,1 | 48 105,5 |
| 40 | 49 339,0 | 50 572,5 | 51 806,0 | 53 039,4 | 54 272,9 | 55 506,4 | 56 739,8 | 57 973,3 | 59 206,8 | 60 440,3 |
| 50 | 61 673,8 | 62 907,2 | 64 140,7 | 65 374,2 | 66 607,6 | 67 841,1 | 69 074,6 | 70 308,1 | 71 541,6 | 72 775,0 |
| 60 | 74 008,5 | 75 242,0 | 76 475,4 | 77 708,9 | 78 942,4 | 80 175,9 | 81 409,4 | 82 642,8 | 83 876,3 | 85 109,8 |
| 70 | 86 343,2 | 87 576,7 | 88 810,2 | 90 043,7 | 91 277,2 | 92 510,6 | 93 744,1 | 94 977,6 | 96 211,1 | 97 444,5 |
| 80 | 98 678,0 | 99 911,5 | 101 145 | 102 378 | 103 612 | 104 845 | 106 079 | 107 312 | 108 546 | 109 779 |
| 90 | 111 013 | 112 246 | 113 480 | 114 713 | 115 947 | 117 180 | 118 414 | 119 647 | 120 881 | 122 114 |
| 00 | 123 348 | 124 581 | 125 814 | 127 048 | 128 281 | 129 515 | 130 748 | 131 982 | 133 215 | 134 449 |

b) 1 000 $m^3$ = 0,810 737 acrefoota

| | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,081 07 | 0,162 15 | 0,243 22 | 0,324 29 | 0,405 37 | 0,486 44 | 0,567 52 | 0,648 59 | 0,729 66 |
| 1000 | 0,810 74 | 0,891 81 | 0,972 88 | 1,053 96 | 1,135 03 | 1,216 11 | 1,297 18 | 1,378 25 | 1,459 33 | 1,540 40 |
| 2000 | 1,621 47 | 1,702 55 | 1,783 62 | 1,864 70 | 1,945 77 | 2,026 84 | 2,107 92 | 2,188 99 | 2,270 06 | 2,351 14 |
| 3000 | 2,432 21 | 2,513 28 | 2,594 36 | 2,675 43 | 2,756 51 | 2,837 58 | 2,918 65 | 2,999 73 | 3,080 80 | 3,161 87 |
| 4000 | 3,242 95 | 3,324 02 | 3,405 10 | 3,486 17 | 3,567 24 | 3,648 32 | 3,729 39 | 3,810 46 | 3,891 54 | 3,972 61 |
| 5000 | 4,053 68 | 4,134 76 | 4,215 83 | 4,296 91 | 4,377 98 | 4,459 05 | 4,540 13 | 4,621 20 | 4,702 27 | 4,783 35 |
| 6000 | 4,864 42 | 4,945 50 | 5,026 57 | 5,107 64 | 5,188 72 | 5,269 79 | 5,350 86 | 5,431 94 | 5,513 01 | 5,594 09 |
| 7000 | 5,675 16 | 5,756 23 | 5,837 31 | 5,918 38 | 5,999 45 | 6,080 53 | 6,161 60 | 6,242 67 | 6,323 75 | 6,404 82 |
| 8000 | 6,485 90 | 6,566 97 | 6,648 04 | 6,729 12 | 6,810 19 | 6,891 26 | 6,972 34 | 7,053 41 | 7,134 49 | 7,215 56 |
| 9000 | 7,296 63 | 7,377 71 | 7,458 78 | 7,539 85 | 7,620 93 | 7,702 00 | 7,783 08 | 7,864 15 | 7,945 22 | 8,026 30 |
| 0 000 | 8,107 37 | 8,188 44 | 8,269 52 | 8,350 59 | 8,431 66 | 8,512 74 | 8,593 81 | 8,674 89 | 8,755 96 | 8,837 03 |

1 acrefoot = 1 acre puta 1 foot = 43 560 cu. ft. = 1 613,33 cu. yd.

**Tablica 28. a) Pretvaranje engl. kub. yarda u kubne metre**
**b) Pretvaranje kubnih metara u engl. kubne jarde**

a) 1 cu. yd. = 27 cu. ft. = 0,764 550 885 $m^3$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,764 55 | 1,529 10 | 2,293 65 | 3,058 20 | 3,822 75 | 4,587 31 | 5,351 86 | 6,116 41 | 6,880 96 |
| 10 | 7,645 51 | 8,410 06 | 9,174 61 | 9,939 16 | 10,703 7 | 11,468 3 | 12,232 8 | 12,997 4 | 13,761 9 | 14,526 5 |
| 20 | 15,291 0 | 16,055 6 | 16,820 1 | 17,584 7 | 18,349 2 | 19,113 8 | 19,878 3 | 20,642 9 | 21,407 4 | 22,172 0 |
| 30 | 22,936 5 | 23,701 1 | 24,465 6 | 25,230 2 | 25,994 7 | 26,759 3 | 27,523 8 | 28,288 4 | 29,052 9 | 29,817 5 |
| 40 | 30,582 0 | 31,346 6 | 32,111 1 | 32,875 7 | 33,640 2 | 34,404 8 | 35,169 3 | 35,933 9 | 36,698 4 | 37,463 0 |
| 50 | 38,227 5 | 38,992 1 | 39,756 6 | 40,521 2 | 41,285 7 | 42,050 3 | 42,814 8 | 43,579 4 | 44,344 0 | 45,108 5 |
| 60 | 45,873 1 | 46,637 6 | 47,402 2 | 48,166 7 | 48,931 3 | 49,695 8 | 50,460 4 | 51,224 9 | 51,989 5 | 52,754 0 |
| 70 | 53,518 6 | 54,283 1 | 55,047 7 | 55,812 2 | 56,576 8 | 57,341 3 | 58,105 9 | 58,870 4 | 59,635 0 | 60,399 5 |
| 80 | 61,164 1 | 61,928 6 | 62,693 2 | 63,457 7 | 64,222 3 | 64,986 8 | 65,751 4 | 66,515 9 | 67,280 5 | 68,045 0 |
| 90 | 68,809 6 | 69,574 1 | 70,338 7 | 71,103 2 | 71,867 8 | 72,632 3 | 73,396 9 | 74,161 4 | 74,926 0 | 75,690 5 |
| 100 | 76,455 1 | 77,219 6 | 77,984 2 | 78,748 7 | 79,513 3 | 80,277 8 | 81,042 4 | 81,806 9 | 82,571 5 | 83,336 0 |

b) 1 $m^3$ = 1,307 957 41 cu. yd.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,307 96 | 2,615 91 | 3,923 87 | 5,231 83 | 6,539 79 | 7,847 74 | 9,155 70 | 10,463 7 | 11,7716 |
| 10 | 13,0796 | 14,387 5 | 15,695 5 | 17,003 4 | 18,311 4 | 19,619 4 | 20,927 3 | 22,235 3 | 23,543 2 | 24,8512 |
| 20 | 26,1591 | 27,467 1 | 28,775 1 | 30,083 0 | 31,391 0 | 32,698 9 | 34,006 9 | 35,314 9 | 36 622 8 | 37,9308 |
| 30 | 39,2387 | 40,546 7 | 41,854 6 | 43,162 6 | 44,470 6 | 45,778 5 | 47,086 5 | 48.394 4 | 49,702 4 | 51,0103 |
| 40 | 52,3183 | 53,626 3 | 54,934 2 | 56,242 2 | 57,550 1 | 58,858 1 | 60,166 0 | 61,474 0 | 62,782 0 | 64,0899 |
| 50 | 65,3979 | 66,705 8 | 68,013 8 | 69,321 7 | 70,629 7 | 71,937 7 | 73,245 6 | 74,553 6 | 75,861 5 | 77,1695 |
| 60 | 78,4774 | 79,785 4 | 81,093 4 | 82,401 3 | 83,709 3 | 85,017 2 | 86,325 2 | 87,633 1 | 88,941 1 | 90,2491 |
| 70 | 91,5570 | 92,865 0 | 94,172 9 | 95,480 9 | 96,788 8 | 98,096 8 | 99,404 8 | 100,713 | 102,021 | 103,329 |
| 80 | 104,637 | 105,945 | 107,253 | 108,560 | 109,868 | 111,176 | 112,484 | 113,792 | 115,100 | 116,408 |
| 90 | 117,716 | 119,024 | 120,332 | 121,640 | 122,948 | 124,256 | 125,564 | 126,872 | 128,180 | 129,488 |
| 00 | 130,796 | 132,104 | 133,412 | 134,720 | 136,028 | 137,336 | 138,643 | 139,951 | 141,259 | 142,567 |

## Tablica 29. a) Pretvaranje engl. kubnih stopa u kubne decimetre b) Pretvaranje kubnih metara u engl. kubne stope

a) 1 cu. ft. = 1 728 cu. incha = 28,316 699 2 $dm^3$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 28,3167 | 56,6334 | 84,9501 | 113,267 | 141,583 | 169,900 | 198,217 | 226,534 | 254,850 |
| 10 | 283,167 | 311,484 | 339,800 | 368,117 | 396,434 | 424,750 | 453,067 | 481,384 | 509,701 | 538,017 |
| 20 | 566,334 | 594,651 | 622,967 | 651,284 | 679,601 | 707,917 | 736,234 | 764,551 | 792,868 | 821,184 |
| 30 | 849,501 | 877,818 | 906,134 | 934,451 | 962,768 | 991,084 | 1019,40 | 1047,72 | 1076,03 | 1104,35 |
| 40 | 1132,67 | 1160,93 | 1189,30 | 1217,62 | 1245,93 | 1274,25 | 1302,57 | 1330,88 | 1359,20 | 1387,52 |
| 50 | 1415,83 | 1444,15 | 1472,47 | 1500,79 | 1529,10 | 1557,42 | 1585,74 | 1614,05 | 1642,37 | 1670,69 |
| 60 | 1699,00 | 1727,32 | 1755,64 | 1783,95 | 1812,27 | 1840,59 | 1868,90 | 1897,22 | 1925,54 | 1953,85 |
| 70 | 1982,17 | 2010,49 | 2038,80 | 2067,12 | 2095,44 | 2123,75 | 2152,07 | 2180,39 | 2208,70 | 2237,02 |
| 80 | 2265,34 | 2293,65 | 2321,97 | 2350,29 | 2378,60 | 2406,92 | 2435,24 | 2463,55 | 2491,87 | 2520,19 |
| 90 | 2548,50 | 2576,82 | 2605,14 | 2633,45 | 2661,77 | 2690,09 | 2718,40 | 2746,72 | 2775,04 | 2803,35 |
| 100 | 2831,67 | 2859,99 | 2888,30 | 2916,62 | 2944,94 | 2973,25 | 3001,57 | 3029,89 | 3058,20 | 3086,52 |

1 register-ton = 100 cu. ft. = 2,831 67 $m^3$. Pri upotrebi ove tablice za pretvaranje engl. stopa u $m^3$ treba decimalnu zapetu pomeriti za jedno mesto u levo.

b) 1 $m^3$ = 35,314 850 2 cu. ft.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 35,3149 | 70,6297 | 105,945 | 141,259 | 176,574 | 211,889 | 247,204 | 282,519 | 317,834 |
| 10 | 353,149 | 388,463 | 423,778 | 459,093 | 494,408 | 529,723 | 565,038 | 600,352 | 635,667 | 670,982 |
| 20 | 706,297 | 741,612 | 776,927 | 812,242 | 847,556 | 882,871 | 918,186 | 953,501 | 988,816 | 1024,13 |
| 30 | 1059,45 | 1094,76 | 1130,08 | 1165,39 | 1200,70 | 1236,02 | 1271,33 | 1306,65 | 1341,96 | 1377,28 |
| 40 | 1412,59 | 1447,91 | 1483,22 | 1518,54 | 1553,85 | 1589,17 | 1624,48 | 1659,80 | 1695,11 | 1730,43 |
| 50 | 1765,74 | 1801,06 | 1836,37 | 1871,69 | 1907,00 | 1942,32 | 1977,63 | 2012,95 | 2048,26 | 2083,58 |
| 60 | 2118,89 | 2154,21 | 2189,52 | 2224,84 | 2260,15 | 2295,47 | 2330,78 | 2366,09 | 2401,41 | 2436,72 |
| 70 | 2472,04 | 2507,35 | 2542,67 | 2577,98 | 2613,30 | 2648,61 | 2683,93 | 2719,24 | 2754,56 | 2789,87 |
| 80 | 2825,19 | 2860,50 | 2895,82 | 2931,13 | 2965,45 | 3001,76 | 3037,08 | 3072,39 | 3107,71 | 3143,02 |
| 90 | 3178,34 | 3213,65 | 3248,97 | 3284,28 | 3319,60 | 3354,91 | 3390,23 | 3425,54 | 3460,86 | 3496,17 |
| 100 | 3531,49 | 3566,80 | 3602,11 | 3637,43 | 3672,74 | 3708,06 | 3743,37 | 3778,69 | 3814,00 | 3849,32 |

1 $m^3$ = 0,353 149 register tona

## Tablica 30. a) Pretvaranje engl. kub. palaca u kubne centimetre b) Pretvaranje kubnih decimetara u engl. kubne palce

a) 1 cu. inch = 16,386 978 8 $cm^3$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 16,3870 | 32,7740 | 49,1609 | 65,5479 | 81,9349 | 98,3219 | 114,709 | 131,096 | 147,483 |
| 10 | 163,870 | 180,257 | 196,644 | 213,031 | 229,418 | 245,805 | 262,192 | 278,579 | 294,966 | 311,353 |
| 20 | 327,740 | 344,127 | 360,514 | 376,901 | 393,287 | 409,674 | 426,061 | 442,448 | 458,835 | 475,222 |
| 30 | 491,609 | 507,996 | 524,383 | 540,770 | 557,157 | 573,544 | 589,931 | 606,318 | 622,705 | 639,092 |
| 40 | 655,479 | 671,866 | 688,253 | 704,640 | 721,027 | 737,414 | 753,801 | 770,188 | 786,575 | 802,961 |
| 50 | 819,349 | 835,736 | 852,123 | 868,510 | 884,897 | 901,284 | 917,671 | 934,058 | 950,445 | 966,832 |
| 60 | 983,219 | 999,606 | 1015,99 | 1032,38 | 1048,77 | 1065,15 | 1081,54 | 1097,93 | 1114,31 | 1130,70 |
| 70 | 1147,09 | 1163,48 | 1179,86 | 1196,25 | 1212,64 | 1229,02 | 1245,41 | 1261,80 | 1278,18 | 1294,57 |
| 80 | 1310,96 | 1327,35 | 1343,73 | 1360,12 | 1376,51 | 1392,89 | 1409,28 | 1425,67 | 1442,05 | 1458,44 |
| 90 | 1474,83 | 1491,22 | 1507,60 | 1523,99 | 1540,38 | 1556,76 | 1573,15 | 1589,54 | 1605,92 | 1622,31 |
| 100 | 1638,70 | 1655,08 | 1671,47 | 1687,86 | 1704,25 | 1720,63 | 1737,02 | 1753,41 | 1769,79 | 1786,18 |

b) 1 $dm^3$ = 61,024 044 cu. incha

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 61,0240 | 122,048 | 183,072 | 244,096 | 305,120 | 366,144 | 427,168 | 488.192 | 549,216 |
| 10 | 610,240 | 671,264 | 732,289 | 793,313 | 854,337 | 915,361 | 976,385 | 1037,41 | 1098.43 | 1159,46 |
| 20 | 1220,48 | 1281,50 | 1342,53 | 1403,55 | 1464,58 | 1525,60 | 1586,63 | 1647,65 | 1708,67 | 1769,70 |
| 30 | 1830,72 | 1891,75 | 1952,77 | 2013,79 | 2074,82 | 2135,84 | 2196,87 | 2257,89 | 2318,91 | 2379,94 |
| 40 | 2440,96 | 2501,99 | 2563,01 | 2624,03 | 2685,06 | 2746,08 | 2807,11 | 2868,13 | 2929,15 | 2990,18 |
| 50 | 3051,20 | 3112,23 | 3173,25 | 3234,27 | 3295,30 | 3356,32 | 3417,35 | 3478,37 | 3539,39 | 3600,42 |
| 60 | 3661,44 | 3722,47 | 3783,49 | 3844,51 | 3905,54 | 3966,56 | 4027,59 | 4088,61 | 4149,63 | 4210,66 |
| 70 | 4271,68 | 4332,71 | 4393,73 | 4454,76 | 4515,78 | 4576,80 | 4637,83 | 4698,85 | 4759,88 | 4820,90 |
| 80 | 4881,92 | 4942,95 | 5003,97 | 5065,00 | 5126,02 | 5187,04 | 5248,07 | 5309,09 | 5370,12 | 5431,14 |
| 90 | 5492,16 | 5553,19 | 5614,21 | 5675,24 | 5736,26 | 5797,28 | 5858,31 | 5919,33 | 5980,36 | 6041,38 |
| 100 | 6102,40 | 6163,43 | 6224,45 | 6285,48 | 6346,50 | 6407,52 | 6468,55 | 6529,57 | 6590,60 | 6651,62 |

## Tablica 31. a) Pretvaranje ruskih kubnih saženja u kubne metre
## b) Pretvaranje kubnih metara u ruske kubne saženje

a) 1 kubni saženj = 9,712 68 m³

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 9,71268 | 19,4254 | 29,1380 | 38,8507 | 48,5634 | 58,2761 | 67,9888 | 77,7014 | 87,4141 |
| 97,1268 | 106,839 | 116,562 | 126,265 | 135,978 | 145,690 | 155,403 | 165,116 | 174,828 | 184,541 |
| 194,254 | 203,966 | 213,679 | 223,392 | 233,104 | 242,817 | 252,530 | 262,242 | 271,955 | 281,668 |
| 291,380 | 301,093 | 310,806 | 320,518 | 330,231 | 339,944 | 349,656 | 359,369 | 369,082 | 378,795 |
| 388,507 | 398,220 | 407,933 | 417,645 | 427,358 | 437,071 | 446,783 | 456,496 | 466,209 | 475,921 |
| 485,634 | 495 347 | 505,059 | 514,772 | 524,485 | 534,197 | 543,910 | 553,623 | 563,335 | 573,048 |
| 582,761 | 592,473 | 602,186 | 611,899 | 621,612 | 631,324 | 641,037 | 650,750 | 660,462 | 670,175 |
| 679,888 | 689,600 | 699,313 | 709,026 | 718,738 | 728,451 | 738,164 | 747,876 | 757,589 | 767,302 |
| 777,014 | 786,727 | 796,440 | 806,152 | 815,865 | 825,578 | 835,290 | 845,003 | 854,716 | 864,429 |
| 874,141 | 883,854 | 893,567 | 903,279 | 912,992 | 922,705 | 932,417 | 942,130 | 951,843 | 961,555 |
| 971,268 | 980,981 | 990,693 | 1000,41 | 1010,12 | 1019,83 | 1029,54 | 1039,26 | 1048,97 | 1058,68 |

b) 1 m³ = 0,102 958 2 kubna saženja

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,102 96 | 0,205 92 | 0,308 87 | 0,411 83 | 0,514 79 | 0,617 75 | 0,720 71 | 0,823 67 | 0,926 62 |
| 1,029 58 | 1,132 54 | 1,235 50 | 1,338 46 | 1,441 41 | 1,544 37 | 1,647 33 | 1,750 29 | 1,853 25 | 1,956 21 |
| 2,059 16 | 2,162 12 | 2,265 08 | 2,368 04 | 2,471 00 | 2,573 96 | 2,676 91 | 2,779 87 | 2,882 83 | 2,985 79 |
| 3,088 75 | 3,191 70 | 3,294 66 | 3,397 62 | 3,500 58 | 3,603 54 | 3,706 50 | 3,809 45 | 3,912 41 | 4,015 37 |
| 4,118 33 | 4,221 29 | 4,324 24 | 4,427 20 | 4,530 16 | 4,633 12 | 4,736 08 | 4,839 04 | 4,941 99 | 5,044 95 |
| 5,147 91 | 5,250 87 | 5,353 83 | 5,456 78 | 5,559 74 | 5,662 70 | 5,765 66 | 5,868 62 | 5,971 58 | 6,074 53 |
| 6,177 49 | 6,280 45 | 6,383 41 | 6,486 37 | 6,589 32 | 6,692 28 | 6,795 24 | 6,898 20 | 7,001 16 | 7,104 12 |
| 7,207 07 | 7,310 03 | 7,412 99 | 7,515 95 | 7,618 91 | 7,721 87 | 7,824 82 | 7,927 78 | 8,030 74 | 8,133 70 |
| 8,236 66 | 8,339 61 | 8,442 57 | 8,545 53 | 8,648 49 | 8,751 45 | 8,854 41 | 8,957 36 | 9,060 32 | 9,163 28 |
| 9,266 24 | 9,369 20 | 9,472 15 | 9,575 11 | 9,678 07 | 9,781 03 | 9,883 99 | 9,986 95 | 10,089 9 | 10,192 9 |
| 10,295 8 | 10,398 8 | 10,501 7 | 10,604 7 | 10,707 7 | 10,810 6 | 10,913 6 | 11,016 5 | 11,119 5 | 11,222 4 |

## Tablica 32. a) Pretvaranje ruskih kubnih aršina u kubne metre
## b) Pretvaranje kubnih metara u ruske kubne aršine

a) 1 kubni aršin = 0,359 729 m³

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,359 73 | 0,719 46 | 1,079 19 | 1,438 92 | 1,798 65 | 2,158 37 | 2,518 10 | 2,877 83 | 3,237 56 |
| 3,597 29 | 3,957 02 | 4,316 75 | 4,676 48 | 5,036 21 | 5,395 94 | 5,755 66 | 6,115 39 | 6,475 12 | 6,834 85 |
| 7,194 58 | 7,554 31 | 7,914 04 | 8,273 77 | 8,633 50 | 8,993 23 | 9,352 95 | 9,712 68 | 10,072 4 | 10,432 1 |
| 10,791 9 | 11,151 6 | 11,511 3 | 11,871 1 | 12,230 8 | 12,590 5 | 12,950 2 | 13,310 0 | 13,669 7 | 14,029 4 |
| 14,389 2 | 14,748 9 | 15,108 6 | 15,468 3 | 15,828 1 | 16,187 8 | 16,547 5 | 16,907 3 | 17,267 0 | 17,626 7 |
| 17,986 5 | 18,316 2 | 18,705 9 | 19,065 6 | 19,425 4 | 19,785 1 | 20,144 8 | 20.504 6 | 20,864 3 | 21,224 0 |
| 21,583 7 | 21,943 5 | 22,303 2 | 22,662 9 | 23,022 7 | 23,382 4 | 23,742 1 | 24,101 8 | 24,461 6 | 24,821 3 |
| 25,181 0 | 25,540 8 | 25,900 5 | 26,260 2 | 26,619 9 | 26,979 7 | 27,339 4 | 27,699 1 | 28,058 9 | 28,418 6 |
| 28,778 3 | 29,138 0 | 29,497 8 | 29,857 5 | 30,217 2 | 30,577 0 | 30,936 7 | 31,296 4 | 31,656 2 | 32,015 9 |
| 32,375 6 | 32,735 3 | 33,095 1 | 33,454 8 | 33,814 5 | 34,174 3 | 34,534 0 | 34,893 7 | 35,253 4 | 35,613 2 |
| 35,972 9 | 36,332 6 | 36,692 4 | 37,052 1 | 37,411 8 | 37,771 5 | 38,131 3 | 38,491 0 | 38,850 7 | 39,210 5 |

b) 1 m³ = 2,779 872 kubna aršina

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2,77987 | 5,55974 | 8,33962 | 11,1195 | 13,8994 | 16,6792 | 19,4591 | 22,2390 | 25,0188 |
| 27,7987 | 30,5786 | 33,3585 | 36,1383 | 38,9182 | 41,6981 | 44,4779 | 47,2578 | 50,0377 | 52,8175 |
| 55,5974 | 58,3773 | 61,1572 | 63,9371 | 66,7169 | 69,4968 | 72,2767 | 75,0565 | 77,8364 | 80,6163 |
| 83,3962 | 86,1760 | 88,9559 | 91,7358 | 94,5156 | 97,2955 | 100,075 | 102,855 | 105,635 | 108,415 |
| 111,195 | 113,975 | 116,755 | 119,534 | 122,314 | 125,094 | 127,874 | 130,654 | 133,434 | 136,214 |
| 138,994 | 141,773 | 144,553 | 147,333 | 150,113 | 152,893 | 155,673 | 158,453 | 161,233 | 164,012 |
| 166,792 | 169,572 | 172,352 | 175,132 | 177,912 | 180,692 | 183,472 | 186,251 | 189,031 | 191,811 |
| 194,591 | 197,371 | 200,151 | 202,931 | 205,711 | 208,490 | 211,270 | 214,050 | 216,830 | 219,610 |
| 222,390 | 225,170 | 227,950 | 230,729 | 233,509 | 236,289 | 239,069 | 241,849 | 244,629 | 247,409 |
| 250,188 | 252,968 | 255,748 | 258,528 | 261,308 | 264,088 | 266,868 | 269,648 | 272,427 | 275,207 |
| 277,987 | 280,767 | 283,547 | 286,327 | 289,107 | 291,887 | 294,666 | 297,446 | 300,226 | 303,006 |

**Tablica 33. a) Pretvaranje ruskih kubnih veršoka u kubne centimetre**
**b) Pretvaranje kubnih decimetara u ruske kubne veršoke**

a) 1 kubni veršok = 87,824 4 $cm^3$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ,0 | 0 | 87,8244 | 175,649 | 263,473 | 351,298 | 439,122 | 526,946 | 614,771 | 702,595 | 790,42 |
| 10 | 878,244 | 966,068 | 1053,89 | 1141,72 | 1229,54 | 1317,37 | 1405 19 | 1493,01 | 1580,84 | 1668,66 |
| 20 | 1756,49 | 1844,31 | 1932,14 | 2019,96 | 2107,79 | 2195,61 | 2283,43 | 2371,26 | 2459,08 | 2546,91 |
| 30 | 2634,73 | 2722,56 | 2810,38 | 2898,21 | 2986,03 | 3073,85 | 3161,68 | 3249,50 | 3337,33 | 3425,15 |
| 40 | 3512,98 | 3600 80 | 3688,62 | 3776,45 | 3864,27 | 3952,10 | 4039 92 | 4127,75 | 4215,57 | 4303,40 |
| 50 | 4391,22 | 4479,04 | 4566,87 | 4654,69 | 4742,52 | 4830,34 | 4918 17 | 5005,99 | 5093,82 | 5181,64 |
| 60 | 5269,46 | 5357,29 | 5445,11 | 5532,94 | 5620,76 | 5708,59 | 5796,41 | 5884,23 | 5972,06 | 6059,88 |
| 70 | 6147,71 | 6235,53 | 6323,36 | 6411,18 | 6499,01 | 6586,83 | 6674,65 | 6762,48 | 6850,30 | 6938,13 |
| 80 | 7025,95 | 7113,78 | 7201,60 | 7289,43 | 7377,25 | 7465,07 | 7552,90 | 7640,72 | 7728,55 | 7816,37 |
| 90 | 7904,20 | 7992,02 | 8079,84 | 8167,67 | 8255,49 | 8443,32 | 8431,14 | 8518,97 | 8606,79 | 8694,62 |
| 100 | 8782,44 | 8870,26 | 8958,09 | 9045,91 | 9133,74 | 9221,56 | 9309 39 | 9397,21 | 9485,04 | 9572,86 |

b) 1 $dm^3$ = 11,386 35 kubna veršoka

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 11,3864 | 22,7727 | 34,1591 | 45,5454 | 56,9318 | 68,3181 | 79 7045 | 91,0908 | 102,47 |
| 10 | 113,864 | 125,250 | 136,636 | 148,023 | 159,409 | 170,795 | 182,182 | 193,568 | 204,954 | 216,34 |
| 20 | 227,727 | 239,113 | 250,500 | 261,886 | 273,272 | 284,659 | 296,045 | 307,431 | 318,818 | 330,20 |
| 30 | 341,591 | 352,977 | 364,363 | 375,750 | 387,136 | 398,522 | 409,909 | 421,295 | 432,681 | 444,06 |
| 40 | 455,454 | 466,840 | 478,227 | 489,613 | 500,999 | 512,386 | 523,772 | 535,158 | 546,545 | 557,93 |
| 50 | 569,318 | 580,704 | 592,090 | 603,477 | 614,863 | 626,249 | 637,636 | 649,022 | 660,408 | 671,79 |
| 60 | 683,181 | 694,567 | 705,954 | 717,340 | 728,726 | 740,113 | 751,499 | 762,885 | 774,272 | 785,65 |
| 70 | 797,045 | 808,431 | 819 817 | 831,204 | 842,590 | 853,976 | 865,363 | 876,749 | 888,135 | 899,52 |
| 80 | 910,908 | 922,294 | 933,681 | 945,067 | 956,453 | 967,840 | 979,226 | 990,612 | 1002,00 | 1013,39 |
| 90 | 1024,77 | 1036,16 | 1047,54 | 1058,93 | 1070,32 | 1081,70 | 1093,09 | 1104,48 | 1115,86 | 1127,25 |
| 100 | 1138,64 | 1150,02 | 1161,41 | 1172,79 | 1184,18 | 1195,57 | 1206,95 | 1218,34 | 1229,73 | 1241,1 |

**Tablica 34. a) Pretvaranje engl. Imperial-quartera u kubne decimetre**
**b) Pretvaranje kubnih decimetara u engl. Imperial-quartere**

a) 1 quarter = 8 bushela po 36,367 7 $dm^3$ = 32 pecka po 9,091 93 $dm^3$ = = 64 gallona po 4,545 963 $dm^3$ = 2,909 416 3 · (100 $dm^3$) (v. str. 1427)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2,90942 | 5,81883 | 8,72825 | 11,6377 | 14,5471 | 17,4565 | 20,3659 | 23,2753 | 26,184 |
| 10 | 29,0942 | 32,0036 | 34,9130 | 37,8224 | 40,7318 | 43,6412 | 46,5507 | 49,4601 | 52,3695 | 55,278 |
| 20 | 58,1883 | 61,0977 | 64,0072 | 66,9166 | 69,8260 | 72,7354 | 75,6448 | 78,5542 | 81,4637 | 84,373 |
| 30 | 87,2825 | 90,1919 | 93,1013 | 96,0107 | 98,9202 | 101,830 | 104,739 | 107,648 | 110,558 | 113,46 |
| 40 | 116,377 | 119,286 | 122,195 | 125,105 | 128,014 | 130,924 | 133,833 | 136,743 | 139,652 | 142,56 |
| 50 | 145,471 | 148,380 | 151,290 | 154,199 | 157,108 | 160,018 | 162,927 | 165,837 | 168,746 | 171,65 |
| 60 | 174,565 | 177,474 | 180,384 | 183,293 | 186,203 | 189,112 | 192,021 | 194,931 | 197,840 | 200,75 |
| 70 | 203,659 | 206,569 | 209,478 | 212,387 | 215,297 | 218,206 | 221,116 | 224,025 | 226,934 | 229,84 |
| 80 | 232,753 | 235,663 | 238,572 | 241,482 | 244,391 | 247,300 | 250,210 | 253,119 | 256,029 | 258,93 |
| 90 | 261,847 | 264,757 | 267,666 | 270 576 | 273,485 | 276,395 | 279,304 | 282,213 | 285,123 | 288,03 |
| 100 | 290,942 | 293,851 | 296,760 | 299,670 | 302,579 | 305,489 | 308,399 | 311,308 | 314,218 | 317,12 |

b) 1 · (100 $dm^3$) = 21,997 55 gallona = 10,998 77 pecka = 2,749 692 bushela = 0,343 711 56 quarter

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,343 71 | 0,687 42 | 1,031 13 | 1,374 85 | 1,718 56 | 2,062 27 | 2,405 98 | 2,749 69 | 3,093 |
| 10 | 3,437 12 | 3,780 83 | 4,124 54 | 4,468 25 | 4,811 96 | 5,155 67 | 5,499 39 | 5,843 10 | 6,186 81 | 6,530 |
| 20 | 6,874 23 | 7,217 94 | 7,561 65 | 7,905 37 | 8,249 08 | 8,592 79 | 8,936 50 | 9,280 21 | 9,623 92 | 9,967 |
| 30 | 10,311 3 | 10,655 1 | 10,998 8 | 11,342 5 | 11,686 2 | 12,029 9 | 12,373 6 | 12,717 3 | 13,061 0 | 13,404 |
| 40 | 13,748 5 | 14,092 2 | 14,435 9 | 14,779 6 | 15,123 3 | 15,467 0 | 15,810 7 | 16,154 4 | 16,498 2 | 16,841 |
| 50 | 17,185 6 | 17,529 3 | 17,873 0 | 18,216 7 | 18,560 4 | 18,904 1 | 19,247 8 | 19,591 6 | 19,935 3 | 20,279 |
| 60 | 20,622 7 | 20,966 4 | 21,310 1 | 21,653 8 | 21,997 5 | 22,341 3 | 22,685 0 | 23,028 7 | 23,372 4 | 23,716 |
| 70 | 24,059 8 | 24,403 5 | 24,747 2 | 25,090 9 | 25,434 7 | 25,778 4 | 26,122 1 | 26,465 8 | 26,809 5 | 27,153 |
| 80 | 27,496 9 | 27,840 6 | 28,184 3 | 28,528 1 | 28,871 8 | 29,215 5 | 29,559 2 | 29,902 9 | 30,246 6 | 30,590 |
| 90 | 30,934 0 | 31,277 8 | 31,621 5 | 31,965 2 | 32,308 9 | 32,652 6 | 32,996 3 | 33,340 0 | 33,683 7 | 34 027 |
| 100 | 34 371 2 | 34,714 9 | 35,058 6 | 35,402 3 | 35,746 0 | 36,089 7 | 36,433 4 | 36,777 1 | 37,120 8 | 37,464 |

**Napomena:** Tablice 34 do 37 izračunate su pod pretpostavkom: 1 l = 1 $dm^3$. Međutim osnovi novijih najtačnijih merenja (str. 959) je 1 l = 1,000 028 $dm^3$. Pri preračunavanju u hl, nosno l treba brojne vrednosti u tablicama a) smanjiti za njihov 28-milioniti deo, a vrednosti u tablicama b) povećati za isti deo. Na pr., 1 quarter = (2,909 42 — 2,9 · $^{28}/_{1000\,000}$) hl = (2,909 42 — 0,000 08) hl = 2,909 34 hl. Isto tako je 1 hl = (0,343 71 + 0,3 · $^{28}/_{1000\,000}$) quartera = (0,343 71 + 0,000 01) quartera = 0,343 72 quartera.

**Tablica 35. a) Pretvaranje engl. Imperialgallona u kubne decimetre**
**b) Pretvaranje kubnih decimetara u engl. Imperialgallone**

) 1 Imperialgallon po Order in Council od 19. dec. 1898 g. = 277,260 cu. in. od 1898 god. = 4,545 963 dm³

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 4,54596 | 9,09193 | 13,6379 | 18,1839 | 22,7298 | 27,2758 | 31,8217 | 36,3677 | 40,9137 |
| 10 | 45,4596 | 50,0056 | 54,5516 | 59,0975 | 63,6435 | 68,1894 | 72,7354 | 77,2814 | 81,8273 | 86,3733 |
| 20 | 90,9193 | 95,4652 | 100,011 | 104,557 | 109,103 | 113,649 | 118,195 | 122,741 | 127,287 | 131,833 |
| 30 | 136,379 | 140,925 | 145,471 | 150,017 | 154,563 | 159,109 | 163,655 | 168,201 | 172,747 | 177,293 |
| 40 | 181,839 | 186,384 | 190,930 | 195,476 | 200,022 | 204,568 | 209,114 | 213,660 | 218,206 | 222,752 |
| 50 | 227,298 | 231,844 | 236,390 | 240,936 | 245,482 | 250,028 | 254,574 | 259,120 | 263,666 | 268,212 |
| 60 | 272,758 | 277,304 | 281,850 | 286,396 | 290,942 | 295,488 | 300,034 | 304,580 | 309,125 | 313,671 |
| 70 | 318,217 | 322,763 | 327,309 | 331,855 | 336,401 | 340,947 | 345,493 | 350,039 | 354,585 | 359,131 |
| 80 | 363,677 | 368,223 | 372,769 | 377,315 | 381,861 | 386,407 | 390,953 | 395,499 | 400,045 | 404,591 |
| 90 | 409,137 | 413,683 | 418,229 | 422,775 | 427,321 | 431,866 | 436,412 | 440,958 | 445,504 | 450,050 |
| 00 | 454,596 | 459,142 | 463,688 | 468,234 | 472,780 | 477,326 | 481,872 | 486,418 | 490,964 | 495,510 |

b) 1 dm³ = 0,219 975 47 Imperialgallona

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,219 98 | 0,439 95 | 0,659 93 | 0,879 90 | 1,099 88 | 1,319 85 | 1,539 83 | 1,759 80 | 1,979 78 |
| 10 | 2,199 76 | 2,419 73 | 2,639 71 | 2,859 68 | 3,079 66 | 3,299 63 | 3,519 61 | 3,739 58 | 3,959 56 | 4,179 53 |
| 20 | 4,399 51 | 4,619 49 | 4,839 46 | 5,059 44 | 5,279 41 | 5,499 39 | 5,719 36 | 5,939 34 | 6,159 31 | 6,379 29 |
| 30 | 6,599 27 | 6,819 24 | 7,039 22 | 7,259 19 | 7,479 17 | 7,699 14 | 7,919 12 | 8,139 09 | 8,359 07 | 8,579 04 |
| 40 | 8,799 02 | 9,019 00 | 9,238 97 | 9,458 95 | 9,678 92 | 9,898 90 | 10,118 9 | 10,338 8 | 10,558 8 | 10,778 8 |
| 50 | 10,998 8 | 11,218 8 | 11,438 7 | 11,658 7 | 11,878 7 | 12,098 7 | 12,318 6 | 12,538 6 | 12,758 6 | 12,978 8 |
| 60 | 13,198 5 | 13,418 5 | 13,638 5 | 13,858 5 | 14,078 4 | 14,298 4 | 14,518 4 | 14,738 4 | 14,958 3 | 15,178 3 |
| 70 | 15,398 3 | 15,618 3 | 15,838 2 | 16,058 2 | 16,278 2 | 16,498 2 | 16,718 1 | 16,938 1 | 17,158 1 | 17,378 1 |
| 80 | 17,598 0 | 17,818 0 | 18,038 0 | 18,258 0 | 18,477 9 | 18,697 9 | 18,917 9 | 19,137 9 | 19,357 8 | 19,577 8 |
| 90 | 19,797 8 | 20,017 8 | 20,237 7 | 20,457 7 | 20,677 7 | 20,897 7 | 21,117 6 | 21,337 6 | 21,557 6 | 21,777 6 |
| 00 | 21,997 6 | 22,217 5 | 22,437 5 | 22,657 5 | 22,877 5 | 23,097 4 | 23,317 4 | 23,537 4 | 23,757 4 | 23,977 3 |

*) Vidi napomenu *) na str. 1427 — Voditi obzira o napomeni ispod ablice 34.

**Tablica 36. a) Pretvaranje USA-(Winchester-) gallona u kubne decimetre[1])**
**b) Pretvaranje kubnih decimetara u USA-(Winchester-) galone (231 kub. palac)**

a) 1 gallon = 3,785 442 dm³

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 3,78544 | 7,57088 | 11,3563 | 15,1418 | 18,9272 | 22,7127 | 26,4981 | 30,2835 | 34,0690 |
| 10 | 37,8544 | 41,6399 | 45,4253 | 49,2107 | 52,9962 | 56,7816 | 60,5671 | 64,3525 | 68,1380 | 71,9234 |
| 20 | 75,7088 | 79,4943 | 83 2797 | 87,0652 | 90,8506 | 94,6361 | 98,4215 | 102,207 | 105,992 | 109,778 |
| 30 | 113,563 | 117,349 | 121,134 | 124,920 | 128,705 | 132,490 | 136,276 | 140,061 | 143,847 | 147,632 |
| 40 | 151,418 | 155,203 | 158,989 | 162,774 | 166,559 | 170,345 | 174,130 | 177,916 | 181,701 | 185,487 |
| 50 | 189,272 | 193,058 | 196,843 | 200,628 | 204,414 | 208,199 | 211,985 | 215,770 | 219,556 | 223,341 |
| 60 | 227,127 | 230,912 | 234 697 | 238,483 | 242 268 | 246,054 | 249,839 | 253,625 | 257,410 | 261,195 |
| 70 | 264,981 | 268,766 | 272.552 | 276,337 | 280,123 | 283,908 | 287,694 | 291,479 | 295,264 | 299,050 |
| 80 | 302,835 | 306,621 | 310,406 | 314,192 | 317,977 | 321,763 | 325,548 | 329,333 | 333,119 | 336,904 |
| 90 | 340,690 | 344,475 | 348,261 | 352,046 | 355,832 | 359,617 | 363,402 | 367,188 | 379,973 | 374,759 |
| 00 | 378,544 | 382,330 | 386,115 | 389,901 | 393,686 | 397,471 | 401,257 | 405,042 | 408,828 | 412,613 |

b) 1 dm³ = 0,264 169 9 gallona

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,264 17 | 0,528 34 | 0,792 51 | 1,056 68 | 1,320 85 | 1,585 02 | 1,849 19 | 2,113 36 | 2,377 53 |
| 10 | 2,641 70 | 2,905 87 | 3,170 04 | 3,434 21 | 3,698 38 | 3,962 55 | 4,226 72 | 4,490 89 | 4,755 06 | 5,019 23 |
| 20 | 5,283 40 | 5,547 57 | 5,811 74 | 6,075 91 | 6,340 08 | 6,604 25 | 6,868 42 | 7,132 59 | 7,396 76 | 7,660 93 |
| 30 | 7,925 10 | 8,189 27 | 8,453 44 | 8,717 61 | 8,981 78 | 9,245 95 | 9,510 12 | 9,774 29 | 10,038 5 | 10,302 6 |
| 40 | 10,566 8 | 10,831 0 | 11,095 1 | 11,359 3 | 11,623 5 | 11,887 6 | 12,151 8 | 12,416 0 | 12,680 2 | 12,944 3 |
| 50 | 13,208 5 | 13,472 7 | 13,736 8 | 14,001 0 | 14,265 2 | 14,529 3 | 14,793 5 | 15,057 7 | 15,321 9 | 15,586 0 |
| 60 | 15,850 2 | 16,114 4 | 16,378 5 | 16,642 7 | 16,906 9 | 17,171 0 | 17,435 2 | 17,699 4 | 17,963 6 | 18,227 7 |
| 70 | 18,491 9 | 18,756 1 | 19,020 2 | 19,284 4 | 19,548 6 | 19,812 7 | 20,076 9 | 20,341 1 | 20,605 3 | 20,869 4 |
| 80 | 21,133 6 | 21,397 8 | 21,661 9 | 21,926 1 | 22,190 3 | 22,454 4 | 22,718 6 | 22,982 8 | 23,247 0 | 23,511 1 |
| 90 | 23,775 3 | 24,039 5 | 24,303 6 | 24,567 8 | 24,832 0 | 25,096 1 | 25,360 3 | 25,624 5 | 25,888 7 | 26,152 8 |
| 100 | 26,417 0 | 26,681 2 | 26,945 3 | 27,209 5 | 27,473 7 | 27,737 8 | 28,002 0 | 28,266 2 | 28,530 3 | 28,794 5 |

[1]) Voditi obzira o napomeni ispod tablice 34.

**Tablica 37. a) Pretvaranje petroleum-barrela u hektolitre *)**
**b) Pretvaranje hektolitara u petroleum-barrele**

a) 1 petr.-barrel = 42 petr.-gallona po $^5/_6 \cdot 10$ lbs. vode (= 230,667 cu. in ili 3,779 94 $dm^3$) = 1,587 574 8 hl**)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,58757 | 3,17515 | 4,76272 | 6,35030 | 7,93787 | 9,52545 | 11,1130 | 12,7006 | 14,2882 |
| 10 | 15,8757 | 17,4633 | 19,0509 | 20,6385 | 22,2260 | 23,8136 | 25,4012 | 26,9888 | 28,5763 | 30,1639 |
| 20 | 31,7515 | 33,3391 | 34,9266 | 36,5142 | 38,1018 | 39,6894 | 41,2769 | 42,8645 | 44,4521 | 46,0397 |
| 30 | 47,6272 | 49,2148 | 50,8024 | 52,3900 | 53,9775 | 55,5651 | 57,1527 | 58,7403 | 60,3278 | 61,9154 |
| 40 | 63,5030 | 65,0906 | 66,6781 | 68,2657 | 69,8533 | 71,4409 | 73,0284 | 74,6160 | 76,2036 | 77,7912 |
| 50 | 79,3787 | 80,9663 | 82,5539 | 84,1415 | 85,7290 | 87,3166 | 88,9042 | 90,4918 | 92,0793 | 93,6669 |
| 60 | 95,2545 | 96,8421 | 98,4296 | 100,017 | 101,605 | 103,192 | 104,780 | 106,368 | 107,955 | 109,543 |
| 70 | 111,130 | 112,718 | 114,305 | 115,893 | 117,481 | 119,068 | 120,656 | 122,243 | 123,831 | 125,418 |
| 80 | 127,006 | 128,594 | 130,181 | 131,769 | 133,356 | 134,944 | 136,531 | 138,119 | 139,707 | 141,294 |
| 90 | 142,882 | 144,469 | 146,057 | 147,644 | 149,232 | 150,820 | 152,407 | 153,995 | 155,582 | 157,170 |
| 100 | 158,757 | 160,345 | 161,933 | 163,520 | 165,108 | 166,695 | 168,283 | 169,871 | 171,458 | 173,046 |

b) 1 hl = 0,629 891 6 petr.-barrel-a**)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,629 89 | 1,259 78 | 1,889 67 | 2,519 57 | 3,149 46 | 3,779 35 | 4,409 24 | 5,039 13 | 5,669 02 |
| 10 | 6,298 92 | 6,928 81 | 7,558 70 | 8,188 59 | 8,818 48 | 9,448 37 | 10,078 3 | 10,708 2 | 11,338 0 | 11,967 9 |
| 20 | 12,597 8 | 13,227 7 | 13,857 6 | 14,487 5 | 15,117 4 | 15,747 3 | 16,377 2 | 17,007 1 | 17,637 0 | 18,266 9 |
| 30 | 18,896 7 | 19,526 6 | 20,156 5 | 20,786 4 | 21,416 3 | 22,046 2 | 22,676 1 | 23,306 0 | 23,935 9 | 24,565 8 |
| 40 | 25,195 7 | 25,825 6 | 26,455 4 | 27,085 3 | 27,715 2 | 28,345 1 | 28,975 0 | 29,604 9 | 30,234 8 | 30,864 7 |
| 50 | 31,494 6 | 32,124 5 | 32,754 4 | 33,384 3 | 34,014 1 | 34,644 0 | 35,273 9 | 35,903 8 | 36,533 7 | 37,163 6 |
| 60 | 37,793 5 | 38,423 4 | 39,053 3 | 39,683 2 | 40,313 1 | 40,943 0 | 41,572 8 | 42,202 7 | 42,832 6 | 43,462 5 |
| 70 | 44,092 4 | 44,722 3 | 45,352 2 | 45,982 1 | 46,612 0 | 47,241 9 | 47,871 8 | 48,501 7 | 49,131 5 | 49,761 4 |
| 80 | 50,391 3 | 51,021 2 | 51,651 1 | 52,281 0 | 52,910 9 | 53,540 8 | 54,170 7 | 54,800 6 | 55,430 5 | 56,060 4 |
| 90 | 56,690 2 | 57,320 1 | 57,950 0 | 58,579 9 | 59,209 8 | 59,839 7 | 60,469 6 | 61,099 5 | 61,729 4 | 62,359 3 |
| 100 | 62,989 2 | 63,619 1 | 64,248 9 | 64,878 8 | 65,508 7 | 66,138 6 | 66,768 5 | 67,398 4 | 68,028 3 | 68,658 2 |

*) V. napomenu [2]) na str. 1427. — Voditi obzira o napomeni ispod tablice 34. — **) Za druge tečnosti računa se u USA da je 1 barrel = 158,988 6 l = 42 gallona po 231 cu. in. (po 3,785 442 $dm^3$, tablica 36), odnosno 1 hl = 0,628 976 3 barrela. Dakle, za ovaj barrel treba vrednosti u tablici 37 a) pomnožiti sa 1,001 46, a one u tablici 37 b) sa 0,998 57.

**Tabela 38. a) Pretvaranje ruskih bočaka u hektolitre**
**b) Pretvaranje hektolitara u ruske bočke**

a) 1 bočka = 40 vedra (tablica 40) = 100 čarka = 4,919 763 5 hl

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 4,91976 | 9,83953 | 14,7593 | 19,6791 | 24,5988 | 29,5186 | 34,4383 | 39,3581 | 44,2779 |
| 10 | 49,1976 | 54,1174 | 59,0372 | 63,9569 | 68,8767 | 73,7964 | 78,7162 | 83,6360 | 88,5557 | 93,4755 |
| 20 | 98,3953 | 103,315 | 108,235 | 113,155 | 118,074 | 122,994 | 127,914 | 132,834 | 137,753 | 142,673 |
| 30 | 147,593 | 152,513 | 157,432 | 162,352 | 167,272 | 172,192 | 177,111 | 182,031 | 186,951 | 191,871 |
| 40 | 196,791 | 201,710 | 206,630 | 211,550 | 216,470 | 221,389 | 226,309 | 231,229 | 236,149 | 241,068 |
| 50 | 245,988 | 250,908 | 255,828 | 260,747 | 265,667 | 270,587 | 275,507 | 280,426 | 285,346 | 290,266 |
| 60 | 295,186 | 300,106 | 305,025 | 309,945 | 314,865 | 319,785 | 324,704 | 329,624 | 334,544 | 339,464 |
| 70 | 344,383 | 349,303 | 354,223 | 359,143 | 364,062 | 368,982 | 373,902 | 378,822 | 383,742 | 388,661 |
| 80 | 393,581 | 398,501 | 403,421 | 408,340 | 413,260 | 418,180 | 423,100 | 428,019 | 432,939 | 437,859 |
| 90 | 442,779 | 447,698 | 452,618 | 457,538 | 462,458 | 467,377 | 472,297 | 477,217 | 482,137 | 487,057 |
| 100 | 491,976 | 496,896 | 501,816 | 506,736 | 511,655 | 516,575 | 521,495 | 526,415 | 531,334 | 536,254 |

b) 1 hl = 0,203 261 8 bočka

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,203 26 | 0,406 52 | 0,609 79 | 0,813 05 | 1,016 31 | 1,219 57 | 1,422 83 | 1,626 09 | 1,829 36 |
| 10 | 2,032 62 | 2,235 88 | 2,439 14 | 2,642 40 | 2,845 67 | 3,048 93 | 3,252 19 | 3,455 45 | 3,658 71 | 3,861 97 |
| 20 | 4,065 24 | 4,268 50 | 4,471 76 | 4,675 02 | 4,878 28 | 5,081 55 | 5,284 81 | 5,488 07 | 5,691 33 | 5,894 59 |
| 30 | 6,097 85 | 6,301 12 | 6,504 38 | 6,707 64 | 6,910 90 | 7,114 16 | 7,317 42 | 7,520 69 | 7,723 95 | 7,927 21 |
| 40 | 8,130 47 | 8,333 73 | 8,537 00 | 8,740 26 | 8,943 52 | 9,146 78 | 9,350 04 | 9,553 30 | 9,756 57 | 9,959 83 |
| 50 | 10,163 1 | 10,366 4 | 10,569 6 | 10,772 9 | 10,976 1 | 11,179 4 | 11,382 7 | 11,585 9 | 11,789 2 | 11,992 4 |
| 60 | 12,195 7 | 12,399 0 | 12,602 2 | 12,805 5 | 13,008 8 | 13,212 0 | 13,415 3 | 13,618 5 | 13,821 8 | 14,025 1 |
| 70 | 14,228 3 | 14,431 6 | 14,634 8 | 14,838 1 | 15,041 4 | 15,244 6 | 15,447 9 | 15,651 2 | 15,854 4 | 16,057 7 |
| 80 | 16,260 9 | 16,464 2 | 16,667 5 | 16,870 7 | 17,074 0 | 17,277 3 | 17,480 5 | 17,683 8 | 17,887 0 | 18,090 3 |
| 90 | 18,293 6 | 18,496 8 | 18,700 1 | 18,903 3 | 19,106 6 | 19,309 9 | 19,513 1 | 19,716 4 | 19,919 7 | 20,122 9 |
| 100 | 20,326 2 | 20,529 4 | 20,732 7 | 20,936 0 | 21,139 2 | 21,342 5 | 21,545 8 | 21,749 0 | 21,952 3 | 22,155 5 |

## Tablica 39. a) Pretvaranje ruskih četverti u hektolitre
## b) Pretvaranje hektolitara u ruske četverti

a) 1 četvert = 8 četverika (po 26,238 738 l) = 8 · 4 četvjorka (po 6,559 684 5 l) = = 32 · 2 garnjeca (po 3,279 842 3 l) = 2,099 099 hl

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2.09910 | 4,19820 | 6,29730 | 8,39640 | 10,4955 | 12,5946 | 14,6937 | 16,7928 | 18,8919 |
| 10 | 20,9910 | 23,0901 | 25,1892 | 27,2883 | 29,3874 | 31,4865 | 33,5856 | 35,6847 | 37,7838 | 39,8829 |
| 20 | 41,9820 | 44,0811 | 46,1802 | 48,2793 | 50,3784 | 52,4775 | 54,5766 | 56,6757 | 58,7748 | 60,8739 |
| 30 | 62,9730 | 65,0721 | 67,1712 | 69,2703 | 71,3694 | 73,4685 | 75,5676 | 77,6667 | 79,7658 | 81,8649 |
| 40 | 83 9640 | 86,0631 | 88,1622 | 90,2613 | 92,3604 | 94,4595 | 96,5586 | 98,6577 | 100,757 | 102,856 |
| 50 | 104,955 | 107,054 | 109,153 | 111,252 | 113,351 | 115,450 | 117,550 | 119,649 | 121,748 | 123,847 |
| 60 | 125,946 | 128,045 | 130,144 | 132,243 | 134,342 | 136,441 | 138,541 | 140,640 | 142,739 | 144,838 |
| 70 | 146,937 | 149,036 | 151,135 | 153,234 | 155,333 | 157,432 | 159,532 | 161,631 | 163,730 | 165,829 |
| 80 | 167,928 | 170,027 | 172,126 | 174,225 | 176,324 | 178,423 | 180,523 | 182,622 | 184,721 | 186,820 |
| 90 | 188,919 | 191,018 | 193,117 | 195,216 | 197,315 | 199,414 | 201,514 | 203,613 | 205,712 | 207,811 |
| 00 | 209,910 | 212.009 | 214,108 | 216,207 | 218,306 | 220,405 | 222,504 | 224,604 | 226,703 | 228,802 |

b) 1 hl = 3,811 158 8 četverika = 15,244 635 četvjorki = 30,489 271 garnjeca = = 0,476 394 85 četverti

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,476 39 | 0,952 79 | 1,429 18 | 1,905 58 | 2,381 97 | 2,858 37 | 3,334 76 | 3,811 16 | 4,287 55 |
| 10 | 4,763 95 | 5,240 34 | 5,716 74 | 6,193 13 | 6,669 53 | 7,145 92 | 7,622 32 | 8,098 71 | 8,575 11 | 9,051 50 |
| 20 | 9,527 90 | 10,004 3 | 10,480 7 | 10,957 1 | 11,433 5 | 11,909 9 | 12,386 3 | 12,862 7 | 13,339 1 | 13,815 4 |
| 30 | 14,291 8 | 14,768 2 | 15 244 6 | 15,721 0 | 16,197 4 | 16,673 8 | 17,150 2 | 17,626 6 | 18,103 0 | 18,579 4 |
| 40 | 19,055 8 | 19,532 2 | 20,008 6 | 20,485 0 | 20,961 4 | 21,437 8 | 21,914 2 | 22,390 6 | 22,867 0 | 23,343 3 |
| 50 | 23,819 7 | 24,296 1 | 24,772 5 | 25,248 9 | 25,725 3 | 26,201 7 | 26,678 1 | 27,154 5 | 27,630 9 | 28,107 3 |
| 60 | 28,583 7 | 29,060 1 | 29,536 5 | 30,012 9 | 30,489 3 | 30,965 7 | 31,442 1 | 31,918 5 | 32,394 8 | 32,871 2 |
| 70 | 33,347 6 | 33,824 0 | 34,300 4 | 34,776 8 | 35,253 2 | 35,729 6 | 36,206 0 | 36,682 4 | 37,158 8 | 37,635 2 |
| 80 | 38,111 6 | 38,588 0 | 39,064 4 | 39,540 8 | 40,017 2 | 40,493 6 | 40,970 0 | 41,446 3 | 41,922 7 | 42,399 1 |
| 90 | 42,875 5 | 43,351 9 | 43,828 3 | 44,304 7 | 44,781 1 | 45,257 5 | 45,733 9 | 46,210 3 | 46,686 7 | 47,163 1 |
| 00 | 47,639 5 | 48,115 9 | 48,592 3 | 49,068 7 | 49,545 1 | 50,021 5 | 50,497 8 | 50,974 2 | 51.450 6 | 51,927 0 |

## Tablica 40. a) Pretvaranje ruskih vedra u litre
## b) Pretvaranje litara u ruske kručke

a) 1 vedro = 10 kručka = 12,299 409 l

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 12,2994 | 24,5988 | 36,8982 | 49,1976 | 61,4971 | 73,7965 | 86,0959 | 98,3953 | 110,695 |
| 10 | 122,994 | 135,294 | 147,593 | 159,892 | 172,192 | 184,491 | 196,791 | 209,090 | 221,389 | 233,689 |
| 20 | 245,988 | 258,288 | 270,587 | 282,886 | 295,186 | 307,485 | 319,785 | 332,084 | 344,383 | 356,683 |
| 30 | 368,982 | 381,282 | 393,581 | 405,881 | 418,180 | 430,479 | 442,779 | 455,078 | 467,378 | 479,677 |
| 40 | 491,976 | 504,276 | 516,575 | 528,875 | 541,174 | 553,473 | 565,773 | 578,072 | 590,372 | 602,671 |
| 50 | 614,971 | 627,270 | 639,569 | 651,869 | 664,168 | 676,468 | 688,767 | 701,066 | 713,366 | 725,665 |
| 60 | 737,965 | 750,264 | 762,563 | 774,863 | 787,162 | 799,462 | 811,761 | 824,060 | 836,360 | 848,659 |
| 70 | 860,959 | 873,258 | 885,558 | 897,857 | 910,156 | 922,456 | 934,755 | 947,055 | 959,354 | 971,653 |
| 80 | 983,953 | 996,252 | 1008.55 | 1020,85 | 1033,15 | 1045,45 | 1057,75 | 1070,05 | 1082,35 | 1094,65 |
| 90 | 1106,95 | 1119,25 | 1131,55 | 1143,85 | 1156,14 | 1168,44 | 1180,74 | 1193,04 | 1205,34 | 1217,64 |
| 00 | 1229.94 | 1242.24 | 1254.54 | 1266,84 | 1279,14 | 1291,44 | 1303,74 | 1316,04 | 1328,34 | 1340,64 |

b) 1 l = 0,813 047 21 kručka

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,813 05 | 1,626 09 | 2,439 14 | 3,252 19 | 4,065 24 | 4,878 28 | 5,691 33 | 6,504 38 | 7,317 42 |
| 0 | 8,130 47 | 8,943 52 | 9,756 57 | 10,569 6 | 11,382 7 | 12,195 7 | 13,008 8 | 13,821 8 | 14,634 8 | 15,447 9 |
| 0 | 16,260 9 | 17,074 0 | 17,887 0 | 18,700 1 | 19,513 1 | 20,326 2 | 21,139 2 | 21,952 3 | 22,765 3 | 23,578 4 |
| 0 | 24,391 4 | 25,204 5 | 26,017 5 | 26,830 6 | 27,643 6 | 28,456 7 | 29,269 7 | 30,082 7 | 30,895 8 | 31,708 8 |
| 0 | 32,521 9 | 33,334 9 | 34,148 0 | 34,961 0 | 35,774 1 | 36,587 1 | 37,400 2 | 38,213 2 | 39,026 3 | 39,839 3 |
| 0 | 40,652 4 | 41,465 4 | 42,278 5 | 43,091 5 | 43,904 5 | 44,717 6 | 45.530 6 | 46,343 7 | 47,156.7 | 47,969 8 |
| 0 | 48,782 8 | 49,595 9 | 50,408 9 | 51,222 0 | 52,035 0 | 52,848 1 | 53,661 1 | 54,474 2 | 55,287 2 | 56,100 3 |
| 0 | 56,913 3 | 57,726 4 | 58,539 4 | 59,352 4 | 60,165 5 | 60,978 5 | 61,791 6 | 62,604 6 | 63,417 7 | 64,230 7 |
| 0 | 65,043 8 | 65,856 8 | 66,669 9 | 67,482 9 | 68,296 0 | 69,109 0 | 69,922 1 | 70,735 1 | 71,548 2 | 72,361 2 |
| 0 | 73,174 2 | 73,987 3 | 74,800 3 | 75,613 4 | 76,426 4 | 77,239 5 | 78,052 5 | 78,865 6 | 79,678 6 | 80,491 7 |
| 0 | 81,304 7 | 82,117 8 | 82,930 8 | 83,743 9 | 84,556 9 | 85,370 0 | 86,183 0 | 86,996 1 | 87,809 1 | 88,622 1 |

# D. Mere za težinu

## Tablica 41. a) Pretvaranje engl. tona u metarske tone
## b) Pretvaranje metarskih tona u engl. tone

a) 1 (long) ton = 20 cwt. = 20 · 4 quartera = 80 · 28 lb. = 1,12 short tona = = 1,016 047 06 t

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,01605 | 2,03209 | 3,04814 | 4,06419 | 5,08024 | 6,09628 | 7,11233 | 8,12838 | 9,14442 |
| 10 | 10,1605 | 11,1765 | 12,1926 | 13,2086 | 14,2247 | 15,2407 | 16,2568 | 17,2728 | 18,2888 | 19,3049 |
| 20 | 20,3209 | 21,3370 | 22,3530 | 23,3691 | 24,3851 | 25,4012 | 26,4172 | 27,4333 | 28,4493 | 29,4654 |
| 30 | 30,4814 | 31,4975 | 32,5135 | 33,5296 | 34,5456 | 35,5616 | 36,5777 | 37,5937 | 38,6098 | 39,6258 |
| 40 | 40,6419 | 41,6579 | 42,6740 | 43,6900 | 44,7061 | 45,7221 | 46,7382 | 47,7542 | 48,7703 | 49,7863 |
| 50 | 50,8024 | 51,8184 | 52,8344 | 53,8505 | 54,8665 | 55,8826 | 56,8986 | 57,9147 | 58,9307 | 59,9468 |
| 60 | 60,9628 | 61,9789 | 62,9949 | 64,0110 | 65,0270 | 66,0431 | 67,0591 | 68,0752 | 69,0912 | 70,1072 |
| 70 | 71,1233 | 72,1393 | 73,1554 | 74,1714 | 75,1875 | 76,2035 | 77,2196 | 78,2356 | 79,2517 | 80,2677 |
| 80 | 81,2838 | 82,2998 | 83,3159 | 84,3319 | 85,3480 | 86,3640 | 87,3801 | 88,3961 | 89,4121 | 90,4282 |
| 90 | 91,4442 | 92,4603 | 93,4763 | 94,4924 | 95,5084 | 96,5245 | 97,5405 | 98,5566 | 99,5726 | 100,589 |
| 100 | 101,605 | 102,621 | 103,637 | 104,653 | 105,669 | 106,685 | 107,701 | 108,717 | 109,733 | 110,749 |

b) 1 t = 19,684 13 cwt. = 78,736 51 quartera = 0,984 206 38 long tona

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,98421 | 1,96841 | 2,95262 | 3,93683 | 4,92103 | 5,90524 | 6,88944 | 7,87365 | 8,8578 |
| 10 | 9,84206 | 10,8263 | 11,8105 | 12,7947 | 13,7789 | 14,7631 | 15,7473 | 16,7315 | 17,7157 | 18,6995 |
| 20 | 19,6841 | 20,6683 | 21,6525 | 22,6367 | 23,6210 | 24,6052 | 25,5894 | 26,5736 | 27,5578 | 28,542 |
| 30 | 29,5262 | 30,5104 | 31,4946 | 32,4788 | 33,4630 | 34,4472 | 35,4314 | 36,4156 | 37,3998 | 38,384 |
| 40 | 39,3683 | 40,3525 | 41,3367 | 42,3209 | 43,3051 | 44,2893 | 45,2735 | 46,2577 | 47,2419 | 48,226 |
| 50 | 49,2103 | 50,1945 | 51,1787 | 52,1629 | 53,1471 | 54,1314 | 55,1156 | 56,0998 | 57,0840 | 58,068 |
| 60 | 59,0524 | 60,0366 | 61,0208 | 62,0050 | 62,9892 | 63,9734 | 64,9576 | 65,9418 | 66,9260 | 67,910 |
| 70 | 68,8944 | 69,8787 | 70,8629 | 71,8471 | 72,8313 | 73,8155 | 74,7997 | 75,7839 | 76,7681 | 77,752 |
| 80 | 78,7365 | 79,7207 | 80,7049 | 81,6891 | 82,6733 | 83,6575 | 84,6417 | 85,6260 | 86,6102 | 87,594 |
| 90 | 88,5786 | 89,5628 | 90,5470 | 91,5312 | 92,5154 | 93,4996 | 94,4838 | 95,4680 | 96,4522 | 97,436 |
| 100 | 98,4206 | 99,4048 | 100,389 | 101,373 | 102,357 | 103,342 | 104,326 | 105,310 | 106,294 | 107,27 |

## Tablica 42. a) Pretvaranje engl. brodarskih tona u kilograme
## b) Pretvaranje metarskih tona u engl. brodarske tone

a) 1 short ton = 0,892 857 long tona = 71, 428 5 quartera = 2 000 lb. = = 907,184 8 kg

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 907,185 | 1 814,37 | 2 721,55 | 3 628,74 | 4 535,92 | 5 443,11 | 6 350,29 | 7 257,48 | 8 164,6 |
| 10 | 9 071,85 | 9 979,03 | 10,886,2 | 11 793,4 | 12 700,6 | 13 607,8 | 14 515,0 | 15 422,1 | 16 329,3 | 17 236, |
| 20 | 18 143,7 | 19 050,9 | 19 958,1 | 20 865,3 | 21 772,4 | 22 679,6 | 23 586,8 | 24 494,0 | 25 401,2 | 26 308, |
| 30 | 27 215,5 | 28 122,7 | 29 029,9 | 29 937,1 | 30 844,3 | 31 751,5 | 32 658,7 | 33 565,8 | 34 473,0 | 35 380, |
| 40 | 36 287,4 | 37 194,6 | 38 101,8 | 39 008,9 | 39 916,1 | 40 823,3 | 41 730,5 | 42 637,7 | 43 544,9 | 44 452, |
| 50 | 45 359,2 | 46 266,4 | 47 173,6 | 48 080,8 | 48 988,0 | 49 895,2 | 50 802,3 | 51 709,5 | 52 616,7 | 53 523, |
| 60 | 54 431,1 | 55 338,3 | 56 245,5 | 57 152,6 | 58 059,8 | 58 967,0 | 59 874,2 | 60 781,4 | 61 688,6 | 62 595, |
| 70 | 63 502,9 | 64 410,1 | 65 317,3 | 66 224,5 | 67 131,7 | 68 038,9 | 68 946,0 | 69 853,2 | 70 760,4 | 71 667, |
| 80 | 72 574,8 | 73 482,0 | 74 389,2 | 75 296,3 | 76 203,5 | 77 110,7 | 78 017,9 | 78 925,1 | 79 832,3 | 80 739, |
| 90 | 81 646,6 | 82 553,8 | 83 461,0 | 84 368,2 | 85 275,4 | 86 182,6 | 87 089,7 | 87 996,9 | 88 904,1 | 89 811, |
| 100 | 90 718,5 | 91 625,7 | 92 532,8 | 93 440,0 | 94 347,2 | 95 254,4 | 96 161,6 | 97 068,8 | 97 976,0 | 98 883, |

b) 1 t = 1,102 311 short tona

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,10231 | 2,20462 | 3,30693 | 4,40924 | 5,51155 | 6,61387 | 7,71618 | 8,81849 | 9,920 |
| 10 | 11,0231 | 12,1254 | 13,2277 | 14,3300 | 15,4324 | 16,5347 | 17,6370 | 18,7393 | 19,8416 | 20,94 |
| 20 | 22,0462 | 23,1485 | 24,2508 | 25,3532 | 26,4555 | 27,5578 | 28,6601 | 29,7624 | 30,8647 | 31,96 |
| 30 | 33,0693 | 34,1716 | 35,2740 | 36,3763 | 37,4786 | 38,5809 | 39,6832 | 40,7855 | 41,8878 | 42,99 |
| 40 | 44,0924 | 45,1948 | 46,2971 | 47,3994 | 48,5017 | 49,6040 | 50,7063 | 51,8086 | 52,9109 | 54,01 |
| 50 | 55,1155 | 56,2179 | 57,3202 | 58,4225 | 59,5248 | 60,6271 | 61,7294 | 62,8317 | 63,9340 | 65,03 |
| 60 | 66,1387 | 67,2410 | 68,3433 | 69,4456 | 70,5479 | 71,6502 | 72,7525 | 73,8548 | 74,9571 | 76,05 |
| 70 | 77,1618 | 78,2641 | 79,3664 | 80,4687 | 81,5710 | 82,6733 | 83,7756 | 84,8779 | 85,9803 | 87,08 |
| 80 | 88,1849 | 89,2872 | 90,3895 | 91,4918 | 92,5941 | 93,6964 | 94,7987 | 95,9011 | 97,0034 | 98,10 |
| 90 | 99,2080 | 100,310 | 101,413 | 102,515 | 103,617 | 104,720 | 105,822 | 106,924 | 108,026 | 109,1 |
| 100 | 110,231 | 111,333 | 112,436 | 113,538 | 114,640 | 115,743 | 116,845 | 117,947 | 119,050 | 120,1 |

**ablica 43. a) Pretvaranje engl. hundredweighta u kilograme**
**b) Pretvaranje metarskih tona u engl. hundredweighte**

a) 1 cwt. = 0,05 long tona = 0,056 short tona = 4 quartera = 112 lb. = = 50,802 349 kg

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 50,8023 | 101,605 | 152,407 | 203,209 | 254,012 | 304,814 | 355,616 | 406,419 | 457,221 |
| 10 | 508,023 | 558,826 | 609,628 | 660,431 | 711,233 | 762,035 | 812,838 | 863,640 | 914,442 | 965,245 |
| 20 | 1016,05 | 1066,85 | 1117,65 | 1168,45 | 1219,26 | 1270,06 | 1320,86 | 1371,66 | 1422,47 | 1473,27 |
| 30 | 1524,07 | 1574,87 | 1625,68 | 1676,48 | 1727,28 | 1778,08 | 1828,88 | 1879,69 | 1930,49 | 1981,29 |
| 40 | 2032,09 | 2082,90 | 2133,70 | 2184,50 | 2235,30 | 2286,11 | 2336,91 | 2387,71 | 2438,51 | 2489,32 |
| 50 | 2540,12 | 2590,92 | 2641,72 | 2692,52 | 2743,33 | 2794,13 | 2844,93 | 2895,73 | 2946,54 | 2997,34 |
| 60 | 3048,14 | 3098,94 | 3149,75 | 3200,55 | 3251,35 | 3302,15 | 3352,96 | 3403,76 | 3454,56 | 3505,36 |
| 70 | 3556,16 | 3606,97 | 3657,77 | 3708,57 | 3759,37 | 3810,18 | 3860,98 | 3911,78 | 3962,58 | 4013,39 |
| 80 | 4064,19 | 4114,99 | 4165,79 | 4216,59 | 4267,40 | 4318,20 | 4369,00 | 4419,80 | 4470,61 | 4521,41 |
| 90 | 4572,21 | 4623,01 | 4673,82 | 4724,62 | 4775,42 | 4826,22 | 4877,03 | 4927,83 | 4978,63 | 5029,43 |
| 00 | 5080,23 | 5131,04 | 5181,84 | 5232,64 | 5283,44 | 5334,25 | 5385,05 | 5435,85 | 5486,65 | 5537,46 |

b) 1 t = 19,684 128 cwt.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 19,6841 | 39,3683 | 59,0524 | 78,7365 | 98,4206 | 118,105 | 137,789 | 157,473 | 177,157 |
| 10 | 196,841 | 216,525 | 236,210 | 255,894 | 275,578 | 295,262 | 314,946 | 334,630 | 354,314 | 373,998 |
| 20 | 393,683 | 413,367 | 433,051 | 452,735 | 472,419 | 492,103 | 511,787 | 531,471 | 551,156 | 570,840 |
| 30 | 590,524 | 610,208 | 629,892 | 649,576 | 669,260 | 688,944 | 708,629 | 728,313 | 747,997 | 767,681 |
| 40 | 787,365 | 807,049 | 826,733 | 846,418 | 866,102 | 885,786 | 905,470 | 925,154 | 944,838 | 964,522 |
| 50 | 984,206 | 1003,89 | 1023,57 | 1043,26 | 1062,94 | 1082,63 | 1102,31 | 1122,00 | 1141,68 | 1161,36 |
| 60 | 1181,05 | 1200,73 | 1220,42 | 1240,10 | 1259,78 | 1279,47 | 1299,15 | 1318,84 | 1338,52 | 1358,20 |
| 70 | 1377,89 | 1397,57 | 1417,26 | 1436,94 | 1456,63 | 1476,31 | 1495,99 | 1515,68 | 1535,36 | 1555,05 |
| 80 | 1574,73 | 1594,41 | 1614,10 | 1633,78 | 1653,47 | 1673,15 | 1692,84 | 1712,52 | 1732,20 | 1751,89 |
| 90 | 1771,57 | 1791,26 | 1810,94 | 1830,62 | 1850,31 | 1869,99 | 1889,68 | 1909,36 | 1929,04 | 1948,73 |
| 00 | 1968,41 | 1988,10 | 2007,78 | 2027,47 | 2047,15 | 2066,83 | 2086,52 | 2106,20 | 2125,89 | 2145,57 |

**Tablica 44. a) Pretvaranje engl. quartera u kilograme**
**b) Pretvaranje kilograma u engl. quartere**

a) 1 quarter = 28 lb. = 12,700 59 kg

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 12,7006 | 25,4012 | 38,1018 | 50,8024 | 63,5030 | 76,2035 | 88,9041 | 101,605 | 114,305 |
| 10 | 127,006 | 139,706 | 152,407 | 165,108 | 177,808 | 190,509 | 203,209 | 215,910 | 228,611 | 241,311 |
| 20 | 254,012 | 266,712 | 279,413 | 292,114 | 304,814 | 317,515 | 330,215 | 342,916 | 355,617 | 368,317 |
| 30 | 381,018 | 393,718 | 406,419 | 419,119 | 431,820 | 444,521 | 457,221 | 469,922 | 482,622 | 495,323 |
| 40 | 508,024 | 520,724 | 533,425 | 546,125 | 558,826 | 571,527 | 584,227 | 596,928 | 609,628 | 622,329 |
| 50 | 635,030 | 647,730 | 660,431 | 673,131 | 685,832 | 698,532 | 711,233 | 723,934 | 736,634 | 749,335 |
| 60 | 762,035 | 774,736 | 787,437 | 800,137 | 812,838 | 825,538 | 838,239 | 850,940 | 863,640 | 876,341 |
| 70 | 889,041 | 901,742 | 914,442 | 927,143 | 939,844 | 952,544 | 965,245 | 977,945 | 990,646 | 1003,35 |
| 80 | 1016,05 | 1028,75 | 1041,45 | 1054,15 | 1066,85 | 1079,55 | 1092,25 | 1104,95 | 1117,65 | 1130,35 |
| 90 | 1143,05 | 1155,75 | 1168,45 | 1181,15 | 1193,86 | 1206,56 | 1219,26 | 1231,96 | 1244,66 | 1257,36 |
| 100 | 1270,06 | 1282,76 | 1295,46 | 1308,16 | 1320,86 | 1333,56 | 1346,26 | 1358,96 | 1371,66 | 1384,36 |

b) 1 kg = 0,078 736 51 quartera

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,078 74 | 0,157 47 | 0,236 21 | 0,314 95 | 0,393 68 | 0,472 42 | 0,551 16 | 0,629 89 | 0,708 63 |
| 10 | 0,787 36 | 0,866 10 | 0,944 84 | 1,023 57 | 1,102 31 | 1,181 05 | 1,259 78 | 1,338 52 | 1,417 26 | 1,495 99 |
| 20 | 1,574 73 | 1,653 47 | 1,732 20 | 1,810 94 | 1,889 68 | 1,968 41 | 2,047 15 | 2,125 88 | 2,204 62 | 2,283 36 |
| 30 | 2,362 09 | 2,440 83 | 2,519 57 | 2,598 30 | 2,677 04 | 2,755 78 | 2,834 51 | 2,913 25 | 2,991 99 | 3,070 72 |
| 40 | 3,149 46 | 3,228 20 | 3,306 93 | 3,385 67 | 3,464 40 | 3,543 14 | 3,621 88 | 3,700 61 | 3,779 35 | 3,858 09 |
| 50 | 3,936 82 | 4,015 56 | 4,094 30 | 4,173 03 | 4,251 77 | 4,330 51 | 4,409 24 | 4,487 98 | 4,566 72 | 4,645 45 |
| 60 | 4,724 19 | 4,802 92 | 4,881 66 | 4,960 40 | 5,039 13 | 5,117 87 | 5,196 61 | 5,275 34 | 5,354 08 | 5,432 82 |
| 70 | 5,511 55 | 5,590 29 | 5,669 03 | 5,747 76 | 5,826 50 | 5,905 24 | 5,983 97 | 6,062 71 | 6,141 44 | 6,220 18 |
| 80 | 6,298 92 | 6,377 65 | 6,456 39 | 6,535 13 | 6,613 86 | 6,692 60 | 6,771 34 | 6,850 07 | 6,928 81 | 7,007 55 |
| 90 | 7,086 28 | 7,165 02 | 7,243 76 | 7,322 49 | 7,401 23 | 7,479 96 | 7,558 70 | 7,637 44 | 7,716 17 | 7,794 91 |
| 100 | 7,873 65 | 7,952 38 | 8,031 12 | 8,109 86 | 8,188 59 | 8,267 33 | 8,346 07 | 8,424 80 | 8,503 54 | 8,582 28 |

## Tablica 45. a) Pretvaranje engl. funta u kilograme
## b) Pretvaranje kilograma u engl. funte

a) 1 avoirdupois-lb. = 1,215 28 troy-lb. = 16 ounca (po 28,349 5 g) = = 256 drama (po 1,771 845 g) = 7 000 troygraina = 0,453 592 4 kg

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,453 59 | 0,907 18 | 1,360 78 | 1,814 37 | 2,267 96 | 2,721 55 | 3,175 15 | 3,628 74 | 4,082 3 |
| 10 | 4,535 92 | 4,989 52 | 5,443 11 | 5,896 70 | 6,350 29 | 6,803 89 | 7,257 48 | 7,711 07 | 8,164 66 | 8,618 2 |
| 20 | 9,071 85 | 9,525 44 | 9,979 03 | 10,432 6 | 10,886 2 | 11,339 8 | 11,793 4 | 12,247 0 | 12,700 6 | 13,154 |
| 30 | 13,607 8 | 14,061 4 | 14,515 0 | 14,968 5 | 15,422 1 | 15,875 7 | 16,329 3 | 16,782 9 | 17,236 5 | 17,690 |
| 40 | 18,143 7 | 18,597 3 | 19,050 9 | 19,504 5 | 19,958 1 | 20,411 7 | 20,865 3 | 21,318 8 | 21,772 4 | 22,226 |
| 50 | 22,679 6 | 23,133 2 | 23,586 8 | 24,040 4 | 24,494 0 | 24,947 6 | 25,401 2 | 25,854 8 | 26,308 4 | 26,762 |
| 60 | 27,215 5 | 27,669 1 | 28,122 7 | 28,576 3 | 29,029 9 | 29,483 5 | 29,937 1 | 30,390 7 | 30,844 3 | 31,297 |
| 70 | 31,751 5 | 32,205 1 | 32,658 7 | 33,112 2 | 33,565 8 | 34,019 4 | 34,473 0 | 34,926 6 | 35,380 2 | 35,833 |
| 80 | 36,287 4 | 36,741 0 | 37,194 6 | 37,648 2 | 38,101 8 | 38,555 4 | 39,008 9 | 39,462 5 | 39,916 1 | 40,369 |
| 90 | 40,823 3 | 41,276 9 | 41,730 5 | 42,184 1 | 42,637 7 | 43,091 3 | 43,544 9 | 43,998 5 | 44,452 1 | 44,905 |
| 100 | 45,359 2 | 45.812 8 | 46.266 4 | 46.720 0 | 47,173 6 | 47,627 2 | 48,080 8 | 48,534 4 | 48,988 0 | 49,441 |

b) 1 kg = 35,273 956 8 ounca = 564,383 3 drama = 2,204 622 3 lb.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2,20462 | 4,40924 | 6,61387 | 8,81849 | 11,0231 | 13,2277 | 15,4324 | 17,6370 | 19,84 |
| 10 | 22,0462 | 24,2508 | 26,4555 | 28,6601 | 30,8647 | 33,0693 | 35,2740 | 37,4786 | 39,6832 | 41,88 |
| 20 | 44,0924 | 46,2971 | 48,5017 | 50,7063 | 52,9109 | 55,1156 | 57,3202 | 59,5248 | 61,7294 | 63,93 |
| 30 | 66,1387 | 68,3433 | 70,5479 | 72,7525 | 74,9572 | 77,1618 | 79,3664 | 81,5710 | 83,7757 | 85,98 |
| 40 | 88,1849 | 90,3895 | 92,5941 | 94,7988 | 97,0034 | 99,2080 | 101,413 | 103,617 | 105,822 | 108,0 |
| 50 | 110,231 | 112,436 | 114,640 | 116,845 | 119,050 | 121,254 | 123,459 | 125,663 | 127,868 | 130,0 |
| 60 | 132,277 | 134,482 | 136,687 | 138,891 | 141,096 | 143,300 | 145,505 | 147,710 | 149,914 | 152,1 |
| 70 | 154,324 | 156,528 | 158,733 | 160,937 | 163,142 | 165,347 | 167,551 | 169,756 | 171,961 | 174,1 |
| 80 | 176,370 | 178,574 | 180,779 | 182,984 | 185,188 | 187,393 | 189,598 | 191,802 | 194,007 | 196,2 |
| 90 | 198,416 | 200,621 | 202,825 | 205,030 | 207,234 | 209,439 | 211,644 | 213,848 | 216,053 | 218,2 |
| 100 | 220,462 | 222,667 | 224,871 | 227,076 | 229,281 | 231,485 | 233,690 | 235,895 | 238,099 | 240,3 |

## Tablica 46. a) Pretvaranje engl. unca u grame
## b) Pretvaranje kilograma u unce

a) 1 oz. = $^1/_{16}$ lb. = 28,349 53 g

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 28,3495 | 56,6991 | 85,0486 | 113,398 | 141,748 | 170,097 | 198,447 | 226,796 | 255,14 |
| 10 | 283,495 | 311,845 | 340,194 | 368,544 | 396,893 | 425,243 | 453,592 | 481,942 | 510,292 | 538,64 |
| 20 | 566,991 | 595,340 | 623,690 | 652,039 | 680,389 | 708,738 | 737,088 | 765,437 | 793,787 | 822,13 |
| 30 | 850,486 | 878,835 | 907,185 | 935,534 | 963,884 | 992,234 | 1020,58 | 1048,93 | 1077,28 | 1105,6 |
| 40 | 1133,98 | 1162,33 | 1190,68 | 1219,03 | 1247,38 | 1275,73 | 1304,08 | 1332,43 | 1360,78 | 1389,1 |
| 50 | 1417,48 | 1445,83 | 1474,18 | 1502,53 | 1530,87 | 1559,22 | 1587,57 | 1615,92 | 1644,27 | 1672,6 |
| 60 | 1700,97 | 1729,32 | 1757,67 | 1786,02 | 1814,37 | 1842,72 | 1871,07 | 1899,42 | 1927,77 | 1956,1 |
| 70 | 1984,47 | 2012,82 | 2041,17 | 2069,52 | 2097,87 | 2126,21 | 2154,56 | 2182,91 | 2211,26 | 2239,6 |
| 80 | 2267,96 | 2296,31 | 2324,66 | 2353,01 | 2381,36 | 2409,71 | 2438,06 | 2466,41 | 2494,76 | 2523,1 |
| 90 | 2551,46 | 2579,81 | 2608,16 | 2636,51 | 2664,86 | 2693,21 | 2721,55 | 2749,90 | 2778,25 | 2806,6 |
| 100 | 2834,95 | 2863,30 | 2891,65 | 2920,00 | 2948,35 | 2976,70 | 3005,05 | 3033,40 | 3061,75 | 3090,1 |

b) 1 kg = 35,273 956 8 oz.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 35,2740 | 70,5479 | 105,822 | 141,096 | 176,370 | 211,644 | 246,918 | 282,192 | 317,4 |
| 10 | 352,740 | 388,014 | 423,287 | 458,561 | 493,835 | 529,109 | 564,383 | 599,657 | 634,931 | 670,2 |
| 20 | 705,479 | 740,753 | 776.027 | 811,301 | 846,575 | 881,849 | 917,123 | 952,397 | 987,671 | 1022,9 |
| 30 | 1058,22 | 1093,49 | 1128,77 | 1164,04 | 1199,31 | 1234,59 | 1269,86 | 1305,14 | 1340,41 | 1375,6 |
| 40 | 1410,96 | 1446,23 | 1481,51 | 1516,78 | 1552,05 | 1587,33 | 1622,60 | 1657,88 | 1693,15 | 1728,4 |
| 50 | 1763,70 | 1798,97 | 1834 25 | 1869,52 | 1904,79 | 1940,07 | 1975,34 | 2010,62 | 2045,89 | 2081,1 |
| 60 | 2116,44 | 2151,71 | 2186,99 | 2222,26 | 2257,53 | 2292,81 | 2328,08 | 2363,36 | 2398,63 | 2433,9 |
| 70 | 2469,18 | 2504,45 | 2539,72 | 2575,00 | 2610,27 | 2645,55 | 2680,82 | 2716,09 | 2751,37 | 2786,6 |
| 80 | 2821,92 | 2857,19 | 2892,46 | 2927,74 | 2963,01 | 2998,29 | 3033,56 | 3068,83 | 3104,11 | 3139,3 |
| 90 | 3174,66 | 3209,93 | 3245,20 | 3280,48 | 3315,75 | 3351,03 | 3386,30 | 3421,57 | 3456,85 | 3492,1 |
| 100 | 3527,40 | 3562,67 | 3597,94 | 3633,22 | 3668,49 | 3703,77 | 3739,04 | 3774,31 | 3809,59 | 3844,8 |

## Tablica 47. a) Pretvaranje engl. troypounda u kilograme
## b) Pretvaranje kilograma u engl. troypounde

a) 1 tr. lb. = 12 tr. oz. (po 31,103 479 g) = 12 · 20 dwt. (po 1,555 174 g) = = 240 · 24 tr. grains (po 0,064 798 91 g) = 0,822 857 1 av. lb. = 0,373 241 746 kg

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,373 24 | 0,746 48 | 1,119 73 | 1,492 97 | 1,866 21 | 2,239 45 | 2,612 69 | 2,985 93 | 3,359 18 |
| 10 | 3,732 42 | 4,105 66 | 4,478 90 | 4,852 14 | 5,225 38 | 5,598 63 | 5,971 87 | 6,345 11 | 6,718 35 | 7,091 59 |
| 20 | 7,464 83 | 7,838 08 | 8,211 32 | 8,584 56 | 8.957 80 | 9,331 04 | 9,704 29 | 10,077 5 | 10,450 8 | 10.824 0 |
| 30 | 11,197 3 | 11,570 5 | 11,943 7 | 12,317 0 | 12,690 2 | 13,063 5 | 13,436 7 | 13,809 9 | 14,183 2 | 14,556 4 |
| 40 | 14,929 7 | 15,302 9 | 15,676 2 | 16,049 4 | 16,422 6 | 16,795 9 | 17,169 1 | 17,542 4 | 17,915 6 | 18,288 8 |
| 50 | 18,662 1 | 19,035 3 | 19,408 6 | 19,781 8 | 20.155 1 | 20,528 3 | 20,901 5 | 21,274 8 | 21,648 0 | 22,021 3 |
| 60 | 22,394 5 | 22,767 7 | 23,141 0 | 23,514 2 | 23,887 5 | 24,260 7 | 24,634 0 | 25,007 2 | 25,380 4 | 25,753 7 |
| 70 | 26,126 9 | 26,500 2 | 26,873 4 | 27,246 6 | 27,619 9 | 27,993 1 | 28,366 4 | 28,739 6 | 29,112 9 | 29,486 1 |
| 80 | 29,859 3 | 30,232 6 | 30,605 8 | 30,979 1 | 31,352 3 | 31,725 5 | 32 098 8 | 32,472 0 | 32,845 3 | 33,218 5 |
| 90 | 33,591 8 | 33,965 0 | 34,338 2 | 34,711 5 | 35,084 7 | 35,458 0 | 35,831 2 | 36,204 4 | 36,577 7 | 36,950 9 |
| 100 | 37,324 2 | 37,697 4 | 38,070 7 | 38,443 9 | 38,817 1 | 39,190 4 | 39,563 6 | 39,936 9 | 40.310 1 | 40,683 3 |

b) 1 kg = 2,679 228 71 tr. lb.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2,67923 | 5,35846 | 8,03769 | 10,7169 | 13,3961 | 16.0754 | 18 7546 | 21,4338 | 24,1131 |
| 10 | 26,7923 | 29,4715 | 32,1507 | 34,8300 | 37,5092 | 40 1884 | 42,8677 | 45,5469 | 48 2261 | 50,9053 |
| 20 | 53,5846 | 56,2638 | 58,9430 | 61,6223 | 64,3015 | 66,9807 | 69,6599 | 72,3392 | 75,0184 | 77,6976 |
| 30 | 80,3769 | 83,0561 | 85,7353 | 88,4145 | 91,0938 | 93,7730 | 96,4522 | 99,1315 | 101,811 | 104,490 |
| 40 | 107,169 | 109,848 | 112,528 | 115 207 | 117.886 | 120,565 | 123,245 | 125,924 | 128,603 | 131,282 |
| 50 | 133,961 | 136,641 | 139,320 | 141,999 | 144,678 | 147,358 | 150,037 | 152,716 | 155,395 | 158,074 |
| 60 | 160,754 | 163.433 | 166,112 | 168,791 | 171,471 | 174,150 | 176,829 | 179,508 | 182,188 | 184.867 |
| 70 | 187,546 | 190,225 | 192,904 | 195,584 | 198,263 | 200,942 | 203,621 | 206,301 | 208,980 | 211,659 |
| 80 | 214,338 | 217,018 | 219 697 | 222,376 | 225,055 | 227,734 | 230,414 | 233,093 | 235,772 | 238.451 |
| 90 | 241,131 | 243,810 | 246,489 | 249.168 | 251,848 | 254,527 | 257.206 | 259,885 | 262 564 | 265,244 |
| 100 | 267,923 | 270,602 | 273,281 | 275.961 | 278.640 | 281.319 | 283,998 | 286.677 | 289.357 | 292,036 |

## Tablica 48. a) Pretvaranje engl. troyounca u grame
## b) Pretvaranje kilograma u troyounce

a) 1 troyounce = 31,103 479 g

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 31,1035 | 62,2070 | 93,3104 | 124,414 | 155,517 | 186,621 | 217,724 | 248,828 | 279,931 |
| 10 | 311,035 | 342,138 | 373,242 | 404,345 | 435,449 | 466,552 | 497,656 | 528,759 | 559,863 | 590,966 |
| 20 | 622,070 | 653,173 | 684,277 | 715,380 | 746,483 | 777,587 | 808,690 | 839,794 | 870,897 | 902,001 |
| 30 | 933,104 | 964,208 | 995,311 | 1026,41 | 1057,52 | 1088,62 | 1119,73 | 1150,83 | 1181,93 | 1213,04 |
| 40 | 1244,14 | 1275,24 | 1306,35 | 1337,45 | 1368,55 | 1399,66 | 1430,76 | 1461,86 | 1492,97 | 1524,07 |
| 50 | 1555,17 | 1586,28 | 1617,38 | 1648,48 | 1679,59 | 1710,69 | 1741,79 | 1772,90 | 1804,00 | 1835,11 |
| 60 | 1866,21 | 1897,31 | 1928,42 | 1959,52 | 1990,62 | 2021,73 | 2052,83 | 2083,93 | 2115,04 | 2146,14 |
| 70 | 2177,24 | 2208,35 | 2239,45 | 2270,55 | 2301,66 | 2332,76 | 2363,86 | 2394,97 | 2426,07 | 2457,17 |
| 80 | 2488 28 | 2519,38 | 2550,49 | 2581,59 | 2612,69 | 2643,80 | 2674,90 | 2706,00 | 2737,11 | 2768,21 |
| 90 | 2799,31 | 2830,42 | 2861,52 | 2892,62 | 2923,73 | 2954,83 | 2985,93 | 3017,04 | 3048,14 | 3079,24 |
| 100 | 3110.35 | 3141.45 | 3172,55 | 3203,66 | 3234.76 | 3265,87 | 3296,97 | 3328.07 | 3359.18 | 3390.28 |

b) 1 kg = 32,150 74 tr.-oz.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 32,1507 | 64,3015 | 96,4522 | 128,603 | 160,754 | 192,904 | 225,055 | 257,206 | 289,357 |
| 10 | 321,507 | 353,658 | 385,809 | 417,960 | 450,110 | 482,261 | 514,412 | 546.563 | 578,713 | 610,864 |
| 20 | 643,015 | 675,166 | 707,316 | 739,467 | 771,618 | 803,769 | 835,919 | 868,070 | 900,221 | 932,372 |
| 30 | 964,522 | 996,673 | 1028,82 | 1060,97 | 1093,13 | 1125,28 | 1157,43 | 1189,58 | 1221,73 | 1253,88 |
| 40 | 1286,03 | 1318,18 | 1350,33 | 1382,48 | 1414,63 | 1446,78 | 1478,93 | 1511,08 | 1543,24 | 1575,39 |
| 50 | 1607,54 | 1639 69 | 1671,84 | 1703,99 | 1736,14 | 1768,29 | 1800,44 | 1832,59 | 1864,74 | 1896,89 |
| 60 | 1929,04 | 1961,20 | 1993,35 | 2025,50 | 2057,65 | 2089,80 | 2121,95 | 2154,10 | 2186,25 | 2218,40 |
| 70 | 2250,55 | 2282.70 | 2314,85 | 2347,00 | 2379,16 | 2411,31 | 2443,46 | 2475.61 | 2507,76 | 2539,91 |
| 80 | 2572,06 | 2604,21 | 2636,36 | 2668,51 | 2700,66 | 2732,81 | 2764 96 | 2797,11 | 2829,27 | 2861,42 |
| 90 | 2893.57 | 2925,72 | 2957,87 | 2990,02 | 3022,17 | 3054,32 | 3086,47 | 3118,62 | 3150.77 | 3182,92 |
| 100 | 3215,07 | 3247,23 | 3279,38 | 3311,53 | 3343,68 | 3375,83 | 3407,98 | 3440,13 | 3472,28 | 3504,43 |

## Tablica 49. a) Pretvaranje engl. troygraina u grame b) Pretvaranje grama u troygraine

a) 1 troygrain = 0,064 798 914 g

| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,647 99 | 1,295 98 | 1,943 97 | 2,591 96 | 3,239 95 | 3,887 93 | 4,535 92 | 5,183 91 | 5,831 90 |
| 100 | 6,479 89 | 7,127 88 | 7,775 87 | 8,423 86 | 9,071 85 | 9,719 84 | 10,367 8 | 11,015 8 | 11,663 8 | 12,311 8 |
| 200 | 12,959 8 | 13,607 8 | 14,255 8 | 14,903 8 | 15,551 7 | 16,199 7 | 16,847 7 | 17,495 7 | 18,143 7 | 18,791 7 |
| 300 | 19,439 7 | 20,087 7 | 20,735 7 | 21,383 6 | 22,031 6 | 22,679 6 | 23,327 6 | 23,975 6 | 24,623 6 | 25,271 6 |
| 400 | 25,919 6 | 26,567 6 | 27,215 5 | 27,863 5 | 28,511 5 | 29,159 5 | 29,807 5 | 30,455 5 | 31,103 5 | 31,751 5 |
| 500 | 32,399 5 | 33,047 4 | 33,695 4 | 34,343 4 | 34,991 4 | 35,639 4 | 36,287 4 | 36,935 4 | 37,583 4 | 38,231 4 |
| 600 | 38,879 3 | 39,527 3 | 40,175 3 | 40,823 3 | 41,471 3 | 42,119 3 | 42,767 3 | 43,415 3 | 44,063 3 | 44,711 3 |
| 700 | 45,359 2 | 46,007 2 | 46,655 2 | 47,303 2 | 47,951 2 | 48,599 2 | 49,247 2 | 49,895 2 | 50,543 2 | 51,191 1 |
| 800 | 51,839 1 | 52,487 1 | 53,135 1 | 53,783 1 | 54,431 1 | 55,079 1 | 55,727 1 | 56,375 1 | 57,023 0 | 57,671 0 |
| 900 | 58,319 0 | 58,967 0 | 59,615 0 | 60,263 0 | 60,911 0 | 61,559 0 | 62,207 0 | 62,854 9 | 63,502 9 | 64,150 9 |
| 1000 | 64,798 9 | 65,446 9 | 66,094 9 | 66,742 9 | 67,390 9 | 68,038 9 | 68,686 8 | 69,334 8 | 69,982 8 | 70,630 8 |

b) 1 g = 15,432 356 1 troygraina

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 15,4324 | 30,8647 | 46,2971 | 61,7294 | 77,1618 | 92,5941 | 108,026 | 123,459 | 138,891 |
| 10 | 154,324 | 169,756 | 185,188 | 200,621 | 216,053 | 231,485 | 246,918 | 262,350 | 277,782 | 293,215 |
| 20 | 308,647 | 324,079 | 339,512 | 354,944 | 370,377 | 385,809 | 401,241 | 416,674 | 432,106 | 447,538 |
| 30 | 462,971 | 478,403 | 493,835 | 509,268 | 524,700 | 540,132 | 555,565 | 570,997 | 586,430 | 601,862 |
| 40 | 617,294 | 632,727 | 648,159 | 663,591 | 679,024 | 694,456 | 709,888 | 725,321 | 740,753 | 756,185 |
| 50 | 771,618 | 787,050 | 802,483 | 817,915 | 833,347 | 848,780 | 864,212 | 879,644 | 895,077 | 910,509 |
| 60 | 925,941 | 941,374 | 956,806 | 972,238 | 987,671 | 1003,10 | 1018,54 | 1033,97 | 1049,40 | 1064,83 |
| 70 | 1080,26 | 1095,70 | 1111,13 | 1126,56 | 1141,99 | 1157,43 | 1172,86 | 1188,29 | 1203,72 | 1219,16 |
| 80 | 1234,59 | 1250,02 | 1265,45 | 1280,89 | 1296,32 | 1311,75 | 1327,18 | 1342,62 | 1358,05 | 1373,48 |
| 90 | 1388,91 | 1404,34 | 1419,78 | 1435,21 | 1450,64 | 1466,07 | 1481,51 | 1496,94 | 1512,37 | 1527,80 |
| 100 | 1543,24 | 1558,67 | 1574,10 | 1589,53 | 1604,97 | 1620,40 | 1635,83 | 1651,26 | 1666,69 | 1682,13 |

## Tablica 50. a) Pretvaranje ruskog puda u kilograme b) Pretvaranje kilograma u ruske pude

a) 1 pud = 40 funti (po 0,409 512 410 kg) = 40 · 32 lota (tablica 51) = 1 280 · 3 zolotnika (po 4,265 754 g) = 3 840 · 96 dolja (tablica 52) = 16,380 496 kg

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 16,3805 | 32,7610 | 49,1415 | 65,5220 | 81,9025 | 98,2830 | 114,663 | 131,044 | 147,424 |
| 10 | 163,805 | 180,185 | 196,566 | 212,946 | 229,327 | 245,707 | 262,088 | 278,468 | 294,849 | 311,229 |
| 20 | 327,610 | 343,990 | 360,371 | 376,751 | 393,132 | 409,512 | 425,893 | 442,273 | 458,654 | 475,034 |
| 30 | 491,415 | 507,795 | 524,176 | 540,556 | 556,937 | 573,317 | 589,698 | 606,078 | 622,459 | 638,839 |
| 40 | 655,220 | 671,600 | 687,981 | 704,361 | 720,742 | 737,122 | 753,503 | 769,883 | 786,264 | 802,644 |
| 50 | 819,025 | 835,405 | 851,786 | 868,166 | 884,547 | 900,927 | 917,308 | 933,688 | 950,069 | 966,449 |
| 60 | 982,830 | 999,210 | 1015,59 | 1031,97 | 1048,35 | 1064,73 | 1081,11 | 1097,49 | 1113,87 | 1130,25 |
| 70 | 1146,63 | 1163,02 | 1179,40 | 1195,78 | 1212,16 | 1228,54 | 1244,92 | 1261,30 | 1277,68 | 1294,06 |
| 80 | 1310,44 | 1326,82 | 1343,20 | 1359,58 | 1375,96 | 1392,34 | 1408,72 | 1425,10 | 1441,48 | 1457,86 |
| 90 | 1474,24 | 1490,63 | 1507,01 | 1523,39 | 1539,77 | 1556,15 | 1572,53 | 1588,91 | 1605,29 | 1621,67 |
| 100 | 1638,05 | 1654,43 | 1670,81 | 1687,19 | 1703,57 | 1719,95 | 1736,33 | 1752,71 | 1769,09 | 1785,47 |

b) 1 kg = 2,441 928 44 funta = 78,141 71 lota = 234,425 13 zolotnika = = 0,061 048 211 puda

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,061 05 | 0,122 10 | 0,183 14 | 0,244 19 | 0,305 24 | 0,366 29 | 0,427 34 | 0,488 39 | 0,549 43 |
| 10 | 0,610 48 | 0,671 53 | 0,732 58 | 0,793 63 | 0,854 67 | 0,915 72 | 0,976 77 | 1,037 82 | 1,098 87 | 1,159 92 |
| 20 | 1,220 96 | 1,282 01 | 1,343 06 | 1,404 11 | 1,465 16 | 1,526 21 | 1,587 25 | 1,648 30 | 1 709 35 | 1,770 40 |
| 30 | 1,831 45 | 1,892 49 | 1,953 54 | 2,014 59 | 2,075 64 | 2,136 69 | 2,197 74 | 2,258 78 | 2,319 83 | 2,380 88 |
| 40 | 2,441 93 | 2,502 98 | 2,564 02 | 2,625 07 | 2,686 12 | 2,747 17 | 2,808 22 | 2,869 27 | 2,930 31 | 2,991 36 |
| 50 | 3,052 41 | 3,113 46 | 3,174 51 | 3,235 56 | 3,296 60 | 3,357 65 | 3,418 70 | 3,479 75 | 3,540 80 | 3,601 84 |
| 60 | 3,662 89 | 3,723 94 | 3,784 99 | 3,846 04 | 3,907 09 | 3,968 13 | 4,029 18 | 4,090 23 | 4,151 28 | 4,212 33 |
| 70 | 4,273 37 | 4,334 42 | 4,395 47 | 4,456 52 | 4,517 57 | 4,578 62 | 4,639 66 | 4,700 71 | 4,761 76 | 4,822 81 |
| 80 | 4,883 86 | 4,944 91 | 5,005 95 | 5,067 00 | 5,128 05 | 5,189 10 | 5,250 15 | 5,311 19 | 5,372 24 | 5,433 29 |
| 90 | 5,494 34 | 5,555 39 | 5,616 44 | 5,677 48 | 5,738 53 | 5,799 58 | 5,860 63 | 5,921 68 | 5,982 72 | 6,043 77 |
| 100 | 6,104 82 | 6,165 87 | 6,226 92 | 6,287 97 | 6,349 01 | 6,410 06 | 6,471 11 | 6,532 16 | 6,593 21 | 6,654 25 |

## Tablica 51. a) Pretvaranje ruskih lota u grame
## b) Pretvaranje grama u ruske lote

a) 1 lot = $^1/_{32}$ funte = 3 zolotnika = 288 dolja = 12,797 263 g

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 12,7973 | 25,5945 | 38,3918 | 51,1890 | 63,9863 | 76,7836 | 89,5808 | 102,378 | 115,175 |
| 10 | 127,973 | 140,770 | 153,567 | 166,364 | 179,162 | 191,959 | 204,756 | 217,553 | 230,351 | 243,148 |
| 20 | 255,945 | 268,742 | 281,540 | 294,337 | 307,134 | 319,932 | 332,729 | 345,526 | 358,323 | 371,121 |
| 30 | 383,918 | 396,715 | 409,512 | 422,310 | 435,107 | 447,904 | 460,701 | 473,499 | 486,296 | 499,093 |
| 40 | 511,890 | 524,688 | 537,485 | 550,282 | 563,079 | 575,877 | 588,674 | 601,471 | 614,268 | 627,066 |
| 50 | 639,863 | 652,660 | 665,458 | 678,255 | 691,052 | 703,849 | 716,647 | 729,444 | 742,241 | 755,038 |
| 60 | 767,836 | 780,633 | 793,430 | 806,227 | 819,025 | 831,822 | 844,619 | 857,416 | 870,214 | 883,011 |
| 70 | 895,808 | 908,605 | 921,403 | 934,200 | 946,997 | 959,795 | 972,592 | 985,389 | 998,186 | 1010,98 |
| 80 | 1023,78 | 1036,58 | 1049,38 | 1062,17 | 1074,97 | 1087,77 | 1100,56 | 1113,36 | 1126,16 | 1138,96 |
| 90 | 1151,75 | 1164,55 | 1177,35 | 1190,15 | 1202,94 | 1215,74 | 1228,54 | 1241,33 | 1254,13 | 1266,93 |
| 100 | 1279,73 | 1292,52 | 1305,32 | 1318,12 | 1330,92 | 1343,71 | 1356,51 | 1369,31 | 1382,10 | 1394,90 |

b) 1 g = 0,078 141 71 lota = 0,234 425 13 zolotnika

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,078 14 | 0,156 28 | 0,234 43 | 0,312 57 | 0,390 71 | 0,468 85 | 0,546 99 | 0,625 13 | 0,703 28 |
| 10 | 0,781 42 | 0,859 56 | 0,937 70 | 1,015 84 | 1,093 98 | 1,172 13 | 1,250 27 | 1,328 41 | 1,406 55 | 1,484 69 |
| 20 | 1,562 83 | 1,640 98 | 1,719 12 | 1,797 26 | 1,875 40 | 1,953 54 | 2,031 68 | 2,109 83 | 2,187 97 | 2,266 11 |
| 30 | 2,344 25 | 2,422 39 | 2,500 53 | 2,578 68 | 2,656 82 | 2,734 96 | 2,813 10 | 2,891 24 | 2,969 38 | 3,047 53 |
| 40 | 3,125 67 | 3,203 81 | 3,281 95 | 3,360 09 | 3,438 24 | 3,516 38 | 3,594 52 | 3,672 66 | 3,750 80 | 3,828 94 |
| 50 | 3,907 09 | 3,985 23 | 4,063 37 | 4,141 51 | 4,219 65 | 4,297 79 | 4,375 94 | 4,454 08 | 4,532 22 | 4,610 36 |
| 60 | 4,688 50 | 4,766 64 | 4,844 79 | 4,922 93 | 5,001 07 | 5,079 21 | 5,157 35 | 5,235 49 | 5,313 64 | 5,391 78 |
| 70 | 5,469 92 | 5,548 06 | 5,626 20 | 5,704 34 | 5,782 49 | 5,860 63 | 5,938 77 | 6,016 91 | 6,095 05 | 6,173 20 |
| 80 | 6,251 34 | 6,329 48 | 6,407 62 | 6,485 76 | 6,563 90 | 6,642 05 | 6,720 19 | 6,798 33 | 6,876 47 | 6,954 61 |
| 90 | 7,032 75 | 7,110 90 | 7,189 04 | 7,267 18 | 7,345 32 | 7,423 46 | 7,501 60 | 7,579 75 | 7,657 89 | 7,736 03 |
| 100 | 7,814 17 | 7,892 31 | 7,970 45 | 8,048 60 | 8,126 74 | 8,204 88 | 8,283 02 | 8,361 16 | 8,439 30 | 8,517 45 |

## Tablica 52. a) Pretvaranje ruskih dolja u miligrame
## b) Pretvaranje grama u ruske dolje

a) 1 dolja = 44,434 940 mg

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 44,4349 | 88,8699 | 133,305 | 177,740 | 222,175 | 266,610 | 311,045 | 355,480 | 399,914 |
| 10 | 444,349 | 488,784 | 533,219 | 577,654 | 622,089 | 666,524 | 710,959 | 755,394 | 799,829 | 844,264 |
| 20 | 888,699 | 933,134 | 977,569 | 1022,00 | 1066,44 | 1110,87 | 1155,31 | 1199,74 | 1244,18 | 1288,61 |
| 30 | 1333,05 | 1377,48 | 1421,92 | 1466,35 | 1510,79 | 1555,22 | 1599,66 | 1644,09 | 1688,53 | 1732,96 |
| 40 | 1777,40 | 1821,83 | 1866,27 | 1910,70 | 1955,14 | 1999,57 | 2044,01 | 2088,44 | 2132,88 | 2177,31 |
| 50 | 2221,75 | 2266,18 | 2310,62 | 2355,05 | 2399,49 | 2443,92 | 2488,36 | 2532,79 | 2577,23 | 2621,66 |
| 60 | 2666,10 | 2710,53 | 2754,97 | 2799,40 | 2843,84 | 2888,27 | 2932,71 | 2977,14 | 3021,58 | 3066,01 |
| 70 | 3110,45 | 3154,88 | 3199,32 | 3243,75 | 3288,19 | 3332,62 | 3377,06 | 3421,49 | 3465,93 | 3510,36 |
| 80 | 3554,80 | 3599,23 | 3643,67 | 3688,10 | 3732,53 | 3776,97 | 3821,40 | 3865,84 | 3910,27 | 3954,71 |
| 90 | 3999,14 | 4043,58 | 4088,01 | 4132,45 | 4176,88 | 4221,32 | 4265,75 | 4310,19 | 4354,62 | 4399,06 |
| 100 | 4443,49 | 4487,93 | 4532,36 | 4576,80 | 4621,23 | 4665,67 | 4710,10 | 4754,54 | 4798,97 | 4843,41 |

b) 1 g = 22,504 812 5 dolja

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 22,5048 | 45,0096 | 67,5144 | 90,0192 | 112,524 | 135,029 | 157,534 | 180,038 | 202,543 |
| 10 | 225,048 | 247,553 | 270,058 | 292,563 | 315,067 | 337,572 | 360,077 | 382,582 | 405,087 | 427,591 |
| 20 | 450,096 | 472,601 | 495,106 | 517,611 | 540,115 | 562,620 | 585,125 | 607,630 | 630,135 | 652,639 |
| 30 | 675,144 | 697,649 | 720,154 | 742,659 | 765,164 | 787,668 | 810,173 | 832,678 | 855,183 | 877,688 |
| 40 | 900,192 | 922,697 | 945,202 | 967,707 | 990,212 | 1012,72 | 1035,22 | 1057,73 | 1080,23 | 1102,74 |
| 50 | 1125,24 | 1147,75 | 1170,25 | 1192,75 | 1215,26 | 1237,76 | 1260,27 | 1282,77 | 1305,28 | 1327,78 |
| 60 | 1350,29 | 1372,79 | 1395,30 | 1417,80 | 1440,31 | 1462,81 | 1485,32 | 1507,82 | 1530,33 | 1552,83 |
| 70 | 1575,34 | 1597,84 | 1620,35 | 1642,85 | 1665,36 | 1687,86 | 1710,37 | 1732,87 | 1755,38 | 1777,88 |
| 80 | 1800,38 | 1822,89 | 1845,39 | 1867,90 | 1890,40 | 1912,91 | 1935,41 | 1957,92 | 1980,42 | 2002,93 |
| 90 | 2025,43 | 2047,94 | 2070,44 | 2092,95 | 2115,45 | 2137,96 | 2160,46 | 2182,97 | 2205,47 | 2227,98 |
| 100 | 2250,48 | 2272,99 | 2295,49 | 2318,00 | 2340,50 | 2363,01 | 2385,51 | 2408,01 | 2430,52 | 2453,02 |

# E. Mere za težinu po jedinici dužine

Engleske:

1 long ton/yd. = 1,111 164 t/m
1 „ „ /ft. = 3,333 493 t/m
1 „ „ /in. = 40,001 92 t/m
1 short ton/yd. = 0,992 111 t/m
1 „ „ /ft = 2,976 333 t/m
1 „ „ /in. = 35,715 996 t/m
1 troy lb /yd. = 0,408 183 kg/m
1 „ „ /ft. = 1,224 548 kg/m
1 „ „ /in. = 14,694 582 kg/m
1 oz./ft. = 9,301 044 g/dm
1 „ /in. = 11,161 25 g/cm
1 tr. oz /ft = 10,204 57 g/dm
1 „ „ /in = 12,245 48 g/cm
1 dram/ft = 0,581 315 g/dm
1 „ /in. = 0,697 578 g/cm
1 tr. grain/in = 0.255 114 g/dm

1 t/m = 0,899 957 long ton/yd.
1 t/m = 0,299 986 „ „ /ft
1 t/m = 0,024 999 „ „ /in
1 t/m = 1,007 952 short tons/yd.
1 t m = 0,335 984 „ „ /ft
1 t/m = 0,027 998 7 „ „ /in.
1 kg/m = 2,449 883 tr. lbs /yd.
1 kg/m = 0,816 628 „ „ /ft.
1 kg/m = 0,068 052 3 tr. lbs./in.
1 g/dm = 0,107 515 oz /ft.
1 g/cm = 0,089 595 7 oz./in.
1 g/dm = 0,097 995 3 tr oz /ft.
1 g/cm = 0,081 662 8 „ „ /in.
1 g/dm = 1,720 237 drams/ft.
1 g/cm = 1,433 531 „ /in.
1 g/dm = 3,919 812 tr. grains/in.

Za U S A : voditi obzira o prethodnoj napomeni na str. 1432

Ruske:

1 funta/saženj = 0,169 193 kg/m
1 funta/aršin = 0,507 580 kg/m
1 funta/stopa = 1,343 54 kg/m
1 funta/veršok = 9,212 88 kg/m
1 funta/djujm = 0,161 072 kg/cm

1 kg/m = 5,910 39 funta/saženj
1 kg/m = 1,970 13 funta/aršin
1 kg/m = 0,744 30 funta/stopa
1 kg/m = 0,108 544 funta/veršok
1 kg/cm = 6,208 38 funta/djujm.

**Tablica 53. Pretvaranje funta/stopa raznih zemalja u kilogram/metar i obratno**

| Funta/stopa | kg/m iz pruske mere | kg/m iz austr. mere | kg/m iz franc. mere | kg/m | funta/stopa pruska | funta/stopa austrijska | funta/stopa francuska |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,5931 | 1,7719 | 1,5069 | 1 | 0,6277 | 0,5644 | 0,6636 |
| 2 | 3,1862 | 3,5438 | 3,0138 | 2 | 1,2554 | 1,1287 | 1,3272 |
| 3 | 4,7793 | 5,3157 | 4,5207 | 3 | 1,8831 | 1,6931 | 1,9908 |
| 4 | 6,3724 | 7.0875 | 6,0277 | 4 | 2,5108 | 2,2575 | 2,6544 |
| 5 | 7,9655 | 8.8594 | 7,5346 | 5 | 3,1385 | 2,8218 | 3,3180 |
| 6 | 9,5586 | 10,6313 | 9,0415 | 6 | 3.7662 | 3,3862 | 3,9816 |
| 7 | 11,1517 | 12,4032 | 10,5484 | 7 | 4,3939 | 3,9506 | 4,6452 |
| 8 | 12,7448 | 14,1751 | 12,0553 | 8 | 5,0217 | 4,5150 | 5,3089 |
| 9 | 14,3379 | 15,9470 | 13,5622 | 9 | 5,6494 | 5,0793 | 5,9725 |

**Tablica 54. a) Pretvaranje engl. funta/yard u kilogram/metar**
**b) Pretvaranje kilogram/metar u engl. funta/yard**

a) 1 lb. per yd. = 0,496 055 54 kg/m (ili 1 m/kg = 0,496 055 54 lb. per yd.)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,496 06 | 0,992 11 | 1,488 17 | 1,984 22 | 2,480 28 | 2,976 33 | 3,472 39 | 3,968 44 | 4,464 50 |
| 10 | 4,960 56 | 5,456 61 | 5,952 67 | 6,448 72 | 6,944 78 | 7,440 83 | 7,936 89 | 8,432 94 | 8,929 00 | 9,425 05 |
| 20 | 9,921 11 | 10,417 2 | 10,913 2 | 11,409 3 | 11,905 3 | 12,401 4 | 12.897 4 | 13,393 5 | 13,889 6 | 14,385 6 |
| 30 | 14,881 7 | 15,377 7 | 15,873 8 | 16,369 8 | 16,865 9 | 17,361 9 | 17,858 0 | 18,354 1 | 18,850 1 | 19,346 2 |
| 40 | 19,842 2 | 20,338 3 | 20,834 3 | 21,330 4 | 21,826 4 | 22,322 5 | 22,818 6 | 23,314 6 | 23,810 7 | 24,306 7 |
| 50 | 24,802 8 | 25,298 8 | 25,794 9 | 26,290 9 | 26,787 0 | 27,283 1 | 27,779 1 | 28,275 2 | 28,771 2 | 29,267 3 |
| 60 | 29,763 3 | 30,259 4 | 30,755 4 | 31,251 5 | 31,747 6 | 32,243 6 | 32,739 7 | 33,235 7 | 33,731 8 | 34,227 8 |
| 70 | 34,723 9 | 35,219 9 | 35,716 0 | 36,212 1 | 36,708 1 | 37,204 2 | 37,700 2 | 38,196 3 | 38,692 3 | 39,188 4 |
| 80 | 39,684 4 | 40,180 5 | 40,676 6 | 41,172 6 | 41,668 7 | 42,164 7 | 42,660 8 | 43,156 8 | 43,652 9 | 44,148 9 |
| 90 | 44,645 0 | 45,141 1 | 45,637 1 | 46,133 2 | 46,629 2 | 47,125 3 | 47,621 3 | 48,117 4 | 48,613 4 | 49,109 5 |
| 100 | 49,605 6 | 50,101 6 | 50,597 7 | 51,093 7 | 51,589 8 | 52,085 8 | 52,581 9 | 53,077 9 | 53,574 0 | 54.070 1 |

b) 1 kg/m = 2,015 903 3 lb. per yd. (ili 1 yd. per lb. = 2,015 903 3 m/kg)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2,015 90 | 4,031 81 | 6,047 71 | 8,063 61 | 10,0795 | 12,0954 | 14,1113 | 16,1272 | 18,1431 |
| 0 | 20,1590 | 22,174 9 | 24,190 8 | 26,206 7 | 28,222 6 | 30,2385 | 32,2545 | 34,2704 | 36,2863 | 38,3022 |
| 0 | 40,3181 | 42,334 0 | 44,349 9 | 46,365 8 | 48,381 7 | 50,3976 | 52,4135 | 54,4294 | 56,4453 | 58,4612 |
| 0 | 60,4771 | 62,493 0 | 64,508 9 | 66,524 8 | 68,540 7 | 70,5566 | 72,5725 | 74,5884 | 76,6043 | 78,6202 |
| 0 | 80,6361 | 82,652 0 | 84,667 9 | 86,683 8 | 88,699 7 | 90,7156 | 92,7316 | 94,7475 | 96,7634 | 98,7793 |
| 0 | 100,795 | 102,811 | 104,827 | 106,843 | 108,859 | 110,875 | 112,891 | 114,906 | 116,922 | 118,938 |
| 0 | 120,954 | 122,970 | 124,986 | 127,002 | 129,018 | 131,034 | 133,050 | 135,066 | 137,081 | 139,097 |
| 0 | 141,113 | 143,129 | 145,145 | 147,161 | 149,177 | 151,193 | 153,209 | 155,225 | 157,240 | 159,256 |
| 0 | 161,272 | 163,288 | 165,304 | 167,320 | 169,336 | 171,352 | 173,368 | 175,384 | 177,399 | 179,415 |
| 0 | 181,431 | 183,447 | 185,463 | 187,479 | 189,495 | 191,511 | 193,527 | 195,543 | 197,559 | 199,574 |
| 0 | 201,590 | 203,606 | 205,622 | 207,638 | 209,654 | 211,670 | 213,686 | 215,702 | 217,718 | 219,733 |

**Tablica 55. a) Pretvaranje engl. funta/stopa u kilogram/metar**
**b) Pretvaranje kilogram/metar u engl. funta/stopa**

a) 1 lb. per ft. = 1,488 166 62 kg/m (ili 1 m/kg = 1,488 166 62 ft. per lb.)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,488 17 | 2,976 33 | 4,464 50 | 5,952 67 | 7,440 83 | 8,929 00 | 10,4172 | 11,9053 | 13,3935 |
| 0 | 14,8817 | 16,369 8 | 17,858 0 | 19,346 2 | 20,834 3 | 22,322 5 | 23,810 7 | 25,2988 | 26,7870 | 28,2752 |
| 0 | 29,7633 | 31,251 5 | 32,739 7 | 34,227 8 | 35,716 0 | 37,204 2 | 38,692 3 | 40,1805 | 41,6687 | 43,1568 |
| 0 | 44,6450 | 46,133 2 | 47,621 3 | 49,109 5 | 50,597 7 | 52,085 8 | 53,574 0 | 55,0622 | 56,5503 | 58,0385 |
| 0 | 59,5267 | 61,014 8 | 62,503 0 | 63,991 2 | 65,479 3 | 66,967 5 | 68,455 7 | 69,9438 | 71,4320 | 72,9202 |
| 0 | 74,4083 | 75,896 5 | 77,384 7 | 78,872 8 | 80,361 0 | 81.849 2 | 83,337 3 | 84,8255 | 86,3137 | 87,8018 |
| 0 | 89,2900 | 90,778 2 | 92,266 3 | 93,754 5 | 95,242 7 | 96,730 8 | 98,219 0 | 99,7072 | 101,195 | 102,684 |
| 0 | 104,172 | 105,660 | 107,148 | 108,636 | 110,124 | 111,612 | 113,101 | 114,589 | 116,077 | 117,565 |
| 0 | 119,053 | 120,541 | 122,030 | 123,518 | 125,006 | 126,494 | 127,982 | 129,470 | 130,959 | 132,447 |
| 0 | 133,935 | 135,423 | 136,911 | 138,399 | 139,888 | 141,376 | 142,864 | 144,352 | 145,840 | 147,328 |
| 0 | 148,817 | 150,305 | 151,793 | 153,281 | 154,769 | 156,257 | 157,746 | 159,234 | 160,722 | 162,210 |

b) 1 kg/m = 0,671 967 77 lb. per ft. (ili 1 ft. per lb. = 0,671 967 77 m/kg)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,671 97 | 1,343 94 | 2,015 90 | 2,687 87 | 3,359 84 | 4,031 81 | 4,703 77 | 5,375 74 | 6,047 71 |
| 10 | 6,719 68 | 7,391 65 | 8,063 61 | 8,735 58 | 9,407 55 | 10,079 5 | 10,751 5 | 11,423 5 | 12,095 4 | 12,767 4 |
| 20 | 13,439 4 | 14,111 3 | 14,783 3 | 15,455 3 | 16,127 2 | 16,799 2 | 17,471 2 | 18,143 1 | 18,815 1 | 19,487 1 |
| 30 | 20,159 0 | 20,831 0 | 21,503 0 | 22,174 9 | 22,846 9 | 23,518 9 | 24,190 8 | 24,862 8 | 25,534 8 | 26,206 7 |
| 40 | 26,878 7 | 27,550 7 | 28,222 6 | 28,894 6 | 29,566 6 | 30,238 5 | 30,910 5 | 31,582 5 | 32,254 5 | 32,926 4 |
| 50 | 33,598 4 | 34,270 4 | 34,942 3 | 35,614 3 | 36,286 3 | 36,958 2 | 37,630 2 | 38,302 2 | 38,974 1 | 39,646 1 |
| 60 | 40,318 1 | 40,990 0 | 41,662 0 | 42,334 0 | 43,005 9 | 43,677 9 | 44,349 9 | 45,021 8 | 45,693 8 | 46,365 8 |
| 70 | 47,037 7 | 47,709 7 | 48,381 7 | 49,053 6 | 49,725 6 | 50,397 6 | 51,069 6 | 51,741 5 | 52,413 5 | 53,085 5 |
| 80 | 53,757 4 | 54,429 4 | 55,101 4 | 55,773 3 | 56,445 3 | 57,117 3 | 57,789 2 | 58,461 2 | 59,133 2 | 59,805 1 |
| 90 | 60,477 1 | 61,149 1 | 61,821 0 | 62,493 0 | 63,165 0 | 63,836 9 | 64,508 9 | 65,180 9 | 65,852 8 | 66,524 8 |
| 00 | 67,196 8 | 67,868 7 | 68,540 7 | 69,212 7 | 69,884 6 | 70,556 6 | 71,228 6 | 71,900 6 | 72,572 5 | 73,244 5 |

**Tablica 56. a) Pretvaranje engl. funta/palac u kilogram/centimetar**
**b) Pretvaranje kilogram/centimetar u engl. funta/palac**

a) 1 lb. per inch = 0,178 579 995 kg/cm (ili 1 cm/kg = 0,178 579 995 inch per lb.)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,178 58 | 0,357 16 | 0,535 74 | 0,714 32 | 0,892 90 | 1,071 48 | 1,250 06 | 1,428 64 | 1,607 22 |
| 10 | 1,785 80 | 1,964 38 | 2,142 96 | 2,321 54 | 2,500 12 | 2,678 70 | 2,857 28 | 3,035 86 | 3,214 44 | 3.393 02 |
| 20 | 3,571 60 | 3,750 18 | 3,928 76 | 4,107 34 | 4,285 92 | 4,464 50 | 4,643 08 | 4,821 66 | 5,000 24 | 5,178 82 |
| 30 | 5,357 40 | 5,535 98 | 5,714 56 | 5,893 14 | 6,071 72 | 6,250 30 | 6,428 88 | 6,607 46 | 6,786 04 | 6,964 62 |
| 40 | 7,143 20 | 7,321 78 | 7,500 36 | 7,678 94 | 7,857 52 | 8,036 10 | 8,214 68 | 8,393 26 | 8,571 84 | 8,750 42 |
| 50 | 8,929 00 | 9,107 58 | 9,286 16 | 9,464 74 | 9,643 32 | 9,821 90 | 10,000 5 | 10,179 1 | 10,357 6 | 10,536 2 |
| 60 | 10,714 8 | 10,893 4 | 11,072 0 | 11,250 5 | 11,429 1 | 11,607 7 | 11,786 3 | 11,964 9 | 12,143 4 | 12,322 0 |
| 70 | 12,500 6 | 12,679 2 | 12,857 8 | 13,036 3 | 13,214 9 | 13,393 5 | 13,572 1 | 13,750 7 | 13,929 2 | 14,107 8 |
| 80 | 14,286 4 | 14,465 0 | 14,643 6 | 14,822 1 | 15,000 7 | 15,179 3 | 15,357 9 | 15,536 5 | 15,715 0 | 15,893 6 |
| 90 | 16,072 2 | 16,250 8 | 16,429 4 | 16,607 9 | 16,786 5 | 16,965 1 | 17,143 7 | 17,322 3 | 17,500 8 | 17.679 4 |
| 100 | 17,858 0 | 18,036 6 | 18,215 2 | 18,393 7 | 18,572 3 | 18,750 9 | 18,929 5 | 19,108 1 | 19,286 6 | 19,465 2 |

b) 1 kg/cm = 5,599 731 4 lbs. per inch (ili 1 inch per lb. = 5,599 731 4 cm/kg

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 5,599 73 | 11,1995 | 16,7992 | 22,3989 | 27,9987 | 33,5984 | 39,1981 | 44,7979 | 50,3976 |
| 10 | 55,997 3 | 61,597 0 | 67,1968 | 72,7965 | 78,3962 | 83,9960 | 89,5957 | 95,1954 | 100,795 | 106,395 |
| 20 | 111,995 | 117,594 | 123,194 | 128,794 | 134,394 | 139,993 | 145,593 | 151,193 | 156,792 | 162,392 |
| 30 | 167,992 | 173,592 | 179,191 | 184,791 | 190,391 | 195,991 | 201,590 | 207,190 | 212,790 | 218,390 |
| 40 | 223,989 | 229,589 | 235,189 | 240,788 | 246,388 | 251,988 | 257,588 | 263,187 | 268,787 | 274,387 |
| 50 | 279,987 | 285,586 | 291,186 | 296,786 | 302,385 | 307,985 | 313,585 | 319,185 | 324,784 | 330,384 |
| 60 | 335,984 | 341,584 | 347,183 | 352,783 | 358,383 | 363,983 | 369,582 | 375,182 | 380,782 | 386,381 |
| 70 | 391,981 | 397,581 | 403,181 | 408,780 | 414,380 | 419,980 | 425,580 | 431,179 | 436,779 | 442,379 |
| 80 | 447,979 | 453,578 | 459,178 | 464,778 | 470,377 | 475,977 | 481,577 | 487,177 | 492,776 | 498,376 |
| 90 | 503,976 | 509,576 | 515,175 | 520,775 | 526,375 | 531,974 | 537,574 | 543,174 | 548,774 | 554,373 |
| 100 | 559,973 | 565,573 | 571,173 | 576,772 | 582,372 | 587,972 | 593,572 | 599,171 | 604,771 | 610,371 |

# F. Mere za težinu po jedinici površine (Spec. pritisci)

## Engleske:

1 long ton/sq. yd. = 1,215 186 t/m²
1 „ „ /sq. ft. = 10,936 68 t/m²
1 short ton/sq. yd. = 1,084 988 t/m²
1 „ „ /sq. ft. = 9,764 89 t/m²
1 „ „ /sq. in. = 140,614 kg/cm²
1 lb./sq. yd. = 0,542 494 kg/m²
1 tr. lb./sq. yd. = 0,446 395 kg/m²
1 tr. lb./sq. ft. = 4,017 555 kg/m²
1 tr. lb./sq. in. = 0,057 852 8 kg/cm²
1 oz./sq. ft. = 0,305 153 kg/m²
1 oz./sq. in. = 4,394 201 g/cm²
1 tr. oz./sq. ft. = 0,334 796 kg/m²
1 tr. oz./sq. in. = 4,821 066 g/cm²
1 dram/sq. in = 0,274 638 g/cm²

1 t/m² = 0,822 919 long ton/sq. yd.
1 t/m² = 0,091 435 4 long ton/sq. ft.
1 t/m² = 0,921 669 short ton/sq. yd.
1 t/m² = 0,102 408 „ „ /sq. ft.
1 kg/cm² = 0,007 111 65 sh. ton/sq. in.
1 kg/m² = 1,843 339 lbs /sq. yd.
1 kg/m² = 2,240 169 tr. lbs./sq. yd.
1 kg/m² = 0,248 908 tr. lb./sq. ft.
1 kg/cm² = 17,285 25 tr. lbs./sq. in.
1 kg/m² = 3,277 047 oz./sq. ft.
1 g/cm² = 0,227 573 oz./sq. in.
1 kg/m² = 2,986 892 tr. oz./sq. ft.
1 g/cm² = 0,207 423 tr. oz./sq. in.
1 g/cm² = 3,641 163 drams/sq. in.

Za U S A : voditi računa o prethodnoj napomeni na str. 1432

## Ruske:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 pud/kvadr. saženj = | 3,598 33 | kg/m² | 1 kg/m² = | 0,277 807 | pud/kvadr. saženj |
| 1 funta/kvadr. saženj = | 0,039 958 | kg/m² | 1 kg/m² = | 11,1 6 8 | funta/kvadr. saženj |
| 1 funta/kvadr. arsin = | 0,8 9 625 | kg/m² | 1 kg/m² = | 1,235 14 | funta/kvadr. aršin |
| 1 funta/kvadr. stopa = | 4,407 96 | kg/m² | 1 kg/m² = | 0,22 862 | funta/kvadr. stopa |
| 1 funta/kvadr. veršok = | 207.26 | kg/m² | 1 kg/m² = | 0, 01 824 8 | funta/kvadr. veršok |
| 1 funta/kvadr. djujm = | 0,033 474 6 | kg/cm² | 1 kg/cm² = | 15,754 4 | funta/kvadr. djujm |

**Tablica 57. a) Pretvaranje engl. tona/kvadr. palac u kilogram kvadr. centimetar**
**b) Pretvaranje tona/kvadr. centimetar u engl. tona/kvadr. palac**

a) 1 ton per sq. inch = 157,488 146 kg/cm² (ili 1 kg/cm² = 157,488 146 sq. inches per ton)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 157,488 | 314,976 | 472,464 | 629,953 | 787,441 | 944,929 | 1 102,42 | 1 259,91 | 1 417,39 |
| 10 | 1 574,88 | 1 732,37 | 1 889,86 | 2 047,35 | 2 204,83 | 2 362 32 | 2 519,81 | 2 677,30 | 2 834,79 | 2 992,27 |
| 20 | 3 149.76 | 3 307,25 | 3 464,74 | 3 622,23 | 3 779,72 | 3 937,20 | 4 094,69 | 4 252,18 | 4 409,67 | 4 567,16 |
| 30 | 4 724,64 | 4 882,13 | 5 039,62 | 5 197,11 | 5 354,60 | 5 512,09 | 5 669,57 | 5 827,06 | 5 984,55 | 6 142,04 |
| 40 | 6 299,53 | 6 457,01 | 6 614,50 | 6 771,99 | 6 929,48 | 7 086,97 | 7 244,45 | 7 401,94 | 7 559,43 | 7 716,92 |
| 50 | 7 874,41 | 8 031,90 | 8 189,38 | 8 346,87 | 8 504,36 | 8 661,85 | 8 819,34 | 8 976,82 | 9 134,31 | 9 291,80 |
| 60 | 9 449,29 | 9 606,78 | 9 764,26 | 9 921,75 | 10 079,2 | 10 236,7 | 10 394,2 | 10 551,7 | 10 709,2 | 10 866,7 |
| 70 | 11 024,2 | 11 181,7 | 11 339,1 | 11 496,6 | 11 654,1 | 11 811,6 | 11 969,1 | 12 126,6 | 12 284,1 | 12 441,6 |
| 80 | 12 599,1 | 12 756,5 | 12 914,0 | 13 071,5 | 13 229,0 | 13 386,5 | 13 544,0 | 13 701,5 | 13 859,0 | 14 016,4 |
| 90 | 14 173,9 | 14 331,4 | 14 488,9 | 14 646,4 | 14 803,9 | 14 961,4 | 15 118,9 | 15 276,4 | 15 433,8 | 15 591,3 |
| 100 | 15 748,8 | 15 906,2 | 16 063,8 | 16 221,3 | 16 378,8 | 16 536,3 | 16 693,7 | 16 851,2 | 17 008,7 | 17 166,2 |

b) 1 t/cm² = 6,349 684 2 tons per sq. inch (ili 1 sq. inch per ton = = 6,349 684 2 cm²/t)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 6,34968 | 12,6994 | 19,0490 | 25,3987 | 31,7484 | 38,0981 | 44,4478 | 50,7975 | 57,1472 |
| 10 | 63,4968 | 69,8465 | 76,1962 | 82,5459 | 88,8956 | 95,2453 | 101,595 | 107,945 | 114,294 | 120,644 |
| 20 | 126,994 | 133,343 | 139,693 | 146,043 | 152,392 | 158,742 | 165,092 | 171,441 | 177,791 | 184,141 |
| 30 | 190,491 | 196,840 | 203,190 | 209,539 | 215,889 | 222,239 | 228,589 | 234,938 | 241,288 | 247,638 |
| 40 | 253,987 | 260,337 | 266,687 | 273,036 | 279,386 | 285,736 | 292,085 | 298,435 | 304,785 | 311,135 |
| 50 | 317,484 | 323,834 | 330,184 | 336,533 | 342,883 | 349,233 | 355,582 | 361,932 | 368,282 | 374,631 |
| 60 | 380,981 | 387,331 | 393,680 | 400,030 | 406,380 | 412,729 | 419,079 | 425,429 | 431,779 | 438,128 |
| 70 | 444,478 | 450,828 | 457,177 | 463,527 | 469,877 | 476,226 | 482,576 | 488,926 | 495,275 | 501,625 |
| 80 | 507,975 | 514,324 | 520,674 | 527,024 | 533,373 | 539,723 | 546,073 | 552,423 | 558,772 | 565,122 |
| 90 | 571,472 | 577,821 | 584,171 | 590,521 | 596,870 | 603,220 | 609,570 | 615,919 | 622,269 | 628,619 |
| 100 | 634,968 | 641,318 | 647,668 | 654,017 | 660,367 | 666,717 | 673,067 | 679,416 | 685,766 | 692,116 |

**Tablica 58. a) Pretvaranje engl. funta/kv. stopa u kilogram/kv. metar**
**b) Pretvaranje kilogram/kv. metar u engl. funta kv. stopa**

a) 1 lb. per sq. ft. = 4,882 444 97 kg/m² (ili 1 m²/kg = = 4,882 444 97 sq. ft. per lb.)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 4,882 44 | 9,764 89 | 14,6473 | 19,5298 | 24,4122 | 29,2947 | 34,1771 | 39,0596 | 43,9420 |
| 10 | 48,8244 | 53,706 9 | 58,589 3 | 63,4718 | 68,3542 | 73,2367 | 78,1191 | 83,0016 | 87,8840 | 92,7665 |
| 20 | 97,6489 | 102,531 | 107,414 | 112,296 | 117,179 | 122,061 | 126,944 | 131,826 | 136,708 | 141,591 |
| 30 | 146,473 | 151,356 | 156,238 | 161,121 | 166,003 | 170,886 | 175,768 | 180,650 | 185,533 | 190,415 |
| 40 | 195,298 | 200,180 | 205,063 | 209,945 | 214,828 | 219,710 | 224,592 | 229,475 | 234,357 | 239,240 |
| 50 | 244,122 | 249,005 | 253,887 | 258,770 | 263,652 | 268,534 | 273,417 | 278,299 | 283,182 | 288,064 |
| 60 | 292,947 | 297,829 | 302,712 | 307,594 | 312,476 | 317,359 | 322,241 | 327,124 | 332,006 | 336,889 |
| 70 | 341,771 | 346,654 | 351,536 | 356,418 | 361,301 | 366,183 | 371,066 | 375,948 | 380,831 | 385,713 |
| 80 | 390,596 | 395,478 | 400,360 | 405,243 | 410,125 | 415,008 | 419,890 | 424,773 | 429,655 | 434,538 |
| 90 | 439,420 | 444,302 | 449,185 | 454,067 | 458,950 | 463,832 | 468,715 | 473,597 | 478,480 | 483,362 |
| 100 | 488,244 | 493,127 | 498,009 | 502,892 | 507,774 | 512,657 | 517,539 | 522,422 | 527,304 | 532,187 |

b) 1 kg/m² = 0,204 815 42 lb. per. sq. ft. (ili 1 sq. ft. per lb. = = 0,204 815 42 m²/kg)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,204 82 | 0,409 63 | 0,614 45 | 0,819 26 | 1,024 08 | 1,228 89 | 1,433 71 | 1,638 52 | 1,843 34 |
| 10 | 2,048 15 | 2,252 97 | 2,457 79 | 2,662 60 | 2,867 42 | 3,072 23 | 3,277 05 | 3,481 86 | 3,686 68 | 3,891 49 |
| 20 | 4,096 31 | 4,301 12 | 4,505 94 | 4,710 75 | 4,915 57 | 5,120 39 | 5,325 20 | 5,530 02 | 5,734 83 | 5,939 65 |
| 30 | 6,144 46 | 6,349 28 | 6,554 09 | 6,758 91 | 6,963 72 | 7,168 54 | 7,373 36 | 7,578 17 | 7,782 99 | 7,987 80 |
| 40 | 8,192 62 | 8,397 43 | 8,602 25 | 8,807 06 | 9,011 88 | 9,216 69 | 9,421 51 | 9,626 32 | 9,831 14 | 10,036 0 |
| 50 | 10,240 8 | 10,445 6 | 10,650 4 | 10,855 2 | 11,060 0 | 11,264 8 | 11,469 7 | 11,674 5 | 11,879 3 | 12,084 1 |
| 60 | 12,288 9 | 12,493 7 | 12,698 6 | 12,903 4 | 13,108 2 | 13,313 0 | 13,517 8 | 13,722 6 | 13,927 4 | 14,132 3 |
| 70 | 14,337 1 | 14,541 9 | 14,746 7 | 14,951 5 | 15,156 3 | 15,361 2 | 15,566 0 | 15,770 8 | 15,975 6 | 16,180 4 |
| 80 | 16,385 2 | 16,590 0 | 16,794 9 | 16,999 7 | 17,204 5 | 17,409 3 | 17,614 1 | 17,818 9 | 18,023 8 | 18,228 6 |
| 90 | 18,433 4 | 18,638 2 | 18,843 0 | 19,047 8 | 19,252 6 | 19,457 5 | 19,662 3 | 19,867 1 | 20,071 9 | 20,276 7 |
| 100 | 20,481 5 | 20,686 4 | 20,891 2 | 21,096 0 | 21,300 8 | 21,505 6 | 21,710 4 | 21,915 2 | 22,120 1 | 22,324 9 |

**Tablica 59. a) Pretvaranje engl. funta/kv. palac u kilogram/kv. centimetar**
**b) Pretvaranje kilogram/kv. centimetar u engl. funtu/kv. palac**

a) 1 lb. per sq. inch = 0,070 307 208 kg/cm² (ili 1 cm²/kg = = 0,070 307 208 sq. inch per lb.)

| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,703 07 | 1,406 14 | 2,109 22 | 2,812 29 | 3,515 36 | 4,218 43 | 4,921 50 | 5,624 58 | 6,327 65 |
| 100 | 7,030 72 | 7,733 79 | 8,436 86 | 9,139 94 | 9,843 01 | 10,546 1 | 11,249 2 | 11,952 2 | 12,655 3 | 13,358 4 |
| 200 | 14,061 4 | 14,764 5 | 15 467 6 | 16,170 7 | 16,873 7 | 17,576 8 | 18,279 9 | 18,982 9 | 19,686 0 | 20,389 1 |
| 300 | 21,092 2 | 21,795 2 | 22,498 3 | 23,201 4 | 23,904 4 | 24,607 5 | 25,310 6 | 26,013 7 | 26,716 7 | 27,419 8 |
| 400 | 28,122 9 | 28,826 0 | 29,529 0 | 30,232 1 | 30,935 2 | 31,638 2 | 32,341 3 | 33,044 4 | 33,747 5 | 34,450 5 |
| 500 | 35,153 6 | 35,856 7 | 36,559 7 | 37,262 8 | 37,965 9 | 38,669 0 | 39,372 0 | 40,075 1 | 40,778 2 | 41,481 2 |
| 600 | 42,184 3 | 42,887 4 | 43,590 5 | 44,293 5 | 44,996 6 | 45,699 7 | 46,402 8 | 47,105 8 | 47,808 9 | 48,512 0 |
| 700 | 49,215 0 | 49,918 1 | 50,621 2 | 51,324 3 | 52,027 3 | 52 730 4 | 53,433 5 | 54,136 5 | 54,839 6 | 55,542 7 |
| 800 | 56,245 8 | 56,948 8 | 57,651 9 | 58,355 0 | 59,058 0 | 59,761 1 | 60,464 2 | 61,167 3 | 61,870 3 | 62,573 4 |
| 900 | 63,276 5 | 63,979 6 | 64,682 6 | 65,385 7 | 66,088 8 | 66,791 8 | 67,494 9 | 68,198 0 | 68,901 1 | 69,604 1 |
| 1000 | 70,307 2 | 71,010 3 | 71,713 3 | 72,416 4 | 73,119 5 | 73,822 6 | 74,525 6 | 75,228 7 | 75,931 8 | 76,634 8 |

b) 1 kg/cm² = 14,223 293 lb. per sq. inch*) (ili 1 sq. inch per lb. = 14,223 293 cm²/kg)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 14,2233 | 28,4466 | 42.6699 | 56,8932 | 71,1165 | 85,3398 | 99,5631 | 113,786 | 128,010 |
| 10 | 142,233 | 156,456 | 170,680 | 184,903 | 199,126 | 213,349 | 227,573 | 241,796 | 256,019 | 270,243 |
| 20 | 284,466 | 298,689 | 312,912 | 327,136 | 341,359 | 355,582 | 369,806 | 384,029 | 398,252 | 412,475 |
| 30 | 426,699 | 440,922 | 455,145 | 469,369 | 483,592 | 497,815 | 512,039 | 526,262 | 540,485 | 554,708 |
| 40 | 568,932 | 583,155 | 597,378 | 611,602 | 625,825 | 640,048 | 654,271 | 668,495 | 682,718 | 696,941 |
| 50 | 711,165 | 725,388 | 739,611 | 753,835 | 768,058 | 782,281 | 796,504 | 810,728 | 824,951 | 839,174 |
| 60 | 853,398 | 867,621 | 881,844 | 896.067 | 910,291 | 924,514 | 938,737 | 952,961 | 967,184 | 981,407 |
| 70 | 995,631 | 1009,85 | 1024,08 | 1038.30 | 1052,52 | 1066,75 | 1080.97 | 1095,19 | 1109,42 | 1123.64 |
| 80 | 1137,86 | 1152,09 | 1166,31 | 1180,53 | 1194,76 | 1208,98 | 1223,20 | 1237,43 | 1251,65 | 1265,87 |
| 90 | 1280,10 | 1294,32 | 1308,54 | 1322,77 | 1336,99 | 1351,21 | 1365,44 | 1379,66 | 1393,88 | 1408,11 |
| 100 | 1422,33 | 1436,55 | 1450,78 | 1465,00 | 1479,22 | 1493,45 | 1507,67 | 1521,89 | 1536,12 | 1550,34 |

*) Na osnovi odluke 3 međunar. konf. za tablicu pare, septembar 1934 g., je 1 kg/cm² = 14,2233 lb. per sq. inch. Vrednost je jednaka srednjoj vrednosti iz engl. i američ. palca = 25,400 0 mm.

**Tablica 60. a) Pretvaranje troygrain/kv. palac u gram/kv. decimetar**
**b) Pretvaranje gram/kv. decimetar u troygrain/kv. palac**

a) 1 troygrain per sq. inch = 1,004 388 7 g/dm² (ili 1 dm²/g = 1,004 388 7 troygrain per sq. inch)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | — | 1,00439 | 2,00878 | 3,01317 | 4,01755 | 5,02194 | 6,02633 | 7,03072 | 8,03511 | 9,03950 |
| 10 | 10,0439 | 11,0483 | 12,0527 | 13,0571 | 14,0614 | 15,0658 | 16,0702 | 17,0746 | 18,0790 | 19,0834 |
| 20 | 20,0878 | 21,0922 | 22,0966 | 23,1009 | 24,1053 | 25,1097 | 26,1141 | 27,1185 | 28,1229 | 29,1273 |
| 30 | 30,1317 | 31,1360 | 32,1404 | 33,1448 | 34,1492 | 35,1536 | 36,1580 | 37,1624 | 38,1668 | 39,1712 |
| 40 | 40,1755 | 41,1799 | 42,1843 | 43,1887 | 44,1931 | 45,1975 | 46,2019 | 47,2063 | 48,2107 | 49,2150 |
| 50 | 50,2194 | 51,2238 | 52,2282 | 53,2326 | 54,2370 | 55,2414 | 56,2458 | 57,2502 | 58,2545 | 59,2589 |
| 60 | 60,2633 | 61,2677 | 62,2721 | 63,2765 | 64,2809 | 65,2853 | 66,2897 | 67,2940 | 68,2984 | 69,3028 |
| 70 | 70,3072 | 71,3116 | 72,3160 | 73,3204 | 74,3248 | 75,3292 | 76,3335 | 77,3379 | 78,3423 | 79,3467 |
| 80 | 80,3511 | 81,3555 | 82,3599 | 83,3643 | 84,3686 | 85,3730 | 86,3774 | 87,3818 | 88,3862 | 89,3906 |
| 90 | 90,3950 | 91,3994 | 92,4038 | 93,4081 | 94,4125 | 95,4169 | 96,4213 | 97,4257 | 98,4301 | 99,4345 |
| 100 | 100,439 | 101,443 | 102,448 | 103,452 | 104,456 | 105,461 | 106,465 | 107,470 | 108,474 | 109,478 |

b) 1 g/dm² = 0,995 630 51 troygraina per sq. inch (ili 1 sq. inch per troygrain = 0,995 630 51 dm²/g)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,99563 | 1,99126 | 2,98689 | 3,98252 | 4,97815 | 5,97378 | 6,96941 | 7,96504 | 8,96067 |
| 10 | 9,95631 | 10,9519 | 11,9476 | 12,9432 | 13,9388 | 14,9345 | 15,9301 | 16,9257 | 17,9213 | 18,9170 |
| 20 | 19,9126 | 20,9082 | 21,9039 | 22,8995 | 23,8951 | 24,8908 | 25,8864 | 26,8820 | 27,8777 | 28,8733 |
| 30 | 29,8689 | 30,8645 | 31,8602 | 32,8558 | 33,8514 | 34,8471 | 35,8427 | 36,8383 | 37,8340 | 38,8296 |
| 40 | 39,8252 | 40,8209 | 41,8165 | 42,8121 | 43,8077 | 44,8034 | 45,7990 | 46,7946 | 47,7903 | 48,7859 |
| 50 | 49,7815 | 50,7772 | 51,7728 | 52,7684 | 53,7640 | 54,7597 | 55,7553 | 56,7509 | 57,7466 | 58,7422 |
| 60 | 59,7378 | 60,7335 | 61,7291 | 62,7247 | 63,7204 | 64,7160 | 65,7116 | 66,7072 | 67,7029 | 68,6985 |
| 70 | 69,6941 | 70,6898 | 71,6854 | 72,6810 | 73,6767 | 74,6723 | 75,6679 | 76,6635 | 77,6592 | 78,6548 |
| 80 | 79,6504 | 80,6461 | 81,6417 | 82,6373 | 83,6330 | 84,6286 | 85,6242 | 86,6199 | 87,6155 | 88,6111 |
| 90 | 89,6067 | 90,6024 | 91,5980 | 92,5936 | 93,5893 | 94,5849 | 95,5805 | 96,5762 | 97,5718 | 98,5674 |
| 100 | 99,5631 | 100,559 | 101,554 | 102,550 | 103,546 | 104,541 | 105,537 | 106,532 | 107,528 | 108,524 |

**Tablica 61. Uporedenje jedinica za specifični pritisak*)**

| Jedinica | kg/cm² | mm Hg | Fizička Atm | Bar | IT kcal/m³ | Engl. palaca Hg | Engl. funta/kv. palac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 kg/cm² | 1 | 735,559 | 0,967 84 | 0,980 665 [4]) | 23,419 8 | 28,959 1 | 14,223 3 |
| 1000 mm Hg [3]) | 1,359 51 | 1000 | 1,315 79 | 1,333 22 | 31,839 5 | 39,370 1 | 19,337 1 |
| 1 fizič. Atm | 1,033 23 | 760,000 | 1 | 1,013 25 | 24,197 9 | 29,921 3 | 14,695 9 |
| 1 bar [4]) | 1,019 72 | 750,062 | 0,986 92 | 1 | 23,881 5 | 29,530 0 | 14,503 5 |
| 1 IT kcal/m³ [5]) | 0,042 699 | 31,4076 | 0,041 326 | 0,041 873 | 1 | 1,236 52 | 0,607 32 |
| 10 engl. pal. Hg | 0,345 32 | 254,000 | 0,334 21 | 0,338 64 | 8,087 19 | 10 | 4,911 52 |
| 10 engl. funta/kv. palac | 0,703 07 | 517,151 | 0,680 46 | 0,689 48 | 16,465 8 | 20,360 3 | 10 |

1 (predašnja) Atm (po 28 paris. palaca) = 0,997 32 fizičkih Atm; recipročna vrednost = 1,002 69.

[1]) Od 3. međunar. konf. za tablicu pare, septembar 1934 g., utvrđene vrednosti za jedinicu pritiska funta/kv. palac (lb/in²) izračunate su na osnovi srednje vrednosti iz engl. i američ. palca (2,5 0 00 cm) i veoma malo odstupaju od gornjih vrednosti za tačan engl. kvadratni palac. — Uporedi i opširne tablice 62 i da je. — [2]) Uobrzanje Zemljine teže na norm-mestu = 980,665 cm/s². — [3]) Spec. tež. živa (Hg) = = 13,595 1 kg/dm³ na 0°; 1 mm Hg = 1 tor. — [4]) 1 bar (b) = $10^6$ dyn/cm², 1 milibar (mb) = $10^{-3}$ b. 1 mikrobar (μb) = $10^{-6}$ b. — [5]) 1 intern. (međunarodna) kilokalorija (IT kcal) = 426,99 kgm, iz 3,6721 · $10^5$/860 (1 int. kWh = 3,672 1 · $10^5$ kg m = 860 IT kcal).

**Tablica 62. a) Pretvaranje kg/cm² u mm Hg (tor) na 0°**
**b) Pretvaranje milimetara Hg na 0° u milimetre $H_2O$ na 4°**

a) 1 kg/cm² = 10 000 mm $H_2O$ = 735,559 1 mm Hg

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 735,559 | 1 471,12 | 2 206,68 | 2 942,24 | 3 677,80 | 4 413,35 | 5 148,91 | 5 884,47 | 6 620,03 |
| 10 | 7 355,59 | 8 091,15 | 8 826,71 | 9 562,27 | 10 297,8 | 11 033,4 | 11 768,9 | 12 504,5 | 13 240,1 | 13 975,6 |
| 20 | 14 711,2 | 15 446,7 | 16 182,3 | 16 917,9 | 17 653,4 | 18 389,0 | 19 124,5 | 19 860,1 | 20 595,7 | 21 331,2 |
| 30 | 22 066,8 | 22 802,3 | 23 537,9 | 24 273,5 | 25 009,0 | 25 744,6 | 26 480,1 | 27 215,7 | 27 951,3 | 28 686,8 |
| 40 | 29 422,4 | 30 157,9 | 30 893,5 | 31 629,0 | 32 364,6 | 33 100,2 | 33 835,7 | 34 571,3 | 35 306,8 | 36 042,4 |
| 50 | 36 778,0 | 37 513,5 | 38 249,1 | 38 984,6 | 39 720,2 | 40 455,8 | 41 191,3 | 41 926,9 | 42 662,4 | 43 398,0 |
| 60 | 44 133,5 | 44 869,1 | 45 604,7 | 46 340,2 | 47 075,8 | 47 811,3 | 48 546,9 | 49 282,5 | 50 018,0 | 50 753,6 |
| 70 | 51 489,1 | 52 224,7 | 52 960,3 | 53 695,8 | 54 431,4 | 55 166,9 | 55 902,5 | 56 638,1 | 57 373,6 | 58 109,2 |
| 80 | 58 844,7 | 59 580,3 | 60 315,8 | 61 051,4 | 61 787,0 | 62 522,5 | 63 258,1 | 63 993,6 | 64 729,2 | 65 464,8 |
| 90 | 66 200,3 | 66 935,9 | 67 671,4 | 68 407,0 | 69,142,6 | 69 878,1 | 70 613,7 | 71 349,3 | 72 084,8 | 72 820,4 |
| 00 | 73 555,9 | 74 291,5 | 75 027.0 | 75 762,6 | 76 498,1 | 77 233,7 | 77 969,3 | 78 704,8 | 79 440,4 | 80 175,9 |

b) 1 mm Hg = 13,595 1 $H_2O$ = 0,001 359 51 kg/cm²

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 13,5951 | 27,1902 | 40,7853 | 54,3804 | 67,9755 | 81,5706 | 95,1657 | 108,761 | 122,356 |
| 10 | 135,951 | 149,546 | 163,141 | 176,736 | 190,331 | 203,926 | 217,522 | 231,117 | 244,712 | 258,307 |
| 20 | 271,902 | 285,497 | 299,092 | 312,687 | 326,282 | 339,878 | 353,473 | 367,068 | 380,663 | 394,258 |
| 0 | 407,853 | 421,448 | 435,043 | 448,638 | 462,233 | 475,828 | 489,424 | 503,019 | 516,614 | 530,209 |
| 40 | 543,804 | 557,399 | 570,994 | 584,589 | 598,184 | 611,780 | 625,375 | 638,970 | 652,565 | 666,160 |
| 50 | 679,755 | 693,350 | 706,945 | 720,540 | 734,135 | 747,730 | 761,326 | 774,921 | 788,516 | 802,111 |
| 60 | 815,706 | 829,301 | 842,896 | 856,491 | 870,086 | 883,682 | 897,277 | 910,872 | 924,467 | 938,062 |
| 70 | 951,657 | 965,252 | 978,847 | 992,442 | 1006,04 | 1019,63 | 1033,23 | 1046,82 | 1060,42 | 1074.01 |
| 80 | 1087,61 | 1101,20 | 1114,80 | 1128,39 | 1141,99 | 1155,58 | 1169,18 | 1182,77 | 1196,37 | 1209,96 |
| 90 | 1223,56 | 1237,15 | 1250,75 | 1264,34 | 1277,94 | 1291,53 | 1305,13 | 1318,72 | 1332,32 | 1345,91 |
| 00 | 1359,51 | 1373,11 | 1386,70 | 1400,30 | 1413,89 | 1427,49 | 1441,08 | 1454,68 | 1468,27 | 1481,87 |

**Tablica 63. a Pretvaranje tizičke atmosfere u kg/cm² i b) obrnuto**

a) 1 Atm = 1,033 228 kg/cm²

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,033 23 | 2,066 46 | 3,099 68 | 4,132 91 | 5,166 14 | 6,199 37 | 7,232 60 | 8,265 82 | 9,299 05 |
| 10 | 10,3323 | 11,365 5 | 12,398 7 | 13,432 0 | 14,465 2 | 15,498 4 | 16,531 6 | 17,564 9 | 18,598 1 | 19,631 3 |
| 20 | 20,6646 | 21,697 8 | 22,731 0 | 23,764 2 | 24,797 5 | 25,830 7 | 26,863 9 | 27,897 2 | 28,930 4 | 29,963 6 |
| 30 | 30,9968 | 32,030 1 | 33,063 3 | 34,096 5 | 35,129 8 | 36,163 0 | 37,196 2 | 38,229 4 | 39,262 7 | 40,295 9 |
| 40 | 41,3291 | 42,362 3 | 43,395 6 | 44.428 8 | 45,462 0 | 46,495 3 | 47,528 5 | 48,561 7 | 49,594 9 | 50,628 2 |
| 50 | 51,6614 | 52,694 6 | 53,727 9 | 54,761 1 | 55,794 3 | 56,827 5 | 57,860 8 | 58,894 0 | 59,927 2 | 60,960 5 |
| 60 | 61,9937 | 63,026 9 | 64,060 1 | 65,093 4 | 66,126 6 | 67,159 8 | 68,193 0 | 69,226 3 | 70,259 5 | 71,292 7 |
| 70 | 72,3260 | 73,359 2 | 74,392 4 | 75,425 6 | 76,458 9 | 77,492 1 | 78,525 3 | 79,558 6 | 80,591 8 | 81,625 0 |
| 80 | 82,6582 | 83,691 5 | 84.724 7 | 85,757 9 | 86,791 2 | 87,824 4 | 88,857 6 | 89,890 8 | 90,924 1 | 91,957 3 |
| 90 | 92,9905 | 94,023 7 | 95,057 0 | 96,090 2 | 97,123 4 | 98,156 7 | 99,189 9 | 100,223 | 101,256 | 102,290 |
| 00 | 103,323 | 104,356 | 105,389 | 106,422 | 107,456 | 108,489 | 109,522 | 110,555 | 111,589 | 112,622 |

b) 1 kg/cm² = 0,967 841 Atm

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,967 84 | 1,935 68 | 2,903 52 | 3,871 36 | 4,839 20 | 5,807 05 | 6,774 89 | 7,742 73 | 8,710 57 |
| 10 | 9,678 41 | 10,646 3 | 11,614 1 | 12,581 9 | 13,549 8 | 14,517 6 | 15,485 5 | 16,453 3 | 17,421 1 | 18,389 0 |
| 20 | 19,356 8 | 20,324 7 | 21,292 5 | 22,260 3 | 23,228 2 | 24,196 0 | 25,163 9 | 26,131 7 | 27,099 5 | 28,067 4 |
| 30 | 29,035 2 | 30,003 1 | 30,970 9 | 31,938 8 | 32,906 6 | 33,874 4 | 34,842 3 | 35,810 1 | 36,778 0 | 37,745 8 |
| 40 | 38,713 6 | 39,681 5 | 40,649 3 | 41,617 2 | 42,585 0 | 43,552 8 | 44,520 7 | 45,488 5 | 46,456 4 | 47,424 2 |
| 50 | 48,392 0 | 49,359 9 | 50,327 7 | 51,295 6 | 52,263 4 | 53,231 3 | 54,199 1 | 55,166 9 | 56,134 8 | 57,102 6 |
| 60 | 58,070 5 | 59,038 3 | 60,006 1 | 60,974 0 | 61,941 8 | 62,909 7 | 63,877 5 | 64,845 3 | 65,813 2 | 66,781 0 |
| 70 | 67,748 9 | 68,716 7 | 69,684 6 | 70,652 4 | 71,620 2 | 72,588 1 | 73,555 9 | 74,523 8 | 75,491 6 | 76,459 4 |
| 80 | 77,427 3 | 78,395 1 | 79,363 0 | 80,330 8 | 81,298 6 | 82,266 5 | 83,234 3 | 84,202 2 | 85.170 0 | 86,137 8 |
| 90 | 87,105 7 | 88,073 5 | 89,041 4 | 90,009 2 | 90,977 1 | 91,944 9 | 92,912 7 | 93,880 6 | 94,848 4 | 95,816 3 |
| 100 | 96,784 1 | 97,751 9 | 98,719 8 | 99,687 6 | 100,655 | 101,623 | 102,591 | 103,559 | 104,527 | 105,495 |

## Tablica 64. a) Pretvaranje bara u fizičke atmosfere
## b) Pretvaranje fizičke atmosfere u bare

a) 1 b = 0,986 922 54 Atm

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,98692 | 1,97385 | 2,96077 | 3,94769 | 4,93462 | 5,92154 | 6,90846 | 7,89538 | 8,88231 |
| 10 | 9,86923 | 10,8562 | 11,8431 | 12,8300 | 13,8169 | 14,8038 | 15,7908 | 16,7777 | 17,7646 | 18,7515 |
| 20 | 19,7385 | 20,7254 | 21,7123 | 22,6992 | 23,6862 | 24,6731 | 25,6600 | 26,6469 | 27,6338 | 28,6208 |
| 30 | 29,6077 | 30,5946 | 31,5815 | 32,5685 | 33,5554 | 34,5423 | 35,5292 | 36,5162 | 37,5031 | 38,4900 |
| 40 | 39,4769 | 40,4638 | 41,4508 | 42,4377 | 43,4246 | 44,4115 | 45,3985 | 46,3854 | 47,3723 | 48,3592 |
| 50 | 49,3462 | 50,3331 | 51,3200 | 52,3069 | 53,2938 | 54,2808 | 55,2677 | 56,2546 | 57,2415 | 58,2285 |
| 60 | 59,2154 | 60,2023 | 61,1892 | 62,1761 | 63,1631 | 64,1500 | 65,1369 | 66,1238 | 67,1108 | 68,0977 |
| 70 | 69,0846 | 70,0715 | 71,0585 | 72,0454 | 73,0323 | 74,0192 | 75,0061 | 75,9931 | 76,9800 | 77,9669 |
| 80 | 78,9538 | 79,9408 | 80,9277 | 81,9146 | 82,9015 | 83,8885 | 84,8754 | 85,8623 | 86,8492 | 87,8361 |
| 90 | 88,8231 | 89,8100 | 90,7969 | 91,7838 | 92,7708 | 93,7577 | 94,7446 | 95,7315 | 96,7185 | 97,7054 |
| 00 | 98,6923 | 99,6792 | 100,666 | 101,653 | 102,640 | 103,627 | 104,614 | 105,601 | 106,588 | 107,575 |

b) 1 Atm = 1,013 250 75 b

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,01325 | 2,02650 | 3,03975 | 4,05300 | 5,06625 | 6,07950 | 7,09275 | 8,10601 | 9,11926 |
| 10 | 10,1325 | 11,1458 | 12,1590 | 13,1723 | 14,1855 | 15,1988 | 16,2120 | 17,2253 | 18,2385 | 19,2518 |
| 20 | 20,2650 | 21,2783 | 22,2915 | 23,3048 | 24,3180 | 25,3313 | 26,3445 | 27,3578 | 28,3710 | 29,3843 |
| 30 | 30,3975 | 31,4108 | 32,4240 | 33,4373 | 34,4505 | 35,4638 | 36,4770 | 37,4903 | 38,5035 | 39,5168 |
| 40 | 40,5300 | 41,5433 | 42,5565 | 43,5698 | 44,5830 | 45,5963 | 46,6095 | 47,6228 | 48,6360 | 49,6493 |
| 50 | 50,6625 | 51,6758 | 52,6890 | 53,7023 | 54,7155 | 55,7288 | 56,7420 | 57,7553 | 58,7685 | 59,7818 |
| 60 | 60,7950 | 61,8083 | 62,8215 | 63,8348 | 64,8480 | 65,8613 | 66,8745 | 67,8878 | 68,9010 | 69,9143 |
| 70 | 70,9275 | 71,9408 | 72,9541 | 73,9673 | 74,9806 | 75,9938 | 77,0071 | 78,0203 | 79,0336 | 80,0468 |
| 80 | 81,0601 | 82,0733 | 83,0866 | 84,0998 | 85,1131 | 86,1263 | 87,1396 | 88,1528 | 89,1661 | 90,1793 |
| 90 | 91,1926 | 92,2058 | 93,2191 | 94,2323 | 95,2456 | 96,2588 | 97,2721 | 98,2853 | 99,2986 | 100,312 |
| 00 | 101,325 | 102,338 | 103,352 | 104,365 | 105,378 | 106,391 | 107,405 | 108,418 | 109,431 | 110,444 |

## Tablica 65. a) Pretvaranje bara u kg/cm² *)
## b) Pretvaranje kg/cm² u bare

a) 1 b = 1,019 716 kg/cm²

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,01972 | 2,03943 | 3,05915 | 4,07886 | 5,09858 | 6,11830 | 7,13801 | 8,15773 | 9,17744 |
| 10 | 10,1972 | 11,2169 | 12,2366 | 13,2563 | 14,2760 | 15,2957 | 16,3155 | 17,3352 | 18,3549 | 19,3746 |
| 20 | 20,3943 | 21,4140 | 22,4338 | 23,4535 | 24,4732 | 25,4929 | 26,5126 | 27,5323 | 28,5520 | 29,5718 |
| 30 | 30,5915 | 31,6112 | 32,6309 | 33,6506 | 34,6703 | 35,6901 | 36,7098 | 37,7295 | 38,7492 | 39,7689 |
| 40 | 40,7886 | 41,8084 | 42,8281 | 43,8478 | 44,8675 | 45,8872 | 46,9069 | 47,9267 | 48,9464 | 49,9661 |
| 50 | 50,9858 | 52,0055 | 53,0252 | 54,0449 | 55,0647 | 56,0844 | 57,1041 | 58,1238 | 59,1435 | 60,1632 |
| 60 | 61,1830 | 62,2027 | 63,2224 | 64,2421 | 65,2618 | 66,2815 | 67,3013 | 68,3210 | 69,3407 | 70,3604 |
| 70 | 71,3801 | 72,3998 | 73,4196 | 74,4393 | 75,4590 | 76,4787 | 77,4984 | 78,5181 | 79,5378 | 80,5576 |
| 80 | 81,5773 | 82,5970 | 83,6167 | 84,6364 | 85,6561 | 86,6759 | 87,6956 | 88,7153 | 89,7350 | 90,7547 |
| 90 | 91,7744 | 92,7942 | 93,8139 | 94,8336 | 95,8533 | 96,8730 | 97,8927 | 98,9125 | 99,9322 | 100,952 |
| 100 | 101,972 | 102,991 | 104,011 | 105,031 | 106,050 | 107,070 | 108,090 | 109,110 | 110,129 | 111,149 |

b) 1 kg/cm² = 0,980 665 b

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,98067 | 1,96133 | 2,94200 | 3,92266 | 4,90332 | 5,88399 | 6,86466 | 7,84532 | 8,82598 |
| 10 | 9,80665 | 10,7873 | 11,7680 | 12,7486 | 13,7293 | 14,7100 | 15,6906 | 16,6713 | 17,6520 | 18,6326 |
| 20 | 19,6133 | 20,5940 | 21,5746 | 22,5553 | 23,5360 | 24,5166 | 25,4973 | 26,4780 | 27,4586 | 28,4393 |
| 30 | 29,4200 | 30,4006 | 31,3813 | 32,3619 | 33,3426 | 34,3233 | 35,3039 | 36,2846 | 37,2653 | 38,2459 |
| 40 | 39,2266 | 40,2073 | 41,1879 | 42,1686 | 43,1493 | 44,1299 | 45,1106 | 46,0913 | 47,0719 | 48,0526 |
| 50 | 49,0333 | 50,0139 | 50,9946 | 51,9752 | 52,9559 | 53,9366 | 54,9172 | 55,8979 | 56,8786 | 57,8592 |
| 60 | 58,8399 | 59,8206 | 60,8012 | 61,7819 | 62,7626 | 63,7432 | 64,7239 | 65,7046 | 66,6852 | 67,6659 |
| 70 | 68,6466 | 69,6272 | 70,6079 | 71,5885 | 72,5692 | 73,5499 | 74,5305 | 75,5112 | 76,4919 | 77,4725 |
| 80 | 78,4532 | 79,4339 | 80,4145 | 81,3952 | 82,3759 | 83,3565 | 84,3372 | 85,3179 | 86,2985 | 87,2792 |
| 90 | 88,2598 | 89,2405 | 90,2212 | 91,2018 | 92,1825 | 93,1632 | 94,1438 | 95,1245 | 96,1052 | 97,0858 |
| 100 | 98,0665 | 99,0472 | 100,028 | 101,008 | 101,989 | 102,970 | 103,950 | 104,931 | 105,912 | 106,892 |

*) Tablica 65 može se upotrebiti i u računima sa ubrzanjem Zemljin teže $g = 9,806\ 65\ m/s^2$.

## Tablica 66. a) Pretvaranje bara u milimetre Hg
## b) Pretvaranje milimetara Hg u bare

a) 1 b = 750,062 mm Hg

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 750,062 | 1 500,12 | 2 250,19 | 3 000,25 | 3 750,31 | 4 500,37 | 5 250,43 | 6 000,50 | 6 750,56 |
| 10 | 7 500,62 | 8 250,68 | 9 000,74 | 9 750,81 | 10 500,9 | 11 250,9 | 12 001,0 | 12 751,1 | 13 501,1 | 14 251,2 |
| 20 | 15 001,2 | 15 751,3 | 16 501,4 | 17 251,4 | 18 001,5 | 18 751,6 | 19 501,6 | 20 251,7 | 21 001,7 | 21 751,8 |
| 30 | 22 501,9 | 23 251,9 | 24 002,0 | 24 752,0 | 25 502,1 | 26 252,2 | 27 002,2 | 27 752,3 | 28 502,4 | 29 252 4 |
| 40 | 30 002,5 | 30 752,5 | 31 502,6 | 32 252,7 | 33 002,7 | 33 752,8 | 34 502,9 | 35 252,9 | 36 003,0 | 36 753,0 |
| 50 | 37 503,1 | 38 253,2 | 39 003,2 | 39 753,3 | 40 503,3 | 41 253,4 | 42 003,5 | 42 753,5 | 43 503,6 | 44 253,7 |
| 60 | 45 003,7 | 45 753,8 | 46 503,8 | 47 253,9 | 48 004,0 | 48 754,0 | 49 504,1 | 50 254,2 | 51 004,2 | 51 754,3 |
| 70 | 52 504 3 | 53 254,4 | 54 004,5 | 54 754,5 | 55 504,6 | 56 254,6 | 57 004,7 | 57 754,8 | 58 504,8 | 59 254,9 |
| 80 | 60 005 0 | 60 755,0 | 61 505,1 | 62 255,1 | 63 005,2 | 63 755,3 | 64 505,3 | 65 255,4 | 66 005,5 | 66 755,5 |
| 90 | 67,505,6 | 68 255,6 | 69 005,7 | 69 755,8 | 70 505,8 | 71 255 9 | 72 006,0 | 72 756,0 | 73 506 1 | 74 256,1 |
| 00 | 75 006,2 | 75 756,3 | 76 506,3 | 77 256,4 | 78 006,4 | 78 756,5 | 79 506,6 | 80 256,6 | 81 006,7 | 81 756,8 |

b) 1 m Hg = 1,333 224 b

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,33322 | 2,66645 | 3,99967 | 5,33290 | 6,66612 | 7,99934 | 9,33257 | 10 6658 | 11,9990 |
| 10 | 13,3322 | 14,6655 | 15,9987 | 17,3319 | 18,6651 | 19,9984 | 21,3316 | 22,6648 | 23,9980 | 25,3313 |
| 20 | 26,6645 | 27,9977 | 29,3309 | 30,6642 | 31,9974 | 33,3306 | 34 6638 | 35,9970 | 37,3303 | 38,6635 |
| 30 | 39,9967 | 41,3299 | 42,6632 | 43,9964 | 45,3296 | 46 6628 | 47,9961 | 49,3293 | 50 6625 | 51,9957 |
| 40 | 53,3290 | 54,6622 | 55,9954 | 57,3286 | 58,6619 | 59,9951 | 61,3283 | 62,6615 | 63,9948 | 65,3280 |
| 50 | 66,6612 | 67,9944 | 69,3276 | 70,6609 | 71,9941 | 73,3273 | 74,6605 | 75,9938 | 77,3270 | 78 6602 |
| 60 | 79,9934 | 81,3267 | 82,6599 | 83,9931 | 85,3263 | 86,6596 | 87,9928 | 89,3260 | 90,6592 | 91,9925 |
| 70 | 93,3257 | 94,6589 | 95,9921 | 97,3254 | 98,6586 | 99,9918 | 101,325 | 102,658 | 103,991 | 105 325 |
| 80 | 106,658 | 107,991 | 109,324 | 110,658 | 111,991 | 113,324 | 114,657 | 115 990 | 117,324 | 118 657 |
| 90 | 119,990 | 121,323 | 122,657 | 123,990 | 125,323 | 126,656 | 127,990 | 129,323 | 130,656 | 131,989 |
| 00 | 133,322 | 134,656 | 135,989 | 137,322 | 138,655 | 139,989 | 141,322 | 142,655 | 143,988 | 145,321 |

## Tablica 67. a) Pretvaranje engl. funta/kv. palac u mm Hg
## b) Pretvaranje metara Hg u engl. funte/kv. palac

a) 1 lb. per sq. inch = 51,715 109 mm Hg

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 51,7151 | 103,430 | 155,145 | 206,860 | 258 576 | 310,291 | 362,006 | 413,721 | 465,436 |
| 10 | 517,151 | 568,866 | 620,581 | 672,296 | 724,012 | 775,727 | 827,442 | 879,157 | 930,872 | 982,587 |
| 20 | 1034,30 | 1086,02 | 1137,73 | 1189,45 | 1241,16 | 1292,88 | 1344,59 | 1396,31 | 1448,02 | 1499,74 |
| 30 | 1551,45 | 1603,17 | 1654,88 | 1706,60 | 1758,31 | 1810,03 | 1861,74 | 1913,46 | 1965,17 | 2016,89 |
| 40 | 2068,60 | 2120,32 | 2172,03 | 2223,75 | 2275,46 | 2327,18 | 2378,90 | 2430,61 | 2482,33 | 2504,04 |
| 50 | 2585,76 | 2637,47 | 2689,19 | 2740,90 | 2792,62 | 2844,33 | 2896,05 | 2947,76 | 2999,48 | 3051,19 |
| 60 | 3102,91 | 3154,62 | 3206,34 | 3258,05 | 3309,77 | 3361,48 | 3413,20 | 3464,91 | 3516,63 | 3568,34 |
| 70 | 3620,06 | 3671,77 | 3723,49 | 3775,20 | 3826,92 | 3878,63 | 3930,35 | 3982,06 | 4033,78 | 4085,49 |
| 80 | 4137,21 | 4188,92 | 4240,64 | 4292,35 | 4344,07 | 4395,78 | 4447,50 | 4499,21 | 4550,93 | 4602,64 |
| 90 | 4654,36 | 4706,07 | 4757,79 | 4809,51 | 4861,22 | 4912,94 | 4964,65 | 5016,37 | 5068,08 | 5119,80 |
| 00 | 5171,51 | 5223,23 | 5274,94 | 5326,66 | 5378,37 | 5430,09 | 5481,80 | 5533,52 | 5585,23 | 5636 95 |

b) 1 m Hg = 19,336 703 8 lb. per sq. inch

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 19,3367 | 38,6734 | 58,0101 | 77,3468 | 96,6835 | 116,020 | 135,357 | 154,694 | 174,030 |
| 10 | 193,367 | 212,704 | 232,041 | 251,377 | 270,714 | 290,051 | 309,387 | 328,724 | 348,061 | 367,397 |
| 20 | 386,734 | 406,071 | 425,408 | 444,744 | 464,081 | 483,418 | 502,754 | 522,091 | 541,428 | 560,765 |
| 30 | 580,101 | 599,438 | 618,775 | 638,111 | 657,448 | 676,785 | 696,122 | 715,458 | 734,795 | 754,132 |
| 40 | 773,468 | 792,805 | 812,142 | 831,478 | 850,815 | 870,152 | 889,489 | 908,825 | 928,162 | 947,499 |
| 50 | 966,835 | 986,172 | 1005,51 | 1024,85 | 1044,18 | 1063,52 | 1082,86 | 1102,19 | 1121,53 | 1140,87 |
| 60 | 1160,20 | 1179,54 | 1198,88 | 1218,21 | 1237,55 | 1256,89 | 1276,22 | 1295,56 | 1314,90 | 1334,23 |
| 70 | 1353,57 | 1372,91 | 1392,24 | 1411,58 | 1430,92 | 1450,25 | 1469,59 | 1488,93 | 1508,26 | 1527,60 |
| 80 | 1546,94 | 1566,27 | 1585,61 | 1604,95 | 1624,28 | 1643,62 | 1662,96 | 1682,29 | 1701,63 | 1720,97 |
| 90 | 1740,30 | 1759,64 | 1778,98 | 1798,31 | 1817,65 | 1836,99 | 1856,32 | 1875,66 | 1895,00 | 1914,33 |
| 100 | 1933,67 | 1953,01 | 1972,34 | 1991,68 | 2011,02 | 2030,35 | 2049,69 | 2069,03 | 2088,36 | 2107,70 |

**Tablica 68. a) Pretvaranje engl. palaca Hg u fizičke atmosfere**
**b) Pretvaranje fizičkih atmosfera u engl. palce Hg**

a) 1 inch of mercury = 0,033 420 995 Atm

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,033 42 | 0,066 84 | 0,100 26 | 0,133 68 | 0,167 10 | 0,200 53 | 0,233 95 | 0,267 37 | 0,300 79 |
| 10 | 0,334 21 | 0,367 63 | 0,401 05 | 0,434 47 | 0,467 89 | 0,501 31 | 0,534 74 | 0,568 16 | 0,601 58 | 0,635 00 |
| 20 | 0,668 42 | 0,701 84 | 0,735 26 | 0,768 68 | 0,802 10 | 0,835 52 | 0,868 95 | 0,902 37 | 0,935 79 | 0,969 21 |
| 30 | 1,002 63 | 1,036 05 | 1,069 47 | 1,102 89 | 1,136 31 | 1,169 73 | 1,203 16 | 1,236 58 | 1,270 00 | 1,303 42 |
| 40 | 1,336 84 | 1,370 26 | 1,403 68 | 1,437 10 | 1,470 52 | 1,503 94 | 1,537 37 | 1,570 79 | 1,604 21 | 1,637 63 |
| 50 | 1,671 05 | 1,704 47 | 1,737 89 | 1,771 31 | 1,804 73 | 1,838 15 | 1,871 58 | 1,905 00 | 1,938 42 | 1,971 84 |
| 60 | 2,005 26 | 2,038 68 | 2,072 10 | 2,105 52 | 2,138 94 | 2,172 36 | 2,205 79 | 2,239 21 | 2,272 63 | 2,306 05 |
| 70 | 2,339 47 | 2,372 89 | 2,406 31 | 2,439 73 | 2,473 15 | 2 506 57 | 2,540 00 | 2,573 42 | 2,606 84 | 2,640 26 |
| 80 | 2,673 68 | 2,707 10 | 2,740 52 | 2,773 94 | 2,807 36 | 2 840 78 | 2,874 21 | 2,907 63 | 2,941 05 | 2,974 47 |
| 90 | 3,007 89 | 3,041 31 | 3,074 73 | 3,108 15 | 3,141 57 | 3,174 99 | 3,208 42 | 3,241 84 | 3,275 26 | 3,308 68 |
| 100 | 3,342 10 | 3 375 52 | 3,408 94 | 3,442 36 | 3,475 78 | 3,509 20 | 3,542 63 | 3,576 05 | 3,609 47 | 3,642 89 |

b) Atm = 29,921 312 incha of mercury

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 29,9213 | 59,8426 | 89,7639 | 119,685 | 149,607 | 179,528 | 209,449 | 239,370 | 269,292 |
| 10 | 299,213 | 329 134 | 359,056 | 388.977 | 418,898 | 448,820 | 478.741 | 508,662 | 538,584 | 568,505 |
| 20 | 598,426 | 628 348 | 658,269 | 688,190 | 718,111 | 748,033 | 777,954 | 807,875 | 837,797 | 867,718 |
| 30 | 897,639 | 927,561 | 957,482 | 987,403 | 1017,32 | 1047,25 | 1077,17 | 1107,09 | 1137,01 | 1166,93 |
| 40 | 1196,85 | 1226,77 | 1256,70 | 1286,62 | 1316,54 | 1346,46 | 1376,38 | 1406,30 | 1436,22 | 1466,14 |
| 50 | 1496,07 | 1525,99 | 1555,91 | 1585,83 | 1615,75 | 1645,67 | 1675,59 | 1705,51 | 1735,44 | 1765,36 |
| 60 | 1795,28 | 1825,20 | 1855,12 | 1885,04 | 1914,96 | 1944,89 | 1974,81 | 2004,73 | 2034,65 | 2064,57 |
| 70 | 2094,49 | 2124,41 | 2154,33 | 2184,26 | 2214,18 | 2244,10 | 2274,02 | 2303,94 | 2333,86 | 2363,78 |
| 80 | 2393,70 | 2423,63 | 2453,55 | 2483 47 | 2513,39 | 2543,31 | 2573,23 | 2603,15 | 2633,08 | 2663,00 |
| 90 | 2692,92 | 2722,84 | 2752,76 | 2782,68 | 2812,60 | 2842,52 | 2872,45 | 2902,37 | 2932,29 | 2962,21 |
| 100 | 2992,13 | 3022,05 | 3051,97 | 3081,90 | 3111,82 | 3141,74 | 3171,66 | 3201,58 | 3231,50 | 3261,42 |

## G. Mere za težinu po jedinici zapremine (spec. tež.

Engleske:

| | |
|---|---|
| 1 long ton/cu yd = 1,328 946 t/m³ | 1 t/m³ = 0,752 476 long ton/cu yd |
| 1 „ „ /cu ft. = 35,881 547 t/m³ | 1 t/m³ = 0,027 128 7 „ „ /cu ft |
| 1 short ton/cu yd = 1,186 559 t/m³ | 1 t/m³ = 0,842 773 short ton/cu yd |
| 1 „ „ /cu ft. = 32,070 959 t/m³ | 1 t/m³ = 0,030 384 2 „ „ /cu ft |
| 1 lb/cu yd = 0,593 280 kg/m³ | 1 kg/m³ = 1,685 546 lb /cu yd |
| 1 lb./cu. in = 0,027 680 0 kg/cm³ | 1 kg/cm³ = 36,127 102 lbs /cu in |
| 1 tr lb /cu yd = 0,488 184 kg/m³ | kg/m³ = 2,048 406 7 tr lbs./cu yd |
| 1 tr. lb./cu. ft. = 13,180 976 kg/m³ | 1 kg/m³ = 0,075 866 9 tr lb./cu ft |
| 1 tr. lb./cu. in. = 22,776 73 g/cm³ | 1 kg/cm³ = 43,904 47 tr. lbs /cu in |
| 1 oz./cu ft = 1,001 159 kg/m³ | 1 kg/m³ = 0,998 842 oz./cu ft |
| 1 oz./cu. in = 1,730 003 g/cm³ | 1 g/cm³ = 0,578 034 oz./cu in |
| 1 tr. oz./cu ft = 1,098 414 kg/m³ | 1 kg/m³ = 0,910 404 tr oz /cu ft |
| 1 tr oz/cu in. = 1,898 060 g/cm³ | 1 g/cm³ = 0,526 853 tr oz /cu in |
| 1 dram/cu in = 0,108 125 g/cm³ | 1 g/cm³ = 9,248 536 drams/cu in |
| 1 cwt /Imp - Quarter = 0,174 614 kg/dm³ | 1 kg/dm³ = 5,726 932 cwts /Imp Quarter |
| 1 lb /Imp - gallon = 0,099 779 2 kg/dm³ | 1 kg/dm³ = 10,022 134 lbs./Imp gallon |
| 1 lb./pint = 0,798 234 kg/dm³ | 1 kg/dm³ = 1.252 766 lbs./pint |
| 1 tr lb /Imp - gallon = 0 082 104 kg/dm³ | 1 kg/dm³ = 12.179 67 tr lbs./Imp gallon |
| 1 tr lb /pint = 0.656 832 kg/dm³ | 1 kg/dm³ = 1.522 458 tr lbs./pint |

Za U S A (voditi računa o prethodnoj napomeni na str. 1432):

| | |
|---|---|
| 1 lb/USA-gallon = 0,119 827 kg/dm³ | 1 kg/dm³ = 8,345 470 lbs/USA-gallon |
| 1 tr. lb/USA-gallon = 0,072 182 3 kg/dm³ | 1 kg/dm³ = 13,853 82 tr. lbs/USA-gal |

Ruske:

| | |
|---|---|
| 1 funta/kub. saženj = 0,042 162 7 kg/m³ | 1 kg/m³ = 23,717 7 funta/kub. saženj |
| 1 funta/kub. aršin = 1,138 39 kg/m³ | 1 kg/m³ = 0,878 432 funta/kub. aršin |
| 1 funta/kub. stopa = 14,461 8 kg/m³ | 1 kg/m³ = 0,069 147 6 funta/kub. stop |
| 1 funta/kub. veršok = 4,662 86 kg/dm³ | 1 kg/dm³ = 0,214 461 funta/kub. veršol |
| 1 funta/kub. djujm = 0,024 989 9 kg/cm³ | 1 kg/cm³ = 40,016 1 funta/kub. djujm. |

**Tablica 69. a) Pretvaranje engl. funta/kub. stopa u kg/m³**
**b) Pretvaranje kg/m³ u engl. funta/kub. stopa**

a) 1 lb. per cu. ft. = 16,018 548 kg/m³ (ili 1 m³/kg = = 16,018 548 cu. ft. per lb.)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 16,0185 | 32,0371 | 48,0556 | 64,0742 | 80,0927 | 96,1113 | 112,130 | 128,148 | 144,167 |
| 10 | 160,185 | 176,204 | 192,223 | 208,241 | 224,260 | 240,278 | 256,297 | 272,315 | 288,334 | 304,352 |
| 20 | 320,371 | 336,390 | 352,408 | 368,427 | 384,445 | 400,464 | 416,482 | 432,501 | 448,519 | 464,538 |
| 30 | 480,556 | 496,575 | 512,594 | 528,612 | 544,631 | 560,649 | 576,668 | 592,686 | 608,705 | 624,723 |
| 40 | 640,742 | 656,760 | 672,779 | 688,798 | 704,816 | 720,835 | 736,853 | 752,872 | 768,890 | 784,909 |
| 50 | 800,927 | 816,946 | 832,964 | 848,983 | 865,002 | 881,020 | 897,039 | 913,057 | 929,076 | 945,094 |
| 60 | 961,113 | 977,131 | 993,150 | 1009,17 | 1025,19 | 1041,21 | 1057,22 | 1073,24 | 1089,26 | 1105,28 |
| 70 | 1121,30 | 1137,32 | 1153,34 | 1169,35 | 1185,37 | 1201,39 | 1217,41 | 1233,43 | 1249,45 | 1265,47 |
| 80 | 1281,48 | 1297,50 | 1313,52 | 1329,54 | 1345,56 | 1361,58 | 1377,60 | 1393,61 | 1409,63 | 1425,65 |
| 90 | 1441,67 | 1457,69 | 1473,71 | 1489,72 | 1505,74 | 1521,76 | 1537,78 | 1553,80 | 1569,82 | 1585,84 |
| 100 | 1601,85 | 1617,87 | 1633,89 | 1649,91 | 1665,93 | 1681,95 | 1697,97 | 1713,98 | 1730,00 | 1746,02 |

b) 1 kg/m³ = 0,062 427 63 lb. per cu. ft. (ili 1 cu. ft. per lb. = = 0,062 427 63 m³/kg)

| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,62428 | 1,24855 | 1,87283 | 2,49711 | 3,12138 | 3,74566 | 4,36993 | 4,99421 | 5,61849 |
| 100 | 6,24276 | 6,86704 | 7,49132 | 8,11559 | 8,73987 | 9,36414 | 9,98842 | 10,6127 | 11,2370 | 11,8612 |
| 200 | 12,4855 | 13,1098 | 13,7341 | 14,3584 | 14,9826 | 15,6069 | 16,2312 | 16,8555 | 17,4797 | 18,1040 |
| 300 | 18,7283 | 19,3526 | 19,9768 | 20,6011 | 21,2254 | 21,8497 | 22,4739 | 23,0982 | 23,7225 | 24,3468 |
| 400 | 24,9711 | 25,5953 | 26,2196 | 26,8439 | 27,4682 | 28,0924 | 28,7167 | 29,3410 | 29,9653 | 30,5895 |
| 500 | 31,2138 | 31,8381 | 32,4624 | 33,0866 | 33,7109 | 34,3352 | 34,9595 | 35,5837 | 36,2080 | 36,8323 |
| 600 | 37,4566 | 38,0809 | 38,7051 | 39,3294 | 39,9537 | 40,5780 | 41,2022 | 41,8265 | 42,4508 | 43,0751 |
| 700 | 43,6993 | 44,3236 | 44,9479 | 45,5722 | 46,1964 | 46,8207 | 47,4450 | 48,0693 | 48,6936 | 49,3178 |
| 800 | 49,9421 | 50,5664 | 51,1907 | 51,8149 | 52,4392 | 53,0635 | 53,6878 | 54,3120 | 54,9363 | 55,5606 |
| 900 | 56,1849 | 56,8091 | 57,4334 | 58,0577 | 58,6820 | 59,3062 | 59,9305 | 60,5548 | 61,1791 | 61,8034 |
| 1000 | 62,4276 | 63,0519 | 63,6762 | 64,3005 | 64,9247 | 65,5490 | 66,1733 | 66,7976 | 67,4218 | 68,0461 |

## Tablica 70. Areometar-skale

$\gamma$ = spec. tež., $n$ = areometarski stepeni

a) za tečnosti teže[1]) od vode

$A$ = racionalna Baumé-skala = $144,30/(144,30 - n)$; $n = 144,3 - 143,3/\gamma$; normalna temp. 15°
$B_1$ = Baumé, $\gamma = 146,78/(146,78 - n)$; $n = 146,78 - 146,78/\gamma$ ; 17,5°
$C$ = Baumé, holandski $\gamma = 144/(144 - n)$; $n = 144 - 144/\gamma$ ; 12,5°
$D$ = Baumé, američki $\gamma = 145/(145 - n)$; $n = 145 - 145/\gamma$; 60° F = 15,56° C
$E$ = Balling, $\gamma = 200/(200 - n)$; $n = 200 - 200/\gamma$, 17,5°
$F$ = Beck, $\gamma = 170/(170 - n)$; $n = 170 - 170/\gamma$ ; 12,5°
$G$ = Brix - Fischer, $\gamma = 400/(400 - n)$; $n = 400 - 400/\gamma$; 12,5° R = 15,625° C
$H$ = Stoppani, $\gamma = 166/(166 - n)$; $n = 166 - 166/\gamma$ ; 12,5° R = 15,625° C
$J$ = rel. tež. na 15° u odnosu na vodu na 15°
$K$ = rel. tež. na 15° odnosu na vodu na 4°.

| $A$ | $B_1$ | $C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $J$ | $K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | + 0,05 | − 0,04 | 0,00 | + 0,07 | − 0,05 | + 0,03 | + 0,01 | 1,0000 | 0,9991 |
| 10 | 10,22 | + 9,94 | +10,05 | 13,92 | +11,74 | 27,75 | 11,52 | 1,0745 | 1,0735 |
| 20 | 20,39 | 19,92 | 20,10 | 27,78 | 23,52 | 55,47 | 23,02 | 1,1609 | 1,1599 |
| 30 | 30,56 | 29,91 | 30,15 | 41,64 | 35,31 | 83,19 | 34,52 | 1,2625 | 1,2614 |
| 40 | 40,73 | 39,89 | 40,19 | 55,49 | 47,09 | 110,90 | 46,02 | 1,3835 | 1,3823 |
| 50 | 50,89 | 49,87 | 50,24 | 69,35 | 58,87 | 138,62 | 57,53 | 1,5302 | 1,5289 |
| 60 | 61,06 | 59,85 | 60,29 | 83,20 | 70,66 | 166,34 | 69,03 | 1,7117 | 1,7102 |
| 64 | 65,13 | 63,84 | 64,31 | 88,74 | 75,37 | 177,43 | 73,63 | 1,7970 | 1,7954 |
| 66 | 67,16 | 65,84 | 66,32 | 91,51 | 77,73 | 182,97 | 75,93 | 1,8429 | 1,8413 |
| 68 | 69,20 | 67,84 | 68,33 | 94,29 | 80,08 | 188,51 | 78,23 | — | — |

[1]) Domke u. Reimerdes: Handbuch der Aräometrie, Berlin 1912, Springer, str. 32 i 41. — v. i Berl-Lunge: Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 8 izd. Berlin 1931, Springer, knj. I.

b) za tečnosti lakše od vode

$A$ = Baumé, racionalan, $\gamma = 144{,}30/(144{,}30 + n)$; $n = 144{,}30/\gamma - 144{,}30$; normalna temperatura 15°
$B_1$ = Baumé, $\gamma = 146{,}78/(146{,}78 + n)$; $n = 146{,}78/\gamma - 146{,}78$; 17,5°
$B_2$ = Baumé, $\gamma = 146/(136 + n)$; $n = 146/\gamma - 136$; 12,5°
$B$ = Baumé, holandeski, $\gamma = 144/(144 + n)$; $n = 144/\gamma - 144$; 12,5°
$D$ = Baumé, američki, $\gamma = 140/(130 + n)$; $n = 140/\gamma - 130$; 60° F = 15,56° C
$E$ = Balling, $\gamma = 200/(200 + n)$; $n = 200/\gamma - 200$; 17,5°
$F$ = Beck, $\gamma = 170/(170 + n)$; $n = 170\ \gamma - 170$; 12,5°
$G$ = Brix-Fischer, $\gamma = 400/(400 + n)$; $n = 400/\gamma - 400$; 12,5° R = 15,625° C
$H$ = Stoppani, $\gamma = 166/166 + n)$; $n = 166/\gamma - 166$; 12,5° R = 15,625° C
$J$ = Cartier, $\gamma = 136{,}8/(126{,}1 + n)$; $n = 136{,}8/\gamma - 126{,}1$; 12,5°
$K$ = rel. tež. na 15° u odnosu na vodu na 15°
$L$ = rel. tež. na 15° u odnosu na vodu na 4°.

| $A$ | $B_1$ | $B_2$ | $C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $J$ | $K$ | $L$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | − 0,05 | +10,04 | + 0,04 | +10,00 | − 0,07 | + 0,05 | − 0,03 | − 0,01 | +10,74 | 1,000 | 0,999 |
| 10 | +10,12 | 20,16 | 10,02 | 19,70 | +13,78 | 11,83 | +27,69 | +11,49 | 20,22 | 0,935 | 0,934 |
| 20 | 20,28 | 30,28 | 20,00 | 29,40 | 27,64 | 23,62 | 55,40 | 22,99 | 29,71 | 0,878 | $0{,}877_5$ |
| 30 | 30,45 | 40,40 | 29,99 | 39,11 | 41,50 | 35,40 | 83,12 | 34,50 | 39,19 | 0,828 | 0,827 |
| 40 | 40,62 | 50,52 | 39,97 | 48,81 | 55,35 | 47,19 | 110,84 | 46,00 | 48,67 | 0,783 | 0,782 |
| 50 | 50,79 | 60,64 | 49,95 | 58,51 | 69,21 | 58,97 | 138,56 | 57,50 | 58,15 | 0,743 | 0,742 |
| 60 | 60,96 | 70,76 | 59,93 | 68,21 | 83,06 | 70,75 | 166,27 | 69,00 | 67,64 | $0{,}706_3$ | $0{,}705_7$ |
| 70 | 71,13 | 80,88 | 69,91 | 77,91 | 96,92 | 82,54 | 193,99 | 80,51 | 77,12 | $0{,}673_4$ | $0{,}672_8$ |
| 78 | 79,27 | 88,98 | 77,90 | 85,68 | 108,00 | 91,97 | 216,17 | 89,71 | 84,71 | $0{,}649_1$ | $0{,}648_6$ |
| 80 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | $0{,}643_3$ | $0{,}642_8$ |
| 90 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | $0{,}615_9$ | $0{,}615_3$ |

Brojne vrednosti u tablici treba razumeti ovako: u horizontalnim redovima tablice date su korespodentne vrednosti za istu tečnost i istu (proizvoljnu) temperaturu. Na jednom areometru pročitani stepeni biće, očevidno, samo onda tačni ako je merenje izvršeno na temperaturi koja je za izabrani sistem areometra usvojena na normalnu. — Brojne vrednosti specifičnih težina za stepene raznih vrsta areometara v. Stoffhütte, 2 izd., tablica 8, str. 968.

Prema uredbi je gustina = masa/zapremina, jedinica za gustinu (g/ml) = gustina čiste vode na 4° i 1 Atm pritiska. Plovak treba justirati na gustinu vode na 20° jednaku 0,998 2 g/ml.

## H. Brzine. Frekvencije

**Tablica 71. a) Pretvaranje mm/s u m/h ili m/s u km/h, $cm^3/s$ u $dm^3/h$ ili $dm^3/s$ u $m^3/h$, g/s u kg/h ili kg/s u t/h**

**b) Pretvaranje m/h u mm/s ili km/h u m/s, l/h u ml/s ili $m^3/h$ u $dm^3/s$, kg/h u g/s ili t/h u kg/s**

a) 1 mm/s itd. = 3,600 m/h itd.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 3,6 | 7,2 | 10,8 | 14,4 | 18,0 | 21,6 | 25,2 | 28,8 | 32,4 |
| 10 | 36,0 | 39,6 | 43,2 | 46,8 | 50,4 | 54,0 | 57,6 | 61,2 | 64,8 | 68,4 |
| 20 | 72,0 | 75,6 | 79,2 | 82,8 | 86,4 | 90,0 | 93,6 | 97,2 | 100,8 | 104,4 |
| 30 | 108,0 | 111,6 | 115,2 | 118,8 | 122,4 | 126,0 | 129,6 | 133,2 | 136,8 | 140,4 |
| 40 | 144,0 | 147,6 | 151,2 | 154,8 | 158,4 | 162,0 | 165,6 | 169,2 | 172,8 | 176,4 |
| 50 | 180,0 | 183,6 | 187,2 | 190,8 | 194,4 | 198,0 | 201,6 | 205,2 | 208,8 | 212,4 |
| 60 | 216,0 | 219,6 | 223,2 | 226,8 | 230,4 | 234,0 | 237,6 | 241,2 | 244,8 | 248,4 |
| 70 | 252,0 | 255,6 | 259,2 | 262,8 | 266,4 | 270,0 | 273,6 | 277,2 | 280,8 | 284,4 |
| 80 | 288,0 | 291,6 | 295,2 | 298,8 | 302,4 | 306,0 | 309,6 | 313,2 | 316,8 | 320,4 |
| 90 | 324,0 | 327,6 | 331,2 | 334,8 | 338,4 | 342,0 | 345,6 | 349,2 | 352,8 | 356,4 |
| 100 | 360,0 | 363,6 | 367,2 | 370,8 | 374,4 | 378,0 | 381,6 | 385,2 | 388,8 | 392,4 |

b) 1 m/h itd. = 0,277 78 mm/s itd.

| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2,778 | 5,556 | 8,333 | 11,111 | 13,889 | 16,667 | 19,444 | 22,222 | 25,000 |
| 100 | 27,778 | 30,556 | 33,333 | 36,111 | 38,889 | 14,667 | 44,444 | 47,222 | 50,000 | 52,778 |
| 200 | 55,556 | 58,333 | 61,111 | 63,889 | 66,667 | 69,444 | 72,222 | 75,000 | 77,778 | 80,556 |
| 300 | 83,333 | 86,111 | 88,889 | 91,667 | 94,444 | 197,222 | 100,000 | 102,778 | 105,556 | 108,333 |
| 400 | 111,111 | 113,889 | 116,667 | 119,444 | 122,222 | 25,000 | 127,778 | 130,556 | 133,333 | 136,111 |
| 500 | 138,889 | 141,667 | 144,444 | 147,222 | 150,000 | 152,778 | 155,556 | 158,333 | 161,111 | 163,889 |
| 600 | 166,667 | 169,444 | 172,222 | 175,000 | 177,778 | 180,556 | 183,333 | 186,111 | 188,889 | 191,667 |
| 700 | 194,444 | 197,222 | 200,000 | 202,778 | 205,556 | 208,333 | 211,111 | 213,889 | 216,667 | 219,444 |
| 800 | 222,222 | 225,000 | 227,778 | 230,556 | 233,333 | 236,111 | 238,889 | 241,667 | 244,444 | 247,222 |
| 900 | 250,000 | 252,778 | 255,556 | 258,333 | 261,111 | 263,889 | 266,667 | 269,444 | 272,222 | 275,000 |
| 1000 | 277,778 | 280,556 | 283,333 | 286,111 | 288,889 | 291,667 | 294,444 | 297,222 | 300,000 | 302,778 |

**Tablica 72. Pretvaranje čvorova (na čas) u m/s**

1 čvor = 1 852 m/h = 0,514 44 m/s

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,514 | 1,029 | 1,543 | 2,058 | 2,572 | 3,087 | 3,601 | 4,116 | 4,630 |
| 10 | 5,144 | 5,659 | 6,173 | 6,688 | 7,202 | 7,717 | 8,231 | 8,745 | 9,260 | 9,774 |
| 20 | 10,289 | 10,803 | 11,318 | 11,832 | 12,347 | 12,861 | 13,375 | 13,890 | 14,404 | 14,919 |
| 30 | 15,433 | 15,948 | 16,462 | 16,977 | 17,491 | 18,005 | 18,520 | 19 034 | 19,549 | 20,063 |
| 40 | 20,578 | 21,092 | 21,606 | 22,121 | 22,635 | 23,150 | 23,664 | 24,179 | 24,693 | 25,208 |
| 50 | 25,722 | 26,236 | 26,751 | 27,265 | 27,780 | 28,294 | 28,809 | 29,323 | 29,838 | 30,352 |
| 60 | 30,866 | 31,381 | 31,895 | 32,410 | 32,924 | 33,439 | 33,953 | 34,467 | 34,982 | 35,496 |
| 70 | 36,011 | 36,525 | 37,040 | 37,554 | 38,069 | 38,583 | 39,097 | 39,612 | 40,126 | 40,641 |
| 80 | 41,155 | 41,670 | 42,184 | 42,699 | 43,213 | 43,727 | 44,242 | 44,756 | 45,271 | 45,785 |
| 90 | 46,300 | 46,814 | 47,328 | 47,843 | 48,357 | 48,872 | 49,386 | 49,901 | 50,415 | 50,930 |
| 100 | 51,444 | 51,959 | 52,473 | 52,988 | 53,502 | 54,017 | 54,531 | 55,046 | 55,560 | 56,074 |

Za engl. pomorske milje treba brojne vrednosti iz tablice pomnožiti sa 1,000 64, za engl. admiralty milje sa 1,0017 (str. 1426).

**Tablica 73. Pretvaranje čvorova u engl. yard/čas**

1 čvor = 1 852 m/h = 0,999 34 engl. knot p. hour*) = 2 025,36 engl. yd. p. hour

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2 025,36 | 4 050,72 | 6 076,08 | 8 101,44 | 10 126,8 | 12 152,2 | 14 177,5 | 16 202,9 | 18 228,2 |
| 10 | 20 253,6 | 22 279,0 | 24 304,3 | 26 329,7 | 28 355,0 | 30 380,4 | 32 405,8 | 34 431,1 | 36 456,5 | 38 481,8 |
| 20 | 40 507,2 | 42 532,6 | 44 557,9 | 46 583,3 | 48 608,6 | 50 634,0 | 52 659,4 | 54 684,7 | 56 710,1 | 58 735,4 |
| 30 | 60 760,8 | 62 786,2 | 64 811,5 | 66 836,9 | 68 862,2 | 70 887,6 | 72 913,0 | 74 938,3 | 76 963 7 | 78 989,0 |
| 40 | 81014,4 | 83 039,8 | 85 065,1 | 87 090,5 | 89 115,8 | 91 141,2 | 93 166,6 | 95 191,9 | 97 217,3 | 99 242,6 |
| 50 | 101 268 | 103 293 | 105 319 | 107 344 | 109 370 | 111 395 | 113 420 | 115 446 | 117 471 | 119 497 |
| 60 | 121 522 | 123 547 | 125 572 | 127 598 | 129 623 | 131 649 | 133 674 | 135 699 | 137 725 | 139 750 |
| 70 | 141 775 | 143 801 | 145,826 | 147 851 | 149 877 | 151 902 | 153 928 | 155 953 | 157 978 | 160 004 |
| 80 | 162 029 | 164 054 | 166 080 | 168 105 | 170 130 | 172 156 | 174 181 | 176 207 | 178 232 | 180 257 |
| 90 | 182 282 | 184 308 | 186 333 | 188 359 | 190 384 | 192 409 | 194 435 | 196 460 | 198 486 | 200 511 |
| 100 | 202 536 | 204 561 | 206 587 | 208 612 | 210 638 | 212 663 | 214 688 | 216 714 | 218 739 | 220 764 |

*) engl. knot p. hour — 2 026,67 yd. p. hour.

## Tablica 74. a) Pretvaranje engl. kopnenih milja/čas u m/s
## b) Pretvaranje m/s u engl. kopnene milje/čas

a) 1 statute mile per hour = 0,447 039 2 m/s

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,447 04 | 0,894 08 | 1,341 12 | 1,788 16 | 2,235 20 | 2,682 24 | 3,129 27 | 3,576 31 | 4,023 35 |
| 10 | 4 470 39 | 4,917 43 | 5,364 47 | 5,811 51 | 6,258 55 | 6,705 59 | 7,152 63 | 7,599 67 | 8,046 71 | 8 493 74 |
| 20 | 8,940 78 | 9,387 82 | 9,834 86 | 10,281 9 | 10 728 9 | 11 176 0 | 11,623 0 | 12,070 1 | 12,517 1 | 12,964 1 |
| 30 | 13,411 2 | 13,858 2 | 14,305 3 | 14,752 3 | 15,199 3 | 15,646 4 | 16,093 4 | 16,540 5 | 16,987 5 | 17,434 5 |
| 40 | 17,881 6 | 18,328 6 | 18 775 6 | 19,222 7 | 19,669 7 | 20,116 8 | 20,563 8 | 21,010 8 | 21 457 9 | 21,904 9 |
| 50 | 22,352 0 | 22,799 0 | 23 246 0 | 23,693 1 | 24,140 1 | 24,587 2 | 25,034 2 | 25,481 2 | 25 928 3 | 26,375 3 |
| 60 | 26,822 4 | 27,269 4 | 27 716 4 | 28,163 5 | 28,610 5 | 29,057 5 | 29 504 6 | 29,951 6 | 30,398 7 | 30 845 7 |
| 70 | 31 292 7 | 31,739 8 | 32,186 8 | 32,633 9 | 33,080 9 | 33,527 9 | 33 975 0 | 34,422 0 | 34 869 1 | 35,316 1 |
| 80 | 35,763 1 | 36 210 2 | 36,657 2 | 37,104 3 | 37,551 3 | 37,998 3 | 38,445 4 | 38,892 4 | 39,339 4 | 39,786 5 |
| 90 | 40,233 5 | 40,680 6 | 41,127 6 | 41,574 6 | 42,021 7 | 42,468 7 | 42,915 8 | 43,362 8 | 43,809 8 | 44,256 9 |
| 100 | 44 703 9 | 45 151 0 | 45.598 0 | 46,045 0 | 46,492 1 | 46,939 1 | 47,386 2 | 47,833 2 | 48,280 2 | 48,727 3 |

b) 1 m/s = 2,236 940 statute miles per hour

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 2,236 94 | 4,473 88 | 6,710 82 | 8,947 76 | 11,1847 | 13,4216 | 15,6586 | 17,8955 | 20,1325 |
| 10 | 22,3694 | 24,606 3 | 26,843 3 | 29,080 2 | 31,317 2 | 33,5541 | 35,7910 | 38,0280 | 40,2649 | 42,5019 |
| 20 | 44,7388 | 46,975 7 | 49,212 7 | 51,449 6 | 53,686 6 | 55 9235 | 58,1604 | 60,3974 | 62,6343 | 64,8713 |
| 30 | 67,1082 | 69,345 1 | 71,582 1 | 73,819 0 | 76,056 0 | 78,2929 | 80,5298 | 82,7668 | 85,0037 | 87,2407 |
| 40 | 89,4776 | 91,714 5 | 93,951 5 | 96,188 4 | 98,425 4 | 100,662 | 102,899 | 105,136 | 107,373 | 109,610 |
| 50 | 111,847 | 114,084 | 116,321 | 118,558 | 120,795 | 123,032 | 125,269 | 127,506 | 129,743 | 131,979 |
| 60 | 134,216 | 136,453 | 138,690 | 140,927 | 143,164 | 145,401 | 147,638 | 149,875 | 152,112 | 154,349 |
| 70 | 156,586 | 158,823 | 161,060 | 163,297 | 165,534 | 167,771 | 170,007 | 172,244 | 174,481 | 176,718 |
| 80 | 178,955 | 181,192 | 183,429 | 185,666 | 187,903 | 190,140 | 192,377 | 194,614 | 196,851 | 199,088 |
| 90 | 201,325 | 203,562 | 205,798 | 208,035 | 210,272 | 212,509 | 214,746 | 216,983 | 219,220 | 221,457 |
| 100 | 223,694 | 225,931 | 228,168 | 230,405 | 232,642 | 234,879 | 237,116 | 239,353 | 241,590 | 243,826 |

Za engl. pomorske milje treba brojne vrednosti u tablici a) pomnožiti sa 1,151 52, za engl. admiralty milje sa 1,152 69; brojne vrednosti u tablici b) treba podeliti istim brojevima.

## Tablica 75. Pretvaranje m/s u engleske stope/min

1 m/s = 196,851 ft. per min

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 196,9 | 393,7 | 590,6 | 787,4 | 984 | 1 181 | 1 378 | 1 575 | 1 772 |
| 10 | 1 969 | 2 165 | 2 362 | 2 559 | 2 756 | 2 953 | 3 150 | 3 346 | 3 543 | 3 740 |
| 20 | 3 937 | 4 134 | 4 331 | 4 528 | 4 724 | 4 921 | 5 118 | 5 315 | 5 512 | 5 709 |
| 30 | 5 906 | 6 102 | 6 299 | 6 496 | 6 693 | 6 890 | 7 087 | 7 283 | 7 480 | 7 677 |
| 40 | 7 874 | 8 070 | 8 268 | 8 465 | 8 661 | 8 858 | 9 055 | 9 252 | 9 449 | 9 646 |
| 50 | 9 843 | 10 039 | 10 236 | 10 433 | 10 630 | 10 827 | 11 024 | 11 221 | 11 417 | 11 614 |
| 60 | 11 811 | 12 008 | 12 205 | 12 402 | 12 598 | 12 795 | 12 992 | 13 189 | 13 386 | 13 583 |
| 70 | 13 780 | 13 976 | 14 173 | 14 370 | 14 567 | 14 764 | 14 961 | 15 158 | 15 354 | 15 551 |
| 80 | 15 748 | 15 945 | 16 142 | 16 339 | 16 535 | 16 732 | 16 929 | 17 126 | 17 323 | 17 520 |
| 90 | 17 717 | 17 913 | 18 110 | 18 307 | 18 504 | 18 701 | 18 898 | 19 095 | 19 291 | 19 488 |
| 100 | 19 685 | 19 882 | 20 079 | 20 276 | 20 472 | 20 669 | 20 866 | 21 063 | 21 260 | 21 457 |

## Tablica 76. Pretvaranje m³/čas u engl. kub. stope/min

1 m³/h = 0,588 579 cu. ft. per min

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | – | 0,59 | 1,18 | 1,77 | 2,35 | 2,94 | 3,53 | 4,12 | 4,71 | 5,31 |
| 10 | 5,89 | 6,47 | 7,06 | 7,65 | 8,24 | 8,83 | 9,42 | 10,01 | 10,59 | 11,18 |
| 20 | 11,77 | 12,36 | 12,95 | 13,54 | 14,13 | 14,71 | 15,30 | 15,89 | 16,48 | 17,07 |
| 30 | 17,66 | 18,25 | 18,83 | 19,42 | 20,01 | 20,60 | 21,19 | 21,78 | 22,37 | 22,95 |
| 40 | 23,54 | 24,13 | 24,72 | 25,31 | 25,90 | 26,47 | 27,07 | 27,66 | 28,25 | 28,84 |
| 50 | 29,43 | 30.02 | 30,61 | 31,19 | 31,78 | 32,37 | 32,96 | 33,55 | 34,14 | 34,73 |
| 60 | 35,31 | 35,90 | 36,49 | 37,08 | 37,67 | 38,26 | 38,85 | 39,43 | 40,02 | 40,61 |
| 70 | 41,20 | 41,79 | 42,38 | 42,97 | 43,55 | 44,14 | 44,73 | 45,32 | 45,91 | 46,50 |
| 80 | 47,09 | 47,67 | 48,26 | 48,85 | 49,44 | 50,03 | 50,62 | 51,21 | 51,79 | 52,38 |
| 90 | 52,97 | 53,56 | 54,15 | 54,74 | 55,33 | 55,92 | 56,50 | 57,09 | 57,68 | 58,27 |
| 100 | 58,86 | 59,45 | 60,04 | 60,63 | 61,21 | 61,80 | 62,39 | 62,98 | 63,57 | 64,16 |

**Tablica 77. Brzina vožnje (V) km/čas koja odgovara vremenu vožnje (t) min na putu (s) od 1 km*)**

*V* u km/čas, *t* u min, *s* u km

| s | min | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **0** | ∞ | 60,000 | 30,000 | 20,000 | 15,000 | 12,000 | 10,000 | 8,571 | 7,500 | 6,600 | 6,000 |
| **2** | 1800,0 | 58,064 | 29,508 | 19,780 | 14,876 | 11,921 | 9,945 | 8,531 | 7,469 | 6,647 | 5,980 |
| **4** | 900,00 | 56,250 | 29,032 | 19,565 | 14,754 | 11,842 | 9,890 | 8,491 | 7,438 | 6,618 | 5,960 |
| **6** | 600,00 | 54,545 | 28,571 | 19,355 | 14,634 | 11,765 | 9,836 | 8,451 | 7,407 | 6,593 | 5,941 |
| **8** | 450,00 | 52,941 | 28,125 | 19,149 | 14,516 | 11,688 | 9,783 | 8,411 | 7,377 | 6,569 | 5,921 |
| **10** | 360,00 | 51,428 | 27,692 | 18 947 | 14,400 | 11,613 | 9,730 | 8,372 | 7,347 | 6,545 | 5,902 |
| **12** | 300,00 | 50,000 | 27,273 | 18,750 | 14,286 | 11,538 | 9,677 | 8,333 | 7,317 | 6,522 | 5,882 |
| **14** | 257,14 | 48,648 | 26,866 | 18,557 | 14,173 | 11,465 | 9,626 | 8,295 | 7,287 | 6,499 | 5,863 |
| **16** | 225,00 | 47,368 | 26,471 | 18,367 | 14,063 | 11,392 | 9,574 | 8,257 | 7,258 | 6,475 | 5,844 |
| **18** | 200,00 | 46,154 | 26,087 | 18,182 | 13,953 | 11,321 | 9,524 | 8,219 | 7,229 | 6,452 | 5,825 |
| **20** | 180,00 | 45,000 | 25,714 | 18,000 | 13,846 | 11,250 | 9,474 | 8,182 | 7,200 | 6,429 | 5,806 |
| **22** | 163,64 | 43,902 | 25,352 | 17,822 | 13,740 | 11,180 | 9,424 | 8,145 | 7,171 | 6,406 | 5,787 |
| **24** | 150,00 | 42,857 | 25,000 | 17,647 | 13,636 | 11,111 | 9,375 | 8,108 | 7,143 | 6,383 | 5,769 |
| **26** | 138,46 | 41,860 | 24,658 | 17,476 | 13,534 | 11,043 | 9,326 | 8,072 | 7,115 | 6,360 | 5,751 |
| **28** | 128,57 | 40,909 | 24,324 | 17,308 | 13,433 | 10,976 | 9,278 | 8,036 | 7,087 | 6,338 | 5,732 |
| **30** | 120,00 | 40.000 | 24,000 | 17,143 | 13,333 | 10,909 | 9,231 | 8,000 | 7,059 | 6,316 | 5,714 |
| **32** | 112,50 | 39,130 | 23,684 | 16,981 | 13,235 | 10,843 | 9,184 | 7,965 | 7,031 | 6,294 | 5,696 |
| **34** | 105,88 | 38,298 | 23,377 | 16,822 | 13,139 | 10,778 | 9,137 | 7,930 | 7,004 | 6,272 | 5,678 |
| **36** | 100,00 | 37 500 | 23,077 | 16,667 | 13,043 | 10,714 | 9,091 | 7,895 | 6,977 | 6,250 | 5,660 |
| **38** | 94,737 | 36,735 | 22,785 | 16,514 | 12,950 | 10,651 | 9,045 | 7,860 | 6,950 | 6.228 | 5,643 |
| **40** | 90,000 | 36,000 | 22,500 | 16,364 | 12,847 | 10,588 | 9,000 | 7,826 | 6,923 | 6,207 | 5,625 |
| **42** | 85,714 | 35,294 | 22.222 | 16,216 | 12,766 | 10,526 | 8,955 | 7,792 | 6,897 | 6,186 | 5.607 |
| **44** | 81,818 | 34,615 | 21,951 | 16,071 | 12,676 | 10,465 | 8,911 | 7,759 | 6,870 | 6,164 | 5,590 |
| **46** | 78,261 | 33 962 | 21,687 | 15,929 | 12,587 | 10,405 | 8,867 | 7,725 | 6,844 | 6,143 | 5.573 |
| **48** | 75,000 | 33,333 | 21,429 | 15,789 | 12,500 | 10,345 | 8,824 | 7,692 | 6,818 | 6,122 | 5,556 |
| **50** | 72,000 | 32,727 | 21,176 | 15,652 | 12,414 | 10,286 | 8,780 | 7,660 | 6,792 | 6,102 | 5,538 |
| **52** | 69,231 | 32,143 | 20,930 | 15,517 | 12,329 | 10,227 | 8,738 | 7,627 | 6,767 | 6,081 | 5,522 |
| **54** | 66,667 | 31,579 | 20,690 | 15,385 | 12,245 | 10,169 | 8,696 | 7,595 | 6,742 | 6.061 | 5,505 |
| **56** | 64,286 | 31,034 | 20,455 | 15,254 | 12,162 | 10,112 | 8,654 | 7,563 | 6,716 | 6,040 | 5,488 |
| **58** | 62,069 | 30,508 | 20,225 | 15,126 | 12,081 | 10,056 | 8,612 | 7,531 | 6,691 | 6,020 | 5,471 |

*) Ako je put = *n* puta 1 km, onda brojne vrednosti u tablici treba pomnožiti sa *n*. Ako je put dat u pomorskim miljama onda brojne vrednosti u tablici važe za *V* u čvorovima.

**Tablica 78. Brzina vožnje (V) km/čas koja odgovara vremenu vožnje u minutima i sekundama na putu od 1000 m**

| s | min | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| **0** | – | 32,397 | 16,198 | 10,799 | 8,099 | 6,479 | 5,399 |
| **2** | – | 31,352 | 15,933 | 10,680 | 8,032 | 6,436 | 5,369 |
| **4** | – | 30,372 | 15,676 | 10,564 | 7,966 | 6,394 | 5,340 |
| **6** | – | 29,452 | 15,427 | 10,450 | 7,901 | 6,352 | 5,311 |
| **8** | – | 28,585 | 15,186 | 10,339 | 7,838 | 6,311 | 5 282 |
| **10** | – | 27,769 | 14,952 | 10,230 | 7,775 | 6,270 | 5,253 |
| **12** | – | 26,997 | 14 726 | 10,124 | 7,713 | 6,230 | 5,224 |
| **14** | – | 26,268 | 14,508 | 10,019 | 7,653 | 6,190 | 5,197 |
| **16** | – | 25,576 | 14,293 | 9,917 | 7,593 | 6,151 | 5,169 |
| **18** | – | 24,921 | 14,085 | 9,816 | 7,534 | 6,112 | 5,142 |
| **20** | – | 24,298 | 13,884 | 9,719 | 7,476 | 6,074 | 5,115 |
| **22** | – | 23,705 | 13,688 | 9,623 | 7,419 | 6,036 | 5,088 |
| **24** | – | 23,141 | 13,498 | 9,528 | 7,363 | 5,999 | 5,062 |
| **26** | – | 22,602 | 13,316 | 9,436 | 7.306 | 5,962 | 5,035 |
| **28** | – | 22,089 | 13,134 | 9,345 | 7,253 | 5,926 | 5,009 |
| **30** | 64,794 | 21,598 | 12,959 | 9,256 | 7,199 | 5,890 | 4,984 |
| **32** | 60,745 | 21,128 | 12,778 | 9,169 | 7,146 | 5,854 | 4,958 |
| **34** | 57,171 | 20,675 | 12,622 | 9,083 | 7,094 | 5,819 | 4,933 |
| **36** | 53,995 | 20,248 | 12,460 | 8,999 | 7,043 | 5,785 | 4,908 |
| **38** | 51,153 | 19,835 | 12,302 | 8,916 | 6,992 | 5,751 | 4,884 |
| **40** | 48,596 | 19,438 | 12,149 | 8,835 | 6,942 | 5,717 | 4,859 |
| **42** | 46 281 | 19,057 | 11,999 | 8,755 | 6,893 | 5,683 | 4,835 |
| **44** | 44,178 | 18,690 | 11,852 | 8,677 | 6,844 | 5,650 | 4,811 |
| **46** | 42,257 | 18,338 | 11,709 | 8,601 | 6,796 | 5,618 | 4,787 |
| **48** | 40,496 | 17,998 | 11,570 | 8,525 | 6,749 | 5,585 | 4,764 |
| **50** | 38,876 | 17,671 | 11,434 | 8,451 | 6,702 | 5,553 | 4,741 |
| **52** | 37,381 | 17,355 | 11,301 | 8,378 | 6,657 | 5,522 | 4,718 |
| **54** | 35,996 | 17,051 | 11,171 | 8,307 | 6 612 | 5,491 | 4,695 |
| **56** | 34,711 | 16,757 | 11,044 | 8,232 | 6,567 | 5,460 | 4,672 |
| **58** | 33,514 | 16,473 | 10,920 | 8,159 | 6,523 | 5,429 | 4,650 |

1 čvor = 1 pomorska milja/h = 3 6000 × × 1000/(1852 · vreme u *s*) = 1 943,84/ vreme u s.

## Tablica 79
## Frekvencije i talasne dužine oscilacija

(v. i str. 254 i 313)

Za elektromagnetske oscilacije važi:
**frekvencija** ($f$) × **talasna dužina** ($\lambda$) = **brzina svetlosti** ($c$)
$f$ u herc (Hz, 1 cikl/s), $\lambda$ u cm, $c = 300\,000$ km/s $= 3 \cdot 10^{10}$ cm/s

| | $f$ | $\lambda$ |
|---|---|---|
| **Mehaničke oscilacije** | | |
| Infrazvuci (zemljotres, oscilacije tla) | $10^{-3}$—15 | |
| Zvuk koji se čuje: muzika | 16—16 000 | |
| Zvuk koji se čuje: govor | 100—10 000 | |
| Ultrazvuci | $2 \cdot 10^4$ — $10^7$ | |
| **Elektromagnetske oscilacije** | | |
| Niska frekvencija | | |
| Naizmenična struja za železnice | $16^2/_3$ | $1{,}8 \cdot 10^9$ |
| Naizmenična struja za osvet. i energiju | 50 | $6 \cdot 10^8$ |
| Elektro-akustični prenos | 30—10 000 | $1 \cdot 10^9$ — $3 \cdot 10^6$ |
| Slaba struja | 300— 2 500 | $1 \cdot 10^8$ — $1{,}2 \cdot 10^7$ |
| Visoka frekvencija | | |
| Nosilački talasi po žicama | $\approx 6000$ | $\approx 5 \cdot 10^6$ |
| Bežična telegrafija, telefonija | $3 \cdot 10^3$ — $3 \cdot 10^8$ | $1 \cdot 10^7$ — $1 \cdot 10^2$ |
| Dugi talasi | $2 \cdot 10^4$ — $3 \cdot 10^5$ | $1{,}5 \cdot 10^6$ — $1 \cdot 10^5$ |
| Srednji talasi | $3 \cdot 10^5$ — $3 \cdot 10^6$ | $1 \cdot 10^5$ — $1 \cdot 10^4$ |
| Kratki talasi | $3 \cdot 10^6$ — $3 \cdot 10^7$ | $1 \cdot 10^4$ — $1 \cdot 10^3$ |
| Ultrakratki talasi | $3 \cdot 10^7$ — $3 \cdot 10^8$ | $1 \cdot 10^3$ — $1 \cdot 10^2$ |
| Decimetarski talasi | $3 \cdot 10^8$ — $3 \cdot 10^9$ | $1 \cdot 10^2$ — $1 \cdot 10^1$ |
| Centimetarski talasi | $3 \cdot 10^9$ — $3 \cdot 10^{10}$ | $1 \cdot 10^1$ — $1 \cdot 10^0$ |
| Hertz-ovi talasi | $5 \cdot 10^8$ — $3 \cdot 10^{11}$ | $6 \cdot 10^1$ — $1 \cdot 10^{-1}$ |
| Granica za elektr. emisione talase | $\approx 3 \cdot 10^{11}$ | $\approx 1 \cdot 10^{-1}$ |
| Toplotni i svetlosni talasi | | |
| Toplotni talasi | $\approx 10^{12}$ | $\approx 3 \cdot 10^{-2}$ |
| Infra-(ultra)-crveni talasi | $8 \cdot 10^{11}$ — $4 \cdot 10^{14}$ | $3{,}75 \cdot 10^{-2}$ — $7{,}5 \cdot 10^{-5}$ |
| Vidljiva svetlost | $4 \cdot 10^{14}$ — $8 \cdot 10^{14}$ | $7{,}5 \cdot 10^{-5}$ — $3{,}75 \cdot 10^{-5}$ |
| crvena svetlost | $\approx 4 \cdot 10^{14}$ | $\approx 7{,}5 \cdot 10^{-5}$ |
| ljubičasta | $\approx 8 \cdot 10^{14}$ | $\approx 3{,}75 \cdot 10^{-5}$ |
| Ultraljubičasta svetlost, | | |
| dugotalasna | $8 \cdot 10^{14}$ — $1{,}5 \cdot 10^{15}$ | $3{,}75 \cdot 10^{-5}$ — $2 \cdot 10^{-5}$ |
| kratkotalasna | $1{,}5 \cdot 10^{15}$ — $3 \cdot 10^{16}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ — $1 \cdot 10^{-6}$ |
| Röntgen-zraci, | | |
| meki | $1 \cdot 10^{16}$ — $3 \cdot 10^{18}$ | $3 \cdot 10^{-6}$ — $1 \cdot 10^{-8}$ |
| tvrdi | $3 \cdot 10^{18}$ — $5 \cdot 10^{19}$ | $1 \cdot 10^{-8}$ — $6 \cdot 10^{-10}$ |
| Elektronski zraci u elektron. mikroskopu | $\approx 6 \cdot 10^{19}$ | $\approx 5 \cdot 10^{-10}$ |
| Gamma-zraci | $1 \cdot 10^{19}$ — $6 \cdot 10^{20}$ | $3 \cdot 10^{-9}$ — $5 \cdot 10^{-11}$ |
| Visinski zraci | $1{,}5 \cdot 10^{22}$ — $1{,}5 \cdot 10^{24}$ | $2 \cdot 10^{-12}$ — $2 \cdot 10^{-14}$ |

# I. Energije (vrednosti za rad i snagu)

**Tablica 80. Upoređenje jedinica rada[1])**

| Jedinica | Joule[2]) (=$10^7$ erga) J | Medj. Joule[2]) Int. J | Kilogram-metar kgm | Footpound[3]) ft, lb | Medj. kilovatčas int. kWh | Medj. kilokalorija[4]) ITkcal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 J | 1 | 0,999 7 | $1{,}019\,72 \cdot 10^{-1}$ | $7{,}375\,62 \cdot 10^{-1}$ | $2{,}776\,94 \cdot 10^{-7}$ | $2{,}388\,17 \cdot 10^{-4}$ |
| 1 Int. J | 1,000 30 | 1 | $1{,}020\,02 \cdot 10^{-1}$ | $7{,}377\,8 \cdot 10^{-1}$ | $2{,}777\,8 \cdot 10^{-7}$ | $2{,}388\,9 \cdot 10^{-4}$ |
| 1 kgm | 9,806 65 | 9,803 71 | 1 | 7,233 0 | $2{,}723\,25 \cdot 10^{-6}$ | $2{,}342\,0 \cdot 10^{-3}$ |
| 1 ft-lb | 1,355 82 | 1,355 41 | $1{,}382\,55 \cdot 10^{-1}$ | 1 | $3{,}765\,0 \cdot 10^{-7}$ | $3{,}237 \cdot 9\,10^{-4}$ |
| 1 Int. kWh | $3{,}601\,1 \cdot 10^{6}$ | $3{,}600\,0 \cdot 10^{6}$ | $3{,}672\,1 \cdot 10^{5}$ | $2{,}656\,0 \cdot 10^{6}$ | 1 | $8{,}60 \cdot 10^{25}$) |
| 1 ITkcal[6]) | $4{,}187\,3 \cdot 10^{3}$ | $4{,}186\,05 \cdot 10^{3}$ | $4{,}269\,9 \cdot 10^{2}$ 4) | $3{,}088\,4 \cdot 10^{3}$ | $1{,}162\,79 \cdot 10^{-3}$ | 1 |
| 1 BTU[7]) | $1{,}055\,18 \cdot 10^{3}$ | $1{,}054\,87 \cdot 10^{3}$ | $1{,}075\,99 \cdot 10^{2}$ | $7{,}782\,6 \cdot 10^{2}$ | $2{,}930\,19 \cdot 10^{-4}$ | $2{,}519\,96 \cdot 10^{-1}$ |
| 1 $ft^3 \cdot lb/in^2$ | $1{,}952\,38 \cdot 10^{2}$ | $1{,}951\,79 \cdot 10^{2}$ | $1{,}990\,87 \cdot 10$ | $1{,}440\,0 \cdot 10^{2}$ | $5{,}421\,6 \cdot 10^{-5}$ | $4{,}662\,6 \cdot 10^{-2}$ |
| 1 Atm · $dm^3$ 8) | $1{,}013\,25 \cdot 10^{2}$ | $1{,}012\,95 \cdot 10^{2}$ | $1{,}033\,23 \cdot 10$ | $7{,}473\,35 \cdot 10$ | $2{,}813\,74 \cdot 10^{-5}$ | $2{,}419\,8 \cdot 10^{-2}$ |
| 1 PSh | $2{,}647\,8 \cdot 10^{6}$ | $2{,}647\,0 \cdot 10^{6}$ | $2{,}700\,00 \cdot 10^{5}$ | $1{,}952\,91 \cdot 10^{6}$ | $7{,}352\,78 \cdot 10^{-1}$ | $6{,}323\,33 \cdot 10^{2}$ |
| 1 HPh | $2{,}684\,5 \cdot 10^{6}$ | $2{,}683\,7 \cdot 10^{6}$ | $2{,}737\,45 \cdot 10^{5}$ | $1{,}980\,00 \cdot 10^{6}$ | $7{,}454\,76 \cdot 10^{-1}$ | $6{,}411\,04 \cdot 10^{2}$ |
| R · grd | 8,314 4 | 8,311 9 | $8{,}478\,3 \cdot 10^{-1}$ | 6,132 4 | $2{,}308\,85 \cdot 10^{-6}$ | $1{,}985\,6 \cdot 10^{-3}$ |

| Jedinica | British Thermal Unit[7]) BTU | Kubna stopa-funta/kv. palac $ft^3 \cdot lb/in^2$ | Atmosfera-kub. decimetar 9) Atm · $dm^3$ | Konjska snaga čas PSh | Horsepower-hour HPh | Gasna konstanta R · step. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 J | $9{,}477\,0 \cdot 10^{-4}$ | $5{,}121\,96 \cdot 10^{-3}$ | $9{,}869\,23 \cdot 10^{-3}$ | $3{,}776\,73 \cdot 10^{-7}$ | $3{,}725\,06 \cdot 10^{-7}$ | $1{,}202\,74 \cdot 10^{-1}$ |
| 1 Int. J | $9{,}479\,9 \cdot 10^{-4}$ | $5{,}123\,5 \cdot 10^{-3}$ | $9{,}872\,2 \cdot 10^{-3}$ | $3{,}777\,86 \cdot 10^{-7}$ | $3{,}726\,18 \cdot 10^{-7}$ | $1{,}203\,11 \cdot 10^{-1}$ |
| 1 kgm | $9{,}293\,8 \cdot 10^{-3}$ | $5{,}022\,93 \cdot 10^{-2}$ | $9{,}678\,41 \cdot 10^{-2}$ | $3{,}703\,70 \cdot 10^{-6}$ | $3{,}653\,04 \cdot 10^{-6}$ | 1,179 47 |
| 1 ft-lb | $1{,}284\,91 \cdot 10^{-3}$ | $6{,}944\,44 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}338\,09 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}120\,56 \cdot 10^{-7}$ | $5{,}050\,51 \cdot 10^{-7}$ | $1{,}630\,70 \cdot 10^{-}$ |
| 1 Int. kWh | $3{,}412\,75 \cdot 10^{3}$ | $1{,}844\,46 \cdot 10^{4}$ | $3{,}554\,0 \cdot 10^{4}$ | 1,360 03 | 1,341 42 | $4{,}331\,26 \cdot 10^{5}$ |
| 1 ITkcal | 3,968 3 | 2,144 7 · 10 | $4{,}132\,55 \cdot 10$ | $1{,}581\,44 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}559\,81 \cdot 10^{-3}$ | $5{,}036\,26 \cdot 10^{2}$ |
| 1 BTU | 1 | 5,404 6 | $1{,}041\,38 \cdot 10$ | $3{,}985\,18 \cdot 10^{-4}$ | $3{,}930\,66 \cdot 10^{-4}$ | $1{,}266\,01 \cdot 10^{2}$ |
| 1 $ft^3 \cdot lb/in^2$ | $1{,}850\,27 \cdot 10^{-1}$ | 1 | 1,926 85 | $7{,}373\,60 \cdot 10^{-5}$ | $7{,}272\,72 \cdot 10^{-5}$ | 2,348 68 · 10 |
| 1 Atm · $dm^3$ | $9{,}602\,61 \cdot 10^{-2}$ | $5{,}189\,8 \cdot 10^{-1}$ | 1 | $3{,}826\,77 \cdot 10^{-5}$ | $3{,}774\,42 \cdot 10^{-5}$ | 1,218 68 · 10 |
| 1 PSh | $2{,}509\,30 \cdot 10^{3}$ | $1{,}356\,19 \cdot 10^{4}$ | $2{,}613\,17 \cdot 10^{4}$ | 1 | $9{,}863\,20 \cdot 10^{-1}$ | $3{,}184\,61 \cdot 10^{5}$ |
| 1 HPh | $2{,}544\,10 \cdot 10^{3}$ | $1{,}375\,00 \cdot 10^{4}$ | $2{,}649\,42 \cdot 10^{4}$ | 1,013 87 | 1 | $3{,}228\,78 \cdot 10^{5}$ |
| 1 R · grd | $7{,}898\,82 \cdot 10^{-3}$ | $4{,}258\,56 \cdot 10^{-2}$ | $8{,}205\,63 \cdot 10^{-2}$ 9) | $3{,}140\,11 \cdot 10^{-6}$ | $3{,}097\,15 \cdot 10^{-6}$ | 1 |

[1]) Brojne vrednosti u prvih devet redova i stubaca odgovaraju onim brojnim vrednostima koje su usvojene na 3. međunarodnoj konferenciji za tablicu pare. — [2]) Zakonski Joule (zakon od 7 augusta 1924 g.) je jednak međunarodnom Joule-u; apsolutni Joule je sada jednak 0,999 7 zakonskom Joule-u (str. 242 i 622). — [3]) Računato je da je dužina palca jednaka aritmetičkoj sredini iz engl. i američ. palca = 25,4 mm — [4]) Prema DIN 1309 je 1 kcal $_{14{,}5/15{,}5\,^\circ}$ = 426,9 kgm; obična kcal $_{15\,^\circ}$ = 0,999 54 ITkcal. — [5]) Na osnovi uredbe od 7 augusta 1924 g. — [6]) Prema DIN 1309 je 1 kcal = 4 184 zakonska Joule-a = 4 186 aps. Joule. — [7]) 1 Therm = $= 10^5$ BTU. — [8]) 8,205 63 · $10^{-2}$ — 22,414 5 $dm^3$/273,16° (mol-zapremina kroz aps. temperatura; veličina mol. zapremine daje se i drugim brojnim vrednostima na pr., i 22,416 0 $dm^3$. — [9]) 1 Atm · $dm^3$ = 0,999 973 litarskih atmosfera (1 litar je računat sa 1,000 027 $dm^3$; prema novijim ispitivanjima je 1 litar = 1,000 028 $dm^3$, vidi napomenu [1]) na str. 959).

1 metertona = 3,229 01 engl. ft. tona
1 tonski kilometar = 0,611 56 engl. tonskih milja
1 elektronvolt (EV) = $1{,}59 \cdot 10^{-19}$ Joule = $1{,}62 \cdot 10^{-20}$ kgm = $3{,}80 \cdot 10^{-23}$ kcal.
1 engl. ft. tona = 0,309 69 metertona
1 engl. tonska milja = 1,635 16 tonskih kilometara.

## Tablica 81. Uspoređenje jedinica rada raznih zemalja

| Uspoređena jedinica rada | pruska | engl. | austr. | ruska | švedska |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 kgm = . . . . . | 6,3724 | 7,2330 | 5,6489 | 8,0114 | 7,9236 footpounda |
| 1 footpound = . . . . . | 0,1569 | 0,1383 | 0,1770 | 0,1248 | 0,1262 mkg |

## Tablica 82. a) Pretvaranje engl. footpounda u kgm
## b) Pretvaranje kgm u engl. footpounde

a) 1 footpound = 0,138 254 76 kgm

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,138 25 | 0,276 51 | 0,414 76 | 0,553 02 | 0,691 27 | 0,829 53 | 0,967 78 | 1,106 04 | 1,244 29 |
| 10 | 1,382 55 | 1,520 80 | 1,659 06 | 1,797 31 | 1,935 57 | 2,073 82 | 2,212 08 | 2,350 33 | 2,488 59 | 2,626 84 |
| 20 | 2,765 10 | 2,903 35 | 3,041 60 | 3,179 86 | 3,318 11 | 3,456 37 | 3,594 62 | 3,732 88 | 3,871 13 | 4,009 39 |
| 30 | 4,147 64 | 4,285 90 | 4,424 15 | 4,562 41 | 4,700 66 | 4,838 92 | 4,977 17 | 5,115 43 | 5,253 68 | 5,391 94 |
| 40 | 5,530 19 | 5,668 45 | 5,806 70 | 5,944 95 | 6,083 21 | 6,221 46 | 6,359 72 | 6,497 97 | 6,636 23 | 6,774 48 |
| 50 | 6,912 74 | 7,050 99 | 7,189 25 | 7,327 50 | 7,465 76 | 7,604 01 | 7,742 27 | 7,880 52 | 8,018 78 | 8,157 03 |
| 60 | 8,295 29 | 8,433 54 | 8,571 80 | 8,710 05 | 8,848 30 | 8,986 56 | 9,124 81 | 9,263 07 | 9,401 32 | 9,539 58 |
| 70 | 9,677 83 | 9,816 09 | 9,954 34 | 10,092 6 | 10,230 9 | 10,369 1 | 10,507 4 | 10,645 6 | 10,783 9 | 10,922 1 |
| 80 | 11,060 4 | 11,198 6 | 11,336 9 | 11,475 1 | 11,613 4 | 11,751 7 | 11,889 9 | 12,028 2 | 12,166,4 | 12,304 7 |
| 90 | 12,442 9 | 12,581 2 | 12,719 4 | 12,857 7 | 12,995 9 | 13,134 2 | 13,272 5 | 13,410 7 | 13,549 0 | 13,687 2 |
| 100 | 13,825 5 | 13,963 7 | 14,102 0 | 14,240 2 | 14,378 5 | 14,516 7 | 14,655 0 | 14,793 3 | 14,931 5 | 15,069 8 |

b) 1 kgm = 7,233 023 5 footpounda

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 7,23302 | 14,4660 | 21,6991 | 28,9321 | 36,1651 | 43,3981 | 50,6312 | 57,8642 | 65,0972 |
| 10 | 72,3302 | 79,5633 | 86,7963 | 94,0293 | 101,262 | 108,495 | 115,728 | 122,961 | 130,194 | 137,427 |
| 20 | 144,660 | 151,893 | 159,127 | 166,360 | 173,593 | 180,826 | 188,059 | 195,292 | 202,525 | 209,758 |
| 30 | 216,991 | 224,224 | 231,457 | 238,690 | 245,923 | 253,156 | 260,389 | 267,622 | 274,855 | 282 088 |
| 40 | 289,321 | 296,554 | 303,787 | 311,020 | 318,253 | 325,486 | 332,719 | 339,952 | 347.185 | 354.418 |
| 50 | 361,651 | 368,884 | 376,117 | 383,350 | 390,583 | 397,816 | 405,049 | 412,282 | 419,515 | 426,748 |
| 60 | 433,981 | 441,214 | 448,447 | 455,680 | 462,914 | 470,147 | 477,380 | 484,613 | 491,846 | 499.079 |
| 70 | 506,312 | 513,545 | 520,778 | 528,011 | 535,244 | 542,477 | 549,710 | 556,943 | 564.176 | 571,409 |
| 80 | 578,642 | 585,875 | 593.108 | 600,341 | 607,574 | 614.807 | 622,040 | 629,273 | 636,606 | 643.739 |
| 90 | 650,972 | 658,205 | 665.438 | 672,671 | 679,904 | 687,137 | 694,370 | 701,603 | 708.836 | 716.069 |
| 100 | 723,302 | 730,535 | 737,768 | 745.001 | 752,234 | 759,467 | 766,700 | 773.934 | 781.167 | 788.400 |

## Tablica 83. Uspoređenje jedinica snage

| Jedinica | Erg/s<br>erg/s | Medj. Joule/s<br>int/Js | Kilogrammetar/s<br>kgm/s | Footpound/s*)<br>ft. - lb/s | Medj. kilokalorija/s<br>ITkcal/s |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 erg/s | 1 | $0,9997 \cdot 10^{-7}$ | $1,01972 \cdot 10^{-8}$ | $7,375\,62 \cdot 10^{-8}$ | $2,388\,17 \cdot 10^{-11}$ |
| 1 int. J/s | $1,0003 \cdot 10^{7}$ | 1 | $1,020\,02 \cdot 10^{-1}$ | $7,377\,83 \cdot 10^{-1}$ | $2,388\,89 \cdot 10^{-4}$ |
| 1 kgm/s | $9,806\,65 \cdot 10^{7}$ | 9,803 71 | 1 | 7,233 01 | $2,341\,93 \cdot 10^{-3}$ |
| 1 ft-lb/s | $1,355\,82 \cdot 10^{7}$ | 1,355 41 | $1,382\,55 \cdot 10^{-1}$ | 1 | $3,237\,92 \cdot 10^{-4}$ |
| 1 ITkcal/s | $4,1873 \cdot 10^{10}$ | $4,186\,05 \cdot 10^{3}$ | $4,269\,9 \cdot 10^{2}$ | $3,088\,4 \cdot 10^{3}$ | 1 |
| 1 PS | $7,354\,99 \cdot 10^{9}$ | $7,352\,78 \cdot 10^{2}$ | $7,500\,0 \cdot 10$ | $5,424\,76 \cdot 10^{2}$ | $1,756\,5 \cdot 10^{-1}$ |
| 1 HP | $7,457\,0 \cdot 10^{9}$ | $7,454\,76 \cdot 10^{2}$ | $7,604\,02 \cdot 10$ | $5,500\,00 \cdot 10^{2}$ | $1,780\,84 \cdot 10^{-1}$ |
| 1 int. kW | $1,000\,30 \cdot 10^{10}$ | $1,000 \cdot 10^{3}$ | $1,020\,02 \cdot 10^{2}$ | $7,377\,83 \cdot 10^{2}$ | $2,388\,89 \cdot 10^{-1}$ |
| 1 BTU/s | $1,055\,18 \cdot 10^{10}$ | $1,054 \cdot 10^{3}$ | $1,075\,99 \cdot 10^{2}$ | $7,782\,6 \cdot 10^{2}$ | $2,519\,96 \cdot 10^{-1}$ |

*) Računato je da dužina palca iznosi 25,400 mm (Aritmetička sredina iz engl. i američ. palca).

## Tablica 83. Upoređenje jedinica snage (nastavak)

| Jedinica | Konjska snaga PS | Horsepower HP | Međ. kilovat int. kW | Britih Therm. Unit/s BTU/s |
|---|---|---|---|---|
| 1 erg/s | $1{,}359\,62 \cdot 10^{-10}$ | $1{,}341\,02 \cdot 10^{-10}$ | $9{,}997 \cdot 10^{-11}$ | $9{,}477\,0 \cdot 10^{-11}$ |
| 1 int. J/s | $1{,}360\,03 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}341\,42 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}000 \cdot 10^{-3}$ | $9{,}479\,9 \cdot 10^{-4}$ |
| 1 kgm/s | $1{,}333\,33 \cdot 10^{-2}$ | $1{,}315\,09 \cdot 10^{-2}$ | $9{,}803\,71 \cdot 10^{-3}$ | $9{,}293\,8 \cdot 10^{-3}$ |
| 1 ft-lb/s | $1{,}843\,40 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}818\,18 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}355\,41 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}284\,91 \cdot 10^{-3}$ |
| 1 ITkcal/s | 5,693 2 | 5,615 32 | 4,186 05 | 3,968 3 |
| 1 PS | 1 | 9,863 20 · $10^{-1}$ | 7,352 78 · $10^{-1}$ | 6,970 27 · $10^{-1}$ |
| 1 HP | 1,013 87 | 1 | 7,454 76 · $10^{-1}$ | 7,066 95 · $10^{-1}$ |
| 1 int. kW | 1,360 03 | 1,341 42 | 1 | 9,479 9 · $10^{-1}$ |
| 1 BTU/s | 1,434 66 | 1,415 02 | 1,054 87 | 1 |

## Tablica 84. Upoređenje konjskih snaga raznih zemalja

| | Engleska 1 HP = 550 foot funta/s | Austrija 1 PS = 480 stopa ft./s | Pruska 1 PS = 480 stopa ft./s | Saksonska 1 PS = 530 stopa ft./s | Baden 1 PS = 500 stopa ft./s | Württemberg 1 PS = 525 stopa funta/s |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 metr. PS (75 kgm/s) = | 0,986 3 | 0,985 3 | 0,995 7 | 0,999 4 | 1,000 | 0,997 3 PS raznih zemalja |
| 1 PS raznih zemalja = | 1,013 87 | 1,014 9 | 1,004 3 | 1,000 6 | 1,001 | 1,0027 metr. PS |
| 1 PS raznih zemalja = | 76,040 | 76,119 | 75,325 | 75,045 | 75,000 | 75,204 kgm/s |

## Tablica 85. a) Pretvaranje konjskih snaga u međunarodne kilovate b) Pretvaranje međunarodnog kilovata u konjske snage

a) 1 PS = 0,735 278 int. kW

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,73528 | 1,47056 | 2,20583 | 2,94111 | 3,67639 | 4,41167 | 5,14695 | 5,88222 | 6,61750 |
| 10 | 7,35278 | 8,08806 | 8,82334 | 9,55861 | 10,2939 | 11,0292 | 11,7644 | 12,4997 | 13,2350 | 13,9703 |
| 20 | 14,7056 | 15,4408 | 16,1761 | 16,9114 | 17,6467 | 18,3820 | 19,1172 | 19,8525 | 20,5878 | 21,3231 |
| 30 | 22,0583 | 22,7936 | 23,5289 | 24,2642 | 24,9995 | 25 7347 | 26,4700 | 27,2053 | 27,9406 | 28,6758 |
| 40 | 29,4111 | 30,1464 | 30,8817 | 31,6170 | 32,3522 | 33,0875 | 33,8228 | 34,5581 | 35,2933 | 36,0286 |
| 50 | 36,7639 | 37,4992 | 38,2345 | 38,9697 | 39,7050 | 40,4403 | 41,1756 | 41,9108 | 42,6461 | 43,3814 |
| 60 | 44,1167 | 44,8520 | 45.5872 | 46,3225 | 47,0578 | 47,7931 | 48,5283 | 49,2636 | 49,9989 | 50,7342 |
| 70 | 51,4695 | 52,2047 | 52,9400 | 53,6753 | 54,4106 | 55,1458 | 55,8811 | 56 6164 | 57,3517 | 58,0870 |
| 80 | 58,8222 | 59,5575 | 60.2928 | 61.0281 | 61,7634 | 62,4986 | 63,2339 | 63,9692 | 64,7045 | 65,4397 |
| 90 | 66,1750 | 66,9103 | 67,6456 | 68.3809 | 69,1161 | 69,8514 | 70,5867 | 71,3220 | 72,0572 | 72,7925 |
| 100 | 73,5278 | 74.2631 | 74,9984 | 75.7336 | 76.4689 | 77.2042 | 77.9395 | 78.6747 | 79,4100 | 80.1453 |

b) 1 int. kW = 1,360 026 7 PS

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,36003 | 2.72005 | 4,08008 | 5,44011 | 6,80013 | 8,16016 | 9,52019 | 10 8802 | 12,2402 |
| 10 | 13,6003 | 14,9603 | 16,3203 | 17,6803 | 19,0404 | 20,4004 | 21,7604 | 23,1205 | 24,4805 | 25.8405 |
| 20 | 27,2005 | 28,5606 | 29 9206 | 31,2806 | 32,6406 | 34.0007 | 35,3607 | 36,7207 | 38,0807 | 39,4408 |
| 30 | 40,8008 | 42,1608 | 43,5209 | 44,8809 | 45,2409 | 47,6009 | 48,9610 | 50,3210 | 51,6810 | 53,0410 |
| 40 | 54,4011 | 55,7611 | 57,1211 | 58,4811 | 59,8412 | 61,2012 | 62,5612 | 63,9213 | 65,2813 | 66,6413 |
| 50 | 68,0013 | 69,3614 | 70.7214 | 72,0814 | 73,4414 | 74,8015 | 76,1615 | 77 5215 | 78,8815 | 80,2416 |
| 60 | 81,6016 | 82,9616 | 84.3217 | 85,6817 | 87 0417 | 88,4017 | 89,7618 | 91,1218 | 92,4818 | 93,8418 |
| 70 | 95,2019 | 96.5619 | 97,9219 | 99,2819 | 100 642 | 102,002 | 103,362 | 104,722 | 106 082 | 107.442 |
| 80 | 108,802 | 110 162 | 111,522 | 112,882 | 114,242 | 115,602 | 116,962 | 118,322 | 119 682 | 121 042 |
| 90 | 122,402 | 123,762 | 125,122 | 126,482 | 127,843 | 129 203 | 130 563 | 131,923 | 133,283 | 134 643 |
| 100 | 136,003 | 137,363 | 138,723 | 140,083 | 141,443 | 142,803 | 144,163 | 145.523 | 146,883 | 148,243 |

**Tablica 86. a) Pretvaranje engl. konjskih snaga u međunarodne kilovate**
**b) Pretvaranje međunarodnog kilovata u engl. konjske snage**

a) 1 HP = 0,745 475 27 int kW

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,74548 | 1,49095 | 2,23643 | 2,98190 | 3,72738 | 4,47285 | 5,21833 | 5,96380 | 6,70928 |
| 10 | 7,45475 | 8,20023 | 8,94570 | 9,69118 | 10,4367 | 11,1821 | 11,9276 | 12,6731 | 13,4186 | 14,1640 |
| 20 | 14,9095 | 15,6550 | 16,4005 | 17,1459 | 17,8914 | 18,6369 | 19,3824 | 20,1278 | 20 8733 | 21,6188 |
| 30 | 22,3643 | 23,1097 | 23,8552 | 24,6007 | 25,3462 | 26 0916 | 26,8371 | 27,5826 | 28,3281 | 29,0735 |
| 40 | 29,8190 | 30,5645 | 31,3100 | 32,0554 | 32,8009 | 33,5464 | 34,2919 | 35,0373 | 35,7828 | 36,5283 |
| 50 | 37,2738 | 38,0192 | 38,7647 | 39,5102 | 40,2557 | 41,0011 | 41,7466 | 42,4921 | 43,2376 | 43,9830 |
| 60 | 44,7285 | 45,4740 | 46,2195 | 46,9649 | 47,7104 | 48,4559 | 49.2014 | 49,9468 | 50,6923 | 51,4378 |
| 70 | 52,1833 | 52,9287 | 53,6742 | 54,4197 | 55,1652 | 55,9106 | 56,6561 | 57.4016 | 58,1471 | 58,8925 |
| 80 | 59,6380 | 60,3835 | 61,1290 | 61,8744 | 62,6199 | 63,3654 | 64,1109 | 64,8563 | 65,6018 | 66,3473 |
| 90 | 67,0928 | 67,8382 | 68,5837 | 69,3292 | 70,0747 | 70,8202 | 71,5656 | 72,3111 | 73,0566 | 73,8021 |
| 100 | 74.5475 | 75,2930 | 76,0385 | 76,7840 | 77.5294 | 78,2749 | 79,0204 | 79.7659 | 80.5113 | 81,2568 |

b) 1 int. kW = 1,342 426 HP

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1,34143 | 2,68285 | 4,02428 | 5,36570 | 6,70713 | 8,04856 | 9,38998 | 10,7314 | 12,0728 |
| 10 | 13,4143 | 14,7557 | 16,0971 | 17,4385 | 18,7800 | 20,1214 | 21,4628 | 22.8042 | 24.1457 | 25,4871 |
| 20 | 26,8285 | 28,1699 | 29,5114 | 30,8528 | 32,1942 | 33,5356 | 34,8771 | 36,2185 | 37,5599 | 38,9014 |
| 30 | 40,2428 | 41,5842 | 42,9256 | 44,2671 | 45,6085 | 46,9499 | 48,2913 | 49 6328 | 50,9742 | 52,3156 |
| 40 | 53,6570 | 54,9985 | 56,3399 | 57,6813 | 59,0227 | 60,3642 | 61,7056 | 63,0470 | 64.3884 | 65,7299 |
| 50 | 67,0713 | 68,4127 | 69,7542 | 71,0956 | 72,4370 | 73,7784 | 75,1199 | 76,4613 | 77,8027 | 79,1441 |
| 60 | 80,4856 | 81 8270 | 83,1684 | 84,5098 | 85,8513 | 87,1927 | 88,5341 | 89,8755 | 91,2170 | 92 5584 |
| 70 | 93,8998 | 95,2412 | 96,5827 | 97,9241 | 99,2655 | 100,607 | 101,948 | 103,290 | 104,631 | 105,973 |
| 80 | 107,314 | 108 656 | 109,997 | 111,338 | 112,680 | 114,021 | 115,363 | 116,704 | 118,045 | 119,387 |
| 90 | 120,728 | 122,070 | 123,411 | 124,753 | 126,094 | 127,435 | 128,777 | 130,118 | 131,460 | 132,801 |
| 100 | 134,143 | 135,484 | 136,825 | 138,167 | 139,508 | 140,850 | 142,191 | 143,533 | 144,874 | 146,215 |

**Tablica 87. a) Pretvaranje med. kilokalorija u med. Joule (Ws)**
**b) Pretvaranje med. kilovatsekunda u med. kilokalorije**

a) 1 ITkcal = 4 187,3 J = 4 187,05 int. J

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 4 186,05 | 8 372,10 | 12 558,2 | 16 744,2 | 20 930,2 | 25 116,3 | 29 302,4 | 33 488,4 | 37 674,4 |
| 10 | 41 860.5 | 46 046,6 | 50 232,6 | 54 418,6 | 58 604,7 | 62 790,8 | 66 976,8 | 71 162,8 | 75 348,9 | 79 535,0 |
| 20 | 83 721,0 | 87 907,1 | 92 093,1 | 96 279,2 | 100 465 | 104 651 | 108 837 | 113 023 | 117 209 | 121 395 |
| 30 | 125 582 | 129 768 | 133 954 | 138 140 | 142 326 | 146 512 | 150 698 | 154 884 | 159 070 | 163 256 |
| 40 | 167 442 | 171 628 | 175 814 | 180 000 | 184 186 | 188 372 | 192 558 | 196 744 | 200 930 | 205 116 |
| 50 | 209 302 | 213 489 | 217 675 | 221 861 | 226 047 | 230 233 | 234 419 | 238 605 | 242 791 | 246 977 |
| 60 | 251 163 | 255 349 | 259 535 | 263 721 | 267 907 | 272 093 | 276 279 | 280 465 | 284 651 | 288 837 |
| 70 | 293 024 | 297 210 | 301 396 | 305 582 | 309 768 | 313 954 | 318 140 | 322 326 | 326 512 | 330 698 |
| 80 | 334 884 | 339 070 | 343 256 | 347 442 | 351 628 | 355 814 | 360 000 | 364 186 | 368 372 | 372 558 |
| 90 | 376 744 | 380 931 | 385 117 | 389 303 | 393 489 | 397 675 | 401 861 | 406 047 | 410 233 | 414 419 |
| 100 | 418 605 | 422 791 | 426 977 | 431 163 | 435 349 | 439 535 | 443 721 | 447 907 | 452 093 | 456 279 |

b) 1 kWs = 0,238,888 7 ITkcal

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,238 89 | 0,477 78 | 0,716 67 | 0,955 55 | 1,194 44 | 1,433 33 | 1,672 22 | 1,911 11 | 2,150 00 |
| 10 | 2,388 89 | 2,627 78 | 2,866 66 | 3,105 55 | 3,344 44 | 3,583 33 | 3,822 22 | 4,061 11 | 4,300 00 | 4,538 89 |
| 20 | 4,777 77 | 5,016 66 | 5,255 55 | 5.494 44 | 5,733 33 | 5,972 22 | 6,211 11 | 6,449 99 | 6,688 88 | 6,927 77 |
| 30 | 7,166 66 | 7,505 55 | 7,644 44 | 7,883 33 | 8,122 22 | 8,361 10 | 8,599 99 | 8,838 88 | 9,077 77 | 9,316 66 |
| 40 | 9,555 55 | 9,794 44 | 10,033 3 | 10,272 2 | 10,511 1 | 10,750 0 | 10 988 9 | 11,227 8 | 11,466 7 | 11,705 5 |
| 50 | 11,944 4 | 12,183 3 | 12,422 2 | 12,661 1 | 12,900 0 | 13,138 9 | 13,377 8 | 13 616 7 | 13,855 5 | 14,094 4 |
| 60 | 14,333 3 | 14,572 2 | 14,811 1 | 15,050 0 | 15,288 9 | 15,527 8 | 15,766 7 | 16,005 5 | 16,244 4 | 16,483 3 |
| 70 | 16,722 2 | 16,961 1 | 17,200 0 | 17,438 9 | 17,677 8 | 17,916 7 | 18,155 5 | 18,394 4 | 18 633 3 | 18,872 2 |
| 80 | 19,111 1 | 19,350 0 | 19,588 9 | 19,827 8 | 20,066 7 | 20,305 5 | 20,544 4 | 20,783 3 | 21,022 2 | 21 261 1 |
| 90 | 21,500 0 | 21,738 9 | 21,977 8 | 22,216 6 | 22,455 5 | 22,694 4 | 22,933 3 | 23,172 2 | 23,411 1 | 23,650 0 |
| 100 | 23,888 9 | 24,127 8 | 24,366 6 | 24,605 5 | 24,844 4 | 25.083 3 | 25,322 2 | 25.561 1 | 25.800 0 | 26,038 9 |

**Tabl. 88. a) Pretvaranje kilovatčasova u kilokalorije** (1 kWh = 860 kcal)*
**b) Pretvaranje kilokalorija u kilovatčasove** (1 kcal = 0,001 162 79 kWh)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a) | 860 | 1720 | 2580 | 3440 | 4300 | 5160 | 6020 | 6880 | 7740 |
| 1000 b) | 1,162 79 | 2,325 58 | 3,488 37 | 4,651 16 | 5,813 95 | 6,976 74 | 8,139 53 | 9,302 32 | 10,465 11 |

*) V. napomenu [5]) na str. 1481.

**Tabl. 89. a) Pretvaranje kilovatčas. u British Thermal Units** (1 kWh= 3 412,75 BTU)
**b) Pretvaranje British Thermal Units u kilovatčas.** (1 BTU=0,000 293 019 kWh)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a) | 3 412,75 | 6 825,50 | 10 238,2 | 13 651,0 | 17 063,8 | 20 476,5 | 23 889,2 | 27 302,0 | 30 714,8 |
| 10000 b) | 2,930 19 | 5,860 38 | 8,790 57 | 11,720 8 | 14,651 0 | 17,581 1 | 20,511 3 | 23,441 5 | 26,371 7 |

## Kotlovska konjska snaga

U U S A uobičajeno je da se parni kotlovi prodaju prema kotlovskim konjskim snagama (Boiler HP). Prema odluci odbora za standarde Am. Soc. of. Mech. Eng. od 1876 g., jednoj kotlovskoj konjskoj snazi odgovara grejna površina od 10 engl. kvadr. stopa; ondašnji kotao sa 10 kvadratnih stopa grejne površine proizvodio je potrebnu količinu zasićene pare za 1 HP, naime 34,5 engl. funta (= 15,65 kg/h). Za englesku normalnu paru na 212° F = 100° C računa se da je proizvedena toplota ≈ 539 kcal/kg, za nemačku sa ≈ 640 kcal/kg. Dakle, 34,5 engl. funta zasićene pare po 10 kv. stopa času = [34.5 · 0.454/(10 · 0.305²)] · (539/640) = 14,22 kg/m² h nemač. normal. pare.

Isparavanje današnjih kotlova daje se u procentima od ove vrednosti. Gore pomenuto normalno isparavanje označava se kao 100%-rating. Noviji kotlovi rade normalno sa 200%-ratinga (dakle 2 · 14,22 = 28,4 kg/m² h) a često im se rad može povećati na 400%-ratinga (= 56,8 kg/m² h).

**BHP (Bhp) = Brake horsepower** (engl. i američ. kočionička konjska snaga)
1 BHP = $2\pi n/60 \cdot r\,P/550$ [HP], ($r$ u engl. stopama, $P$ u engl. funtama)
= $M_d n/5252 \cdot$ [HP] (v. str. 1319).

**Tablica 90. a) Pretvaranje British Thermal Units u med. kilokalorije**
**b) Pretvaranje med. kilokalorija u British Thermal Units**

a) 1 BTU = 0,251 995 8 ITkcal

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,252 00 | 0,503 99 | 0,755 99 | 1,007 98 | 1,259 98 | 1,511 97 | 1,763 97 | 2,015 97 | 2,267 96 |
| 10 | 2,519 96 | 2,771 95 | 3,023 95 | 3,275 95 | 3,527 94 | 3,779 94 | 4,031 93 | 4,283 93 | 4,535 92 | 4,787 92 |
| 20 | 5,039 92 | 5,291 91 | 5,543 91 | 5,795 90 | 6,047 90 | 6,299 90 | 6,551 89 | 6,803 89 | 7,055 88 | 7,307 88 |
| 30 | 7,559 87 | 7,811 87 | 8,063 87 | 8,315 86 | 8,567 86 | 8,819 85 | 9,071 85 | 9,323 84 | 9,575 84 | 9,827 84 |
| 40 | 10,0798 | 10,3318 | 10,5838 | 10,8358 | 11,0878 | 11,3398 | 11,5918 | 11,8438 | 12,0958 | 12,3478 |
| 50 | 12,5998 | 12,8518 | 13,1038 | 13,3558 | 13,6078 | 13,8598 | 14,1118 | 14,3638 | 14,6158 | 14,8678 |
| 60 | 15,1197 | 15,3717 | 15,6237 | 15,8757 | 16,1277 | 16,3797 | 16,6317 | 16,8837 | 17,1357 | 17,3877 |
| 70 | 17,6397 | 17,8917 | 18,1437 | 18,3957 | 18,6477 | 18,8997 | 19,1517 | 19,4037 | 19,6557 | 19,9077 |
| 80 | 20,1597 | 20,4117 | 20,6637 | 20,9157 | 21,1676 | 21,4196 | 21,6716 | 21,9236 | 22,1756 | 22,4276 |
| 90 | 22,6796 | 22,9316 | 23,1836 | 23,4356 | 23,6876 | 23,9396 | 24,1816 | 24,4436 | 24,6956 | 24,9476 |
| 00 | 25,1996 | 25,4516 | 25,7036 | 25,9556 | 26,2076 | 26,4596 | 26,7116 | 26,9636 | 27,2155 | 27,4675 |

b) 1 ITkcal = 3,968 320 1 BTU

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 3,96832 | 7,93664 | 11,9050 | 15,8733 | 19,8416 | 23,8099 | 27,7782 | 31,7466 | 35,7149 |
| 10 | 39,6832 | 43,6515 | 47,6198 | 51,5882 | 55,5565 | 59,5248 | 63,4931 | 67,4614 | 71,4298 | 75,3981 |
| 20 | 79,3664 | 83,3347 | 87,3030 | 91,2714 | 95,2397 | 99,2080 | 103,176 | 107,145 | 111,113 | 115,081 |
| 30 | 119,050 | 123,018 | 126,986 | 130,955 | 134,923 | 138,891 | 142,860 | 146,828 | 150,796 | 154,764 |
| 40 | 158,733 | 162,701 | 166,669 | 170,638 | 174,606 | 178,574 | 182,543 | 186,511 | 190,479 | 194,448 |
| 50 | 198,416 | 202,384 | 206,353 | 210,321 | 214,289 | 218,258 | 222,226 | 226,194 | 230,163 | 234,131 |
| 60 | 238,099 | 242,068 | 246,036 | 250,004 | 253,972 | 257 941 | 261,909 | 265,877 | 269,846 | 273,814 |
| 70 | 277,782 | 281,751 | 285 719 | 289,687 | 293,656 | 297,624 | 301,592 | 305,561 | 309,529 | 313,497 |
| 80 | 317,466 | 321,434 | 325,402 | 329,371 | 333,339 | 337,307 | 341,276 | 345,244 | 349,212 | 353,180 |
| 90 | 357,149 | 361,117 | 365,085 | 369,054 | 373,022 | 376,990 | 380,959 | 384,927 | 388,895 | 392,864 |
| 00 | 396 832 | 400,800 | 404,769 | 408,737 | 412,705 | 416,674 | 420,642 | 424,610 | 428,579 | 432,547 |

## Tabl. 91. Upoređenje među. kilokalorije sa engl. topl. jedinicom (BTU)

(1 BTU = engl. funta/kg × °F/°C) ITkcal = 0,453 592 4 · 5/9 ITkcal = 0,251 996 ITkcal

| | BTU u kcal | kcal u BTU | BTU/lb. u kcal/kg | kcal/kg u BTU/lb. | BTU/cu ft. u kcal/m³ | kcal/m³ u BTU/cu ft. | BTU/sq. ft. u kcal/m² | kcal/m² u BTU/sq. ft. | BTU/sq. in. u kcal/m² | kcal/m² u BTU/sq. in |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,252 | 3,968 | 0,556 | 1,80 | 8,899 | 0,112 | 2,712 | 0,369 | 390,6 | 0,0026 |
| 1,2 | 0,302 | 4,762 | 0,667 | 2,16 | 10 679 | 0,135 | 3,255 | 0,442 | 468,7 | 0,0031 |
| 1,4 | 0,353 | 5,556 | 0,778 | 2,52 | 12 459 | 0,157 | 3,797 | 0,516 | 546,8 | 0,0036 |
| 1,6 | 0,403 | 6,349 | 0,889 | 2,88 | 14,239 | 0,180 | 4,340 | 0,590 | 625,0 | 0,0041 |
| 1,8 | 0,454 | 7,143 | 1,000 | 3,24 | 16,019 | 0,202 | 4,882 | 0,664 | 703,1 | 0,0046 |
| 2 | 0,504 | 7,937 | 1,111 | 3,60 | 17,798 | 0,225 | 5,425 | 0,737 | 781,2 | 0,0051 |
| 2,2 | 0,554 | 8,730 | 1,222 | 3,96 | 19,578 | 0,247 | 5,967 | 0,811 | 859,3 | 0,0056 |
| 2,4 | 0,605 | 9,524 | 1,333 | 4,32 | 21,358 | 0,270 | 6,510 | 0,885 | 937,4 | 0,0061 |
| 2,6 | 0,655 | 10,318 | 1,444 | 4,68 | 23,138 | 0,292 | 7,052 | 0,959 | 1015,6 | 0 0067 |
| 2,8 | 0,706 | 11,111 | 1,556 | 5,04 | 24,918 | 0,315 | 7,595 | 1,032 | 1093,7 | 0,0072 |
| 3 | 0,756 | 11,905 | 1,667 | 5,40 | 26,698 | 0,337 | 8,137 | 1,106 | 1171,8 | 0,0077 |
| 3,2 | 0,806 | 12,699 | 1,778 | 5,76 | 28,477 | 0,360 | 8,680 | 1,180 | 1249,9 | 0,0082 |
| 3,4 | 0,857 | 13,492 | 1,889 | 6,12 | 30,257 | 0,382 | 9,222 | 1,253 | 1328,0 | 0,0087 |
| 3,6 | 0,907 | 14,286 | 2,000 | 6,48 | 32,037 | 0,405 | 9,765 | 1,327 | 1406,2 | 0,0092 |
| 3,8 | 0,958 | 15,080 | 2,111 | 6,84 | 33,817 | 0,427 | 10,307 | 1,401 | 1484,3 | 0,0097 |
| 4 | 1,008 | 15,873 | 2,222 | 7,20 | 35 597 | 0,449 | 10,850 | 1,475 | 1562,4 | 0,0102 |
| 4,2 | 1,058 | 16,667 | 2,333 | 7,56 | 37,377 | 0,472 | 11,392 | 1,548 | 1640 5 | 0,0108 |
| 4 4 | 1,109 | 17,461 | 2,444 | 7,92 | 39,156 | 0,494 | 11,935 | 1,622 | 1718,6 | 0,0113 |
| 4,6 | 1,159 | 18,254 | 2,556 | 8 28 | 40,936 | 0,517 | 12,477 | 1,696 | 1796,8 | 0,0118 |
| 4 8 | 1,210 | 19,048 | 2,667 | 8,64 | 42,716 | 0,539 | 13,020 | 1,770 | 1874,9 | 0,0123 |
| 5 | 1,260 | 19,842 | 2,778 | 9,00 | 44,496 | 0,562 | 13,562 | 1,843 | 1953,0 | 0,0128 |
| 5,2 | 1,310 | 20,635 | 2,889 | 9,36 | 46,276 | 0,584 | 14,105 | 1,917 | 2031,1 | 0,0133 |
| 5,4 | 1,361 | 21,429 | 3,000 | 9,72 | 48,056 | 0,607 | 14,647 | 1,991 | 2109,2 | 0,0138 |
| 5,6 | 1,411 | 22,222 | 3,111 | 10,08 | 49.836 | 0,629 | 15,190 | 2,065 | 2187,4 | 0,0143 |
| 5 8 | 1,462 | 23,016 | 3,222 | 10,44 | 51 615 | 0 652 | 15,732 | 2,138 | 2265,5 | 0,0148 |
| 6 | 1 512 | 23,810 | 3,333 | 10,80 | 53,395 | 0,674 | 16,275 | 2 212 | 2343,6 | 0,0154 |
| 6,2 | 1,562 | 24,603 | 3,444 | 11.16 | 55 175 | 0,697 | 16,817 | 2,286 | 2421,7 | 0,0159 |
| 6,4 | 1,613 | 25.397 | 3,556 | 11.52 | 56,955 | 0,719 | 17,360 | 2,359 | 2499,8 | 0,0164 |
| 6,6 | 1,663 | 26,191 | 3,667 | 11 88 | 58.735 | 0,742 | 17,902 | 2,433 | 2578.0 | 0,0169 |
| 6 8 | 1,714 | 26,984 | 3 778 | 12,24 | 60.515 | 0,764 | 18,445 | 2,507 | 2656,1 | 0,0174 |
| 7 | 1 764 | 27,778 | 3 889 | 12,60 | 62,294 | 0,787 | 18,987 | 2,581 | 2734,2 | 0,0179 |
| 7,2 | 1,814 | 28,572 | 4,000 | 12,96 | 64,074 | 0,809 | 19,530 | 2 654 | 2812,3 | 0,0184 |
| 7,4 | 1,865 | 29,365 | 4,111 | 13 32 | 65.854 | 0,832 | 20,072 | 2,728 | 2890.4 | 0,0189 |
| 7 6 | 1,915 | 30.159 | 4,222 | 13 68 | 67,634 | 0,854 | 20,615 | 2,802 | 2968,6 | 0,0195 |
| 7 8 | 1 966 | 30 953 | 4 333 | 14,04 | 69.414 | 0,876 | 21,157 | 2,876 | 3046,7 | 0,0200 |
| 8 | 2,016 | 31,746 | 4 444 | 14,40 | 71,194 | 0,899 | 21,700 | 2.949 | 3124,8 | 0,0205 |
| 8,2 | 2,066 | 32 540 | 4 556 | 14,76 | 72,973 | 0,921 | 22,242 | 3 023 | 3202,9 | 0,0210 |
| 8,4 | 2,117 | 33.334 | 4,667 | 15.12 | 74,753 | 0,944 | 22,785 | 3,097 | 3281,0 | 0,0215 |
| 8,6 | 2,167 | 34,127 | 4.778 | 15.48 | 76,533 | 0,966 | 23,327 | 3,171 | 3359,2 | 0,0220 |
| 8,8 | 2,218 | 34,921 | 4,889 | 15 84 | 78,313 | 0,989 | 23,870 | 3,244 | 3437,3 | 0,0225 |
| 9 | 2,268 | 35,715 | 5.000 | 16,20 | 80,093 | 1,011 | 24 412 | 3,318 | 3515,4 | 0,0230 |
| 9,2 | 2,318 | 36,508 | 5.111 | 16,56 | 81.873 | 1,034 | 24,955 | 3,392 | 3593.5 | 0,0236 |
| 9.4 | 2,369 | 37,302 | 5,222 | 16,92 | 83,652 | 1,056 | 25.497 | 3,465 | 3671,6 | 0,0241 |
| 9,6 | 2.419 | 38.096 | 5,333 | 17,28 | 85.432 | 1,079 | 26 040 | 3,539 | 3749,8 | 0,0246 |
| 9,8 | 2 470 | 38 889 | 5,444 | 17,64 | 87,212 | 1,101 | 26.582 | 3,613 | 3827,9 | 0,0251 |
| 10 | 2.520 | 39.683 | 5.556 | 18,00 | 88.992 | 1.124 | 27 125 | 3 687 | 3906.0 | 0 0256 |

1 BTU/in. = 9,921 10 kcal/m,
1 BTU/sq.ft. °Fh = 4,882 44 kcal/m² °Ch,
1 BTU/ft. °Fh = 1,488 17 kcal/m °Ch,
1 BTU/sq.in. °Fh = 703,07 kcal/m² °Ch,
1 BTU/in. °Fh = 17,858 kcal/m °Ch,

1 kcal/m = 0,100 795 BTU/in.,
1 kcal/m² °Ch = 0,204 82 BTU/sq. ft. °Fh,
1 kcal/m °Ch = 0,671 97 BTU/ft. °Fh,
1 kcal/m² °Ch = 0,001 422 3 BTU/sq.in. °Fh,
1 kcal/m °Ch = 0,055 997 BTU/in. °Fh.

} [1]

**Napomena:** Pri pretvaranju BTU u kcal i obratno treba razlikovati da li se radi o toplotnim jedinicama ili o toplotnoj moći /u odnosu na jedinicu težine). U prvom slučaju važe podaci u drugom i trećem, u drugom slučaju podaci u četvrtom, petom itd. stupcu. BTU odnosi se uvek na °F a kcal na °C.

[1]) Kada se vodi računa o položaju decimalne zapete mogu se tablice 55, 56, 58 i 59 koristiti za pretvaranje brojnih vrednosti.

## Tablica 92. Pretvaranje zapremine gasa pri stalnom pritisku na druge temperature[1])

Brojne vrednosti $\alpha + \alpha t$, $\alpha = 0{,}003\,67$

| t | − 9 | − 8 | − 7 | − 6 | − 5 | − 4 | − 3 | − 2 | − 1 | − 0 | t |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,893 67 | 0,897 24 | 0,900 91 | 0,904 58 | 0,908 25 | 0,911 92 | 0,915 59 | 0,919 26 | 0,922 93 | 0,926 60 | − 20 |
| | 0,930 27 | 0,933 94 | 0,937 61 | 0,941 28 | 0,944 95 | 0,948 62 | 0,952 29 | 0,955 96 | 0,959 63 | 0,963 30 | − 10 |
| | 0,966 97 | 0,970 64 | 0,974 31 | 0,977 98 | 0,981 65 | 0,985 32 | 0,988 99 | 0,992 66 | 0,996 33 | 1,000 00 | 0 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 0 | 1,000 00 | 1,003 67 | 1,007 34 | 1,011 01 | 1,014 68 | 1,018 35 | 1,022 02 | 1,025 69 | 1,029 36 | 1,033 03 | |
| 10 | 1,036 70 | 1,040 37 | 1,044 04 | 1,047 71 | 1,051 38 | 1,055 05 | 1,058 72 | 1,062 39 | 1,066 06 | 1,069 73 | |
| 20 | 1,073 40 | 1,077 07 | 1,080 74 | 1,084 41 | 1,088 08 | 1,091 75 | 1,095 42 | 1,099 09 | 1,102 76 | 1,106 43 | |
| 30 | 1,110 10 | 1,113 77 | 1,117 44 | 1,121 11 | 1,124 78 | 1,128 45 | 1,132 12 | 1,135 79 | 1,139 46 | 1,143 13 | |
| 40 | 1,146 80 | 1,150 47 | 1,154 14 | 1,157 81 | 1,161 48 | 1,165 15 | 1,168 82 | 1,172 49 | 1,176 16 | 1,179 83 | |
| 50 | 1,183 50 | 1,187 17 | 1,190 84 | 1,194 51 | 1,198 18 | 1,201 85 | 1,205 52 | 1,209 19 | 1,212 86 | 1,216 53 | |
| 60 | 1,220 20 | 1,223 87 | 1,227 54 | 1,231 21 | 1,234 88 | 1,238 55 | 1,242 22 | 1,245 89 | 1,249 56 | 1,253 23 | |
| 70 | 1,256 90 | 1,260 57 | 1,264 24 | 1,267 91 | 1,271 58 | 1,275 25 | 1,278 92 | 1,282 59 | 1,286 26 | 1,289 93 | |
| 80 | 1,293 60 | 1,297 27 | 1,300 94 | 1,304 61 | 1,308 28 | 1,311 95 | 1,315 62 | 1,319 29 | 1,322 96 | 1,326 63 | |
| 90 | 1,330 30 | 1,333 97 | 1,337 64 | 1,341 31 | 1,344 98 | 1,348 65 | 1,352 32 | 1,355 99 | 1,359 66 | 1,363 33 | |
| 100 | 1,367 00 | 1,370 67 | 1,374 34 | 1,378 01 | 1,381 68 | 1,385 35 | 1,389 02 | 1,392 69 | 1,396 36 | 1,400 03 | |
| 110 | 1,403 70 | 1,407 37 | 1,411 04 | 1,414 71 | 1,418 38 | 1,422 05 | 1,425 72 | 1,429 39 | 1,433 06 | 1,436 73 | |
| 120 | 1,440 40 | 1,444 07 | 1,447 74 | 1,451 41 | 1,455 08 | 1,458 75 | 1,462 42 | 1,466 09 | 1,469 76 | 1,473 43 | |
| 130 | 1,477 10 | 1,480 77 | 1,484 44 | 1,488 11 | 1,491 78 | 1,495 45 | 1,499 12 | 1,502 79 | 1,506 46 | 1,510 13 | |
| 140 | 1,513 80 | 1,517 47 | 1,521 14 | 1,524 81 | 1,528 48 | 1,532 15 | 1,535 82 | 1,539 49 | 1,543 16 | 1,546 83 | |
| 150 | 1,550 50 | 1,554 17 | 1,557 84 | 1,561 51 | 1,565 18 | 1,568 85 | 1,572 52 | 1,576 19 | 1,579 86 | 1,583 53 | |
| 160 | 1,587 20 | 1,590 87 | 1,594 54 | 1,598 21 | 1,601 88 | 1,605 55 | 1,609 22 | 1,612 89 | 1,616 56 | 1,620 23 | |
| 170 | 1,623 90 | 1,627 57 | 1,631 24 | 1,634 91 | 1,638 58 | 1,642 25 | 1,645 92 | 1,649 59 | 1,653 26 | 1,656 93 | |
| 180 | 1,660 60 | 1,664 27 | 1,667 94 | 1,671 61 | 1,675 28 | 1,678 95 | 1,682 62 | 1,686 29 | 1,689 96 | 1,693 63 | |
| 190 | 1,697 30 | 1,700 97 | 1,704 64 | 1,708 31 | 1,711 98 | 1,715 65 | 1,719 32 | 1,722 99 | 1,726 66 | 1,730 33 | |
| 200 | 1,734 00 | 1,737 67 | 1,741 34 | 1,745 01 | 1,748 68 | 1,752 35 | 1,756 02 | 1,759 69 | 1,763 36 | 1,767 03 | |
| 210 | 1,770 70 | 1,774 37 | 1,778 04 | 1,781 71 | 1,785 38 | 1,789 05 | 1,792 72 | 1,796 39 | 1,800 06 | 1,803 73 | |
| 220 | 1,807 40 | 1,811 07 | 1,814 74 | 1,818 41 | 1,822 08 | 1,825 75 | 1,829 42 | 1,833 09 | 1,836 76 | 1,840 43 | |
| 230 | 1,844 10 | 1,847 77 | 1,851 44 | 1,855 11 | 1,858 78 | 1,862 45 | 1,866 12 | 1,869 79 | 1,873 46 | 1,877 13 | |
| 240 | 1,880 80 | 1,884 47 | 1,888 14 | 1,891 81 | 1,895 48 | 1,899 15 | 1,902 82 | 1,906 49 | 1,910 16 | 1,913 83 | |
| 250 | 1,917 50 | | | | | | | | | | |

[1])Vidi odnosne tablice Berl-a: Chemische Ingenieurtechnik, Berlin 1935, Springer i Landolt-Börnstein: Physikalisch-chemische Tabellen, 5-to izd., Berlin 1923/36, Springer. — Prema ZVDI 76 (1932), (str. 578), je $T = 273{,}16^{\circ} + t$, prema tome je $\alpha = 0{,}003\,660\,8$ i $1 + \alpha t = 1 + 0{,}003\,660\,8\,t$.

**Tablica 93a. Promena zapremine jednog gasa pri stalnom**

$v_2 = v_1\ (273 + t_2)/(273 + t_1)$

| $t_2$ / $t_1$ | − 20 | − 10 | 0 | + 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 253 | 263 | 273 | 283 | 293 | 303 | 313 | 323 | 333 | 343 | 353° |
| − 20° | 1 | 1,0395 | 1 0790 | 1.1186 | 1,1581 | 1,1976 | 1,2371 | 1,2767 | 1,3162 | 1,3557 | 1,3953 |
| − 10 | 0,9620 | 1 | 1,0380 | 1,0760 | 1,1141 | 1,1521 | 1,1901 | 1,2281 | 1,2661 | 1,3042 | 1,3422 |
| 0 | 0,9267 | 0,9634 | 1 | 1,0366 | 1,0733 | 1,1099 | 1,1465 | 1,1832 | 1,2198 | 1,2564 | 1,2930 |
| + 10 | 0,8940 | 0,9293 | 0,9647 | 1 | 1,0353 | 1,0707 | 1,1060 | 1,1413 | 1,1767 | 1,2120 | 1,2473 |
| 20 | 0 8635 | 0,8976 | 0,9317 | 0,9659 | 1 | 1,0341 | 1,0682 | 1,1024 | 1,1365 | 1,1706 | 1,2048 |
| 30 | 0,8350 | 0,8680 | 0,9010 | 0,9340 | 0,9670 | 1 | 1,0330 | 1,0660 | 1,0990 | 1,1320 | 1,1650 |
| 40 | 0,8083 | 0,8403 | 0,8722 | 0,9042 | 0,9361 | 0,9681 | 1 | 1,0320 | 1,0639 | 1,0958 | 1,1278 |
| 50 | 0,7833 | 0,8143 | 0,8452 | 0,8762 | 0,9071 | 0,9381 | 0,9690 | 1 | 1,0310 | 1,0619 | 1,0929 |
| 60 | 0,7598 | 0,7898 | 0,8198 | 0,8499 | 0,8799 | 0,9099 | 0,9399 | 0,9700 | 1 | 1,0300 | 1,0601 |
| 70 | 0,7376 | 0,7668 | 0,7959 | 0,8251 | 0,8542 | 0,8834 | 0,9125 | 0,9417 | 0,9709 | 1 | 1,0292 |
| 80 | 0,7167 | 0,7451 | 0,7734 | 0,8017 | 0,8300 | 0,8584 | 0,8866 | 0,9150 | 0,9433 | 0,9717 | 1 |
| 90 | 0,6970 | 0,7245 | 0,7521 | 0 7796 | 0,8072 | 0,8347 | 0,8622 | 0,8898 | 0,9173 | 0,9449 | 0,9724 |
| 100 | 0,6783 | 0,7051 | 0,7319 | 0,7587 | 0,7855 | 0,8123 | 0,8391 | 0,8659 | 0,8928 | 0,9196 | 0,9464 |
| 110 | 0,6606 | 0,6867 | 0,7128 | 0,7389 | 0,7650 | 0,7911 | 0,8172 | 0,8433 | 0,8694 | 0,8956 | 0,9217 |
| 120 | 0,6438 | 0,6692 | 0,6947 | 0,7201 | 0,7456 | 0,7710 | 0,7964 | 0,8219 | 0,8473 | 0,8728 | 0,8982 |
| 130 | 0,6278 | 0,6526 | 0,6774 | 0,7022 | 0,7271 | 0,7518 | 0,7767 | 0,8015 | 0,8263 | 0,8511 | 0 8759 |
| 140 | 0,6126 | 0,6368 | 0,6610 | 0,6852 | 0,7095 | 0,7337 | 0,7579 | 0,7821 | 0,8063 | 0,8305 | 0,8547 |
| 150 | 0,5981 | 0,6218 | 0 6454 | 0,6690 | 0,6927 | 0,7163 | 0,7400 | 0,7636 | 0,7872 | 0,8109 | 0,8345 |
| 160 | 0,5843 | 0,6074 | 0,6305 | 0,6536 | 0,6767 | 0,6998 | 0,7229 | 0,7460 | 0,7690 | 0,7921 | 0,8152 |
| 170 | 0,5711 | 0,5937 | 0,6163 | 0,6388 | 0,6614 | 0,6840 | 0,7066 | 0,7291 | 0,7517 | 0,7743 | 0,7968 |
| 180 | 0,5585 | 0 5806 | 0,6026 | 0,6247 | 0,6468 | 0,6689 | 0,6909 | 0,7130 | 0,7351 | 0,7572 | 0,7792 |
| 190 | 0,5464 | 0,5680 | 0,5896 | 0,6112 | 0,6328 | 0,6544 | 0,6760 | 0,6976 | 0,7192 | 0,7408 | 0,7624 |
| 200° | 0 5349 | 0,5560 | 0,5772 | 0,5983 | 0,6143 | 0,6406 | 0,6617 | 0,6829 | 0,7040 | 0,7252 | 0,7463 |

Brojna vrednost zapremine $v_2$ za krajnju temperaturu $t_2$ nalazi se u krajnju temperaturu $t_2$. Na pr., brojna vrednost krajnje zapremine 1 m³ talnog reda 100 sa stupcem 20; $v_2 = 0{,}785\ 5$ m³ Ako je početna temperatura horizontalnog reda 20 sa stupcem 100, 1 m³ povećao je zapreminu na Brojna vrednost za krajnje stanje nalazi se u horizontalnom redu za p o m e n u na str. 1490.

**Tablica 93b. Promena zapremine jednog gasa pri stalnoj**

$v_2 = v_1\ p_1/p_2$, $p_1$ i $p_2$

| $p_1$ / $p_2$ | 650 | 660 | 670 | 680 | 690 | 700 | 710 | 720 | 730 | 740 | 750 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 650 mm QS | 1 | 0,985 | 0 971 | 0 956 | 0,942 | 0,929 | 0,915 | 0,903 | 0,890 | 0,878 | 0,867 |
| 660 | 1,015 | 1 | 0,985 | 0,971 | 0,957 | 0,943 | 0,930 | 0,917 | 0,904 | 0,892 | 0,880 |
| 670 | 1,031 | 1,015 | 1 | 0,985 | 0 971 | 0,957 | 0,944 | 0,931 | 0,918 | 0 905 | 0,893 |
| 680 | 1 046 | 1,030 | 1,015 | 1 | 0 986 | 0 971 | 0,958 | 0 944 | 0,932 | 0,919 | 0,907 |
| 690 | 1,062 | 1,045 | 1,030 | 1,015 | 1 | 0,986 | 0,972 | 0,958 | 0,945 | 0 932 | 0,920 |
| 700 | 1,077 | 1,061 | 1,045 | 1,029 | 1 014 | 1 | 0,986 | 0 972 | 0,959 | 0 946 | 0,933 |
| 710 | 1,092 | 1,076 | 1 060 | 1 044 | 1,029 | 1 014 | 1 | 0,986 | 0 973 | 0,959 | 0 947 |
| 720 | 1,108 | 1,091 | 1,075 | 1,059 | 1,043 | 1,029 | 1,014 | 1 | 0 986 | 0,973 | 0,960 |
| 730 | 1,123 | 1,106 | 1,090 | 1,074 | 1,058 | 1,043 | 1,028 | 1,014 | 1 | 0,986 | 0,973 |
| 740 | 1,138 | 1,121 | 1,105 | 1,088 | 1,072 | 1,057 | 1,042 | 1,028 | 1,014 | 1 | 0,987 |
| 750 | 1 154 | 1,136 | 1,119 | 1,103 | 1,087 | 1,072 | 1,056 | 1,042 | 1,027 | 1,014 | 1 |
| 760 | 1,169 | 1,152 | 1,134 | 1,118 | 1,101 | 1,086 | 1,070 | 1 056 | 1,041 | 1 027 | 1,013 |
| 770 | 1,185 | 1,167 | 1,149 | 1,132 | 1,116 | 1,100 | 1 084 | 1,069 | 1,055 | 1,041 | 1,027 |
| 780 | 1,200 | 1,182 | 1,164 | 1,147 | 1,130 | 1,114 | 1,099 | 1,083 | 1,068 | 1,054 | 1,040 |
| 790 | 1,215 | 1,197 | 1,179 | 1,162 | 1,145 | 1,129 | 1,113 | 1,097 | 1,082 | 1,068 | 1,053 |
| 800 | 1,231 | 1,212 | 1,194 | 1,176 | 1,159 | 1,143 | 1,127 | 1,111 | 1,096 | 1 081 | 1,067 |
| 810 | 1,246 | 1,227 | 1,209 | 1,191 | 1,174 | 1,157 | 1,141 | 1,125 | 1,110 | 1,095 | 1,080 |
| 820 | 1,262 | 1,242 | 1 224 | 1,206 | 1,188 | 1,171 | 1,155 | 1,139 | 1,123 | 1,108 | 1,093 |
| 830 | 1,277 | 1,258 | 1,239 | 1,221 | 1,203 | 1,186 | 1 169 | 1,153 | 1,137 | 1,122 | 1,107 |
| 840 | 1,292 | 1,273 | 1,254 | 1,235 | 1,217 | 1,200 | 1,183 | 1,167 | 1,151 | 1,135 | 1,120 |
| 850 | 1,308 | 1,288 | 1,269 | 1,250 | 1,232 | 1,214 | 1,197 | 1,181 | 1,164 | 1,149 | 1,133 |
| 860 | 1,323 | 1,303 | 1,284 | 1,265 | 1 246 | 1,229 | 1 211 | 1 194 | 1,178 | 1,162 | 1,147 |

Brojna vrednost krajnje zapremine $v_2$ za krajnji pritisak $p_2$ nalazi krajnji pritisak $p_2$. Na pr., brojna vrednost krajnje zapremine 1 m³ pri seku horizontalnog reda 800 sa stubcem 720; $v_2 = 1{,}111$ m³. Ako je početni premine nalazi se u preseku horizontalnog reda 720 sa stupcem 800; zatežine treba postupiti obrnuto. Brojna vrednost za krajnje stanje nalazi — Vidi i n a p o m e n u na str. 1490.

**pritisku ali raznim temperaturama (Brojne vrednosti $T_2/T_1$)**
$= v_1\ T_2/T_1.\ v_1 = 1$

| 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 363 | 373 | 383 | 393 | 403 | 413 | 423 | 433 | 443 | 453 | 463 | 473° |
| 1,4348 | 1,4743 | 1,5138 | 1,5534 | 1,5929 | 1,6324 | 1,6719 | 1,7115 | 1,7510 | 1,7905 | 1,8300 | 1,8696 |
| 1,3802 | 1,4182 | 1,4563 | 1,4943 | 1,5323 | 1,5703 | 1,6083 | 1,6464 | 1,6844 | 1,7224 | 1,7604 | 1,7985 |
| 1,3297 | 1,3663 | 1,4029 | 1 4396 | 1,4762 | 1,5128 | 1,5495 | 1,5861 | 1,6227 | 1,6594 | 1,6960 | 1,7326 |
| 1,2827 | 1,3180 | 1,3533 | 1,3887 | 1 4240 | 1,4594 | 1,4947 | 1,5300 | 1,5653 | 1,6007 | 1,6360 | 1,6714 |
| 1,2389 | 1,2730 | 1,3072 | 1,3413 | 1,3754 | 1,4095 | 1,4437 | 1,4778 | 1,5119 | 1,5461 | 1,5802 | 1,6143 |
| 1,1980 | 1,2310 | 1,2640 | 1,2970 | 1,3300 | 1,3630 | 1,3960 | 1,4290 | 1,4620 | 1,4950 | 1,5281 | 1,5611 |
| 1,1598 | 1,1917 | 1,2237 | 1,2556 | 1,2876 | 1,3195 | 1,3515 | 1,3834 | 1,4153 | 1,4473 | 1,4793 | 1,5112 |
| 1,1239 | 1,1548 | 1,1858 | 1,2167 | 1,2477 | 1,2786 | 1,3096 | 1,3406 | 1,3715 | 1,4025 | 1,4334 | 1,4644 |
| 1,0901 | 1,1201 | 1,1502 | 1,1802 | 1,2102 | 1 2403 | 1 2703 | 1,3003 | 1,3303 | 1,3604 | 1,3904 | 1,4204 |
| 1,0583 | 1,0875 | 1,1166 | 1,1458 | 1,1750 | 1 2041 | 1,2332 | 1,2624 | 1,2915 | 1,3207 | 1 3499 | 1,3790 |
| 1,0283 | 1,0567 | 1,0850 | 1,1133 | 1,1417 | 1,1700 | 1,1983 | 1,2266 | 1,2550 | 1,2833 | 1,3116 | 1,3400 |
| 1 | 1,0275 | 1,0551 | 1 0826 | 1 1102 | 1,1377 | 1,1653 | 1,1928 | 1,2204 | 1,2479 | 1,2755 | 1,3030 |
| 0,9732 | 1 | 1,0268 | 1 0536 | 1,0804 | 1,1072 | 1,1340 | 1,1609 | 1,1876 | 1,2145 | 1,2413 | 1,2681 |
| 0,9478 | 0 9739 | 1 | 1,0261 | 1,0522 | 1,0783 | 1,1044 | 1,1306 | 1,1566 | 1,1828 | 1,2089 | 1,2350 |
| 0,9237 | 0,9491 | 0,9746 | 1 | 1,0255 | 1,0509 | 1,0763 | 1,1018 | 1,1272 | 1,1527 | 1,1781 | 1,2036 |
| 0,9007 | 0,9256 | 0,9504 | 0,9752 | 1 | 1,0248 | 1,0496 | 1,0744 | 1,0992 | 1,1241 | 1,1489 | 1,1737 |
| 0,8789 | 0,9032 | 0,9274 | 0,9516 | 0,9758 | 1 | 1,0242 | 1,0484 | 1,0726 | 1,0969 | 1,1211 | 1,1453 |
| 0,8582 | 0,8818 | 0,9054 | 0,9291 | 0,9527 | 0,9764 | 1 | 1,0236 | 1,0473 | 1,0709 | 1,0946 | 1,1182 |
| 0,8383 | 0,8614 | 0,8845 | 0 9076 | 0,9307 | 0,9538 | 0,9769 | 1 | 1,0231 | 1,0462 | 1,0693 | 1,0924 |
| 0,8194 | 0,8420 | 0,8646 | 0,8871 | 0,9097 | 0,9323 | 0,9549 | 0,9774 | 1 | 1,0226 | 1,0452 | 1,0677 |
| 0,8013 | 0,8234 | 0,8455 | 0 8675 | 0,8896 | 0,9117 | 0,9338 | 0,9559 | 0 9779 | 1 | 1,0221 | 1,0442 |
| 0,7840 | 0 8056 | 0,8272 | 0,8488 | 0,8704 | 0,8920 | 0,9136 | 0,9352 | 0,9568 | 0,9784 | 1 | 1,0216 |
| 0,7674 | 0,7886 | 0,8097 | 0,8309 | 0,8520 | 0,8732 | 0,8943 | 0,9155 | 0,9366 | 0,9577 | 0,9789 | 1 |

preseku horizontalnog reda za početnu temperaturu $t_1$ sa stupcem za ri promeni temperature od $t_1 = 100°$ na $20°$ nalazi se u preseku horizon-0° a krajnja 100°, brojna vrednost krajnje zapremine nalazi se u preseku ,273 0 m³. — Pri određivanju specifične težine treba postupiti obrnuto. krajnju temperaturu a u stupcu za početnu temperaturu. — Vidi i na-

**emperaturi ali raznim pritiscima (Brojne vrednosti $p_1/p_2$)**
i mm Hg. $v_1 = 1$

| 760 | 770 | 780 | 790 | 800 | 810 | 820 | 830 | 840 | 850 | 860 mm QS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,855 | 0,844 | 0,833 | 0,823 | 0,813 | 0,803 | 0,793 | 0,783 | 0,774 | 0,765 | 0,756 |
| 0,868 | 0,857 | 0,846 | 0,835 | 0,825 | 0,815 | 0,805 | 0,795 | 0,786 | 0,777 | 0,767 |
| 0,882 | 0,870 | 0,859 | 0,848 | 0,838 | 0,827 | 0,817 | 0,807 | 0,798 | 0,788 | 0 779 |
| 0,895 | 0,883 | 0,872 | 0,861 | 0,850 | 0 840 | 0,829 | 0,819 | 0,810 | 0,800 | 0,791 |
| 0,908 | 0,896 | 0,885 | 0,873 | 0 863 | 0,852 | 0 841 | 0,831 | 0,821 | 0,812 | 0,802 |
| 0,921 | 0,909 | 0,897 | 0 886 | 0 875 | 0,864 | 0,854 | 0,843 | 0,833 | 0,824 | 0,814 |
| 0,934 | 0,922 | 0,910 | 0,899 | 0 888 | 0,877 | 0,866 | 0,855 | 0,845 | 0,835 | 0,826 |
| 0,947 | 0 935 | 0,923 | 0,911 | 0,900 | 0,889 | 0 878 | 0,867 | 0 857 | 0,847 | 0,837 |
| 0,961 | 0,948 | 0,936 | 0,924 | 0,913 | 0,901 | 0,890 | 0,880 | 0,869 | 0,859 | 0,849 |
| 0,974 | 0,961 | 0,949 | 0,937 | 0 925 | 0,914 | 0,902 | 0,892 | 0,881 | 0,871 | 0,860 |
| 0,987 | 0,974 | 0,962 | 0,949 | 0,938 | 0,926 | 0,915 | 0,904 | 0,893 | 0,882 | 0,872 |
| 1 | 0,987 | 0,974 | 0,962 | 0,950 | 0,938 | 0,927 | 0,916 | 0,905 | 0,894 | 0,884 |
| 1,013 | 1 | 0,987 | 0,975 | 0,963 | 0,951 | 0,939 | 0 928 | 0,917 | 0,906 | 0,895 |
| 1,026 | 1,013 | 1 | 0,987 | 0,975 | 0 963 | 0,951 | 0,940 | 0,929 | 0,918 | 0,907 |
| 1,039 | 1,026 | 1,013 | 1 | 0,988 | 0,975 | 0,963 | 0,952 | 0,940 | 0,929 | 0,919 |
| 1,053 | 1,039 | 1 026 | 1,013 | 1 | 0,988 | 0,976 | 0,964 | 0,952 | 0,941 | 0,930 |
| 1,066 | 1,052 | 1,038 | 1,025 | 1,013 | 1 | 0,988 | 0,976 | 0,964 | 0,953 | 0,942 |
| 1,079 | 1,065 | 1,051 | 1,038 | 1,025 | 1,012 | 1 | 0,988 | 0,976 | 0,965 | 0,953 |
| 1 092 | 1,078 | 1,064 | 1,051 | 1,038 | 1,025 | 1,012 | 1 | 0,988 | 0,976 | 0,965 |
| 1,105 | 1,091 | 1,077 | 1,063 | 1,050 | 1,037 | 1,024 | 1,012 | 1 | 0,988 | 0,977 |
| 1,118 | 1,104 | 1,090 | 1,076 | 1,063 | 1,049 | 1,037 | 1,024 | 1 012 | 1 | 0,988 |
| 1,132 | 1,117 | 1 103 | 1 089 | 1,075 | 1,062 | 1,049 | 1,036 | 1,024 | 1,012 | 1 |

e u preseku horizontalnog reda za početni pritisak $p_1$ sa stupcem za romeni pritiska od $p_1 = 800$ mm Hg na $p_2 = 720$ mm Hg nalazi se u pre-ritisak 720 mm Hg a krajnji 800 mm Hg, brojna vrednost krajnje za-remina 1 m³ se smanjuje na $v_2 = 0{,}900$ m³. — Pri određivanju specifične e u horizontalnom redu za krajnji pritisak a u stupcu za početni pritisak.

Napomena uz tablice 93 a i b vidi na str. 1490.

**Napomena uz tablice 93 a i b**: Za izračunavanje promene zapremine pri promeni pritiska i temperature treba u tablicama 93 a i b naći prvo brojnu vrednost samo usled promene pritiska i onu usled promene samo temperature, pa nađene brojeve pomnožiti; dobiveni proizvod određuje onda brojnu vrednost celokupne promene zapremine. Na pr., treba izračunati promenu zapremine 1 m³ gasa od početnog stanja 90° i 750 mm Hg do stanja 50° i 700 mm Hg. Promena zapremine samo usled promene temperature iznosi, prema tablici 93 a: 0,8898, a samo usled promene pritiska, iz tablice 93 b: 1,072. Dakle, celokupna promena: $0{,}889\,8 \cdot 1{,}072 = 0{,}953\,9$ m³.

## Tablica 94. Brojne vrednosti za $1/(1+\alpha t)$

| t | − 9 | − 8 | − 7 | − 6 | − 5 | − 4 | − 3 | − 2 | − 1 | 0 | t |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1,119 11 | 1,114 53 | 1,109 99 | 1,105 49 | 1,101 01 | 1,096 58 | 1,092 19 | 1,087 83 | 1,083 50 | 1,079 22 | − 20 |
| | 1,074 95 | 1,070 73 | 1,066 55 | 1,062 38 | 1,058 25 | 1,054 17 | 1,050 10 | 1,046 07 | 1,042 08 | 1,038 10 | − 10 |
| | 1,034 17 | 1,030 24 | 1,026 36 | 1,022 52 | 1,018 68 | 1,014 89 | 1,011 14 | 1,007 40 | 1,003 69 | 1,000 00 | 0 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 0 | 1,000 00 | 0,996 34 | 0,992 71 | 0,989 11 | 0,985 53 | 0,981 98 | 0,978 45 | 0,974 95 | 0,971 48 | 0,968 03 | |
| 10 | 0,964 60 | 0,961 20 | 0,957 82 | 0,954 46 | 0 951 13 | 0,947 82 | 0,944 54 | 0,941 27 | 0,938 03 | 0 934 82 | |
| 20 | 0,931 62 | 0 928 45 | 0,925 29 | 0,922 16 | 0,919 05 | 0,915 96 | 0,912 89 | 0,909 84 | 0 906 82 | 0,903 81 | |
| 30 | 0,900 82 | 0,897 85 | 0,894 90 | 0,891 97 | 0,889 06 | 0,886 17 | 0,883 30 | 0,880 44 | 0,877 61 | 0,874 79 | |
| 40 | 0,871 99 | 0,869 21 | 0,866 45 | 0,863 70 | 0,860 97 | 0,858 26 | 0,855 56 | 0,852 89 | 0,850 22 | 0,847 58 | |
| 50 | 0,844 95 | 0,842 34 | 0,839 74 | 0,837 16 | 0,834 60 | 0,832 05 | 0,829 52 | 0,827 00 | 0,824 50 | 0,822 01 | |
| 60 | 0,819 54 | 0 817 08 | 0,814 64 | 0,812 21 | 0,809 80 | 0,807 40 | 0,805 01 | 0,802 64 | 0,800 28 | 0,797 94 | |
| 70 | 0,795 61 | 0,793 29 | 0,790 99 | 0,788 70 | 0,786 42 | 0,784 16 | 0,781 91 | 0,779 67 | 6,777 45 | 0,775 24 | |
| 80 | 0,773 04 | 0,770 85 | 0,768 67 | 0,766 51 | 0,764 36 | 0,762 22 | 0,760 10 | 0,757 98 | 0,755 88 | 0,753 79 | |
| 90 | 0,751 71 | 0,749 64 | 0,747 59 | 0,745 54 | 0,743 51 | 0,741 48 | 0,739 47 | 0,737 47 | 0,735 48 | 0,733 50 | |
| 100 | 0,731 53 | 0,729 57 | 0,727 62 | 0,725 68 | 0,723 76 | 0,721 84 | 0,719 93 | 0,718 03 | 0,716 14 | 0,714 27 | |
| 110 | 0,712 41 | 0,710 55 | 0,708 70 | 0,706 85 | 0,705 03 | 0,703 22 | 0,701 41 | 0,699 60 | 0,697 81 | 0,696 02 | |
| 120 | 0,694 25 | 0,692 49 | 0,690 73 | 0,688 99 | 0,687 25 | 0,685 52 | 0,683 80 | 0,682 09 | 0,680 39 | 0 678 69 | |
| 130 | 0,677 00 | 0,675 32 | 0,673 65 | 0,671 99 | 0,670 35 | 0,668 70 | 0,667 05 | 0,665 43 | 0,663 81 | 0,662 20 | |
| 140 | 0,660 59 | 0,658 99 | 0,657 40 | 0,655 81 | 0,654 24 | 0,652 68 | 0,651 12 | 0,649 56 | 0,648 02 | 0,646 49 | |
| 150 | 0,644 96 | 0,643 43 | 0,641 92 | 0,640 41 | 0,638 91 | 0,637 41 | 0,635 92 | 0,634 44 | 0,632 97 | 0,631 50 | |
| 160 | 0,630 04 | 0,628 59 | 0,627 13 | 0,625 71 | 0,624 27 | 0,622 85 | 0,621 41 | 0,620 01 | 0,618 60 | 0,617 19 | |
| 170 | 0 615 80 | 0,614 41 | 0,613 03 | 0,611 65 | 0,610 28 | 0,608 92 | 0,607 56 | 0,606 21 | 0,604 87 | 0 603 53 | |
| 180 | 0,602 20 | 0,600 87 | 0,599 54 | 0 598 22 | 0,596 91 | 0,595 61 | 0,594 31 | 0,593 02 | 0,591 73 | 0,590 45 | |
| 190 | 0,589 17 | 0,587 90 | 0,586 63 | 0,585 37 | 0,584 12 | 0,582 87 | 0,581 63 | 0,580 39 | 0,579 15 | 0,577 92 | |
| 200 | 0,576 70 | 0,575 48 | 0,574 27 | 0,573 06 | 0 571 86 | 0,570 66 | 0,569 47 | 0,568 28 | 0,567 10 | 0,565 92 | |
| 210 | 0 564 75 | 0,563 58 | 0,562 42 | 0,561 26 | 0,560 11 | 0,558 96 | 0,557 81 | 0,556 67 | 0,555 53 | 0,554 41 | |
| 220 | 0,553 28 | 0,552 16 | 0,551 05 | 0,549 93 | 0,548 82 | 0 547 72 | 0,546 63 | 0,545 53 | 0,544 44 | 0,543 35 | |
| 230 | 0,542 27 | 0,541 19 | 0,540 12 | 0,539 05 | 0,537 99 | 0,536 93 | 0,535 87 | 0,534 82 | 0,533 77 | 0,532 73 | |
| 240 | 0,531 69 | 0,530 65 | 0,529 62 | 0,528 59 | 0,527 57 | 0,526 55 | 0,525 54 | 0,524 52 | 0,523 52 | 0,522 51 | |
| 250 | 0,521 51 | | | | | | | | | | |

| | Danska | Norveška | Švedska | Finska | Poljska | Češka | Nemačka |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A a | Aa aa kratko | — | — | — | — ą nazalno o (kao franc. on) | — | A a |
| B b | — | — | — | — | — | — | B b |
| C c | — | see | se | — | C c — ć | C c Č č | C c |
| D d | — | — | — | — | — | — d dj | D d |
| E e | — | — | — | eu eu, 2 glasa jedan slog | ę — nazalno e (kao franc. in) | — č je | E e |
| F f | — | — | — | — | — | — | F f |
| G g | — | — | ge (je) | — | — | — | G g |
| H h | — | ho kratko | ho | znak za duljenje | — | — | H h |
| I i | — | — | — | — | — | — | I i |
| J j | — | — | ji | — | — | — | J j |
| K k | — | ko kratko | ko | — | — | — | K k |
| L l | — | — | — | — | Ł ł tupo l (kao kratko nenaglašeno u) | — | L l |
| M m | — | — | — | — | — | — | M m |
| N n | — | — | — | — | — n nj | — ň nj | N n |
| O o | — | u | u | — | — | — | O o |
| P p | — | — | — | — | — | — | P p |
| Q q | — | — | kü | — | — | | Q q |
| R r | — | — | — | — | — | — ř rž | R r |
| S s | — | — | — | — s oštro | — Ś ś kao h (u kruh) | — š | S s |

| | Danska | Norveška | Švedska | Finska | Poljska | Češka | Nemačka |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T t | — | — | — | — | — | ť tj | 𝔗 𝔱 |
| U u | — | između u i ü | ü | — | u | u<br>ů u | 𝔘 𝔲 |
| V v | — | w | w | w | — | v | 𝔙 𝔳 |
| W w | — | w, „dobbelt v" | w, samo u prezimenima | — | w | — | 𝔚 𝔴 |
| X x | — | — | eks | — | — | Poslednje slovo u abecedi | 𝔛 𝔵 |
| Y y | — | ü | ü | ü | y | — | 𝔜 𝔶 |
| Z z | — | zet | zeta | — | — | z meko | 𝔷 ſʒ ß |
| | Æ æ ä<br>Ø ø ö | Æ æ ä<br>Ö (Ø) ö (ø) ö<br>Å (Aa) å (āa)<br>āa kao ö | A å ō<br>Ä ä ä<br>Ö ö ö | å ō<br>ä ä<br>ö ö<br>Dužine se daju uvek udvajanjem, i kod konsonanata | Ź ź ž<br>Ż ż z | ž Dugi vokali<br>á, é, í, ó, ú, ý | 𝔗 𝔱 𝔷 𝔰<br>𝔘 𝔲 𝔘 𝔴<br>𝔙 𝔳<br>𝔚 𝔴<br>𝔛 𝔵<br>𝔜 𝔶<br>𝔷 𝔷 |

## Abecede — azbuke — alfabete nekih evropskih jezika

| | Mađarska | Rumunska | Slovenačka | Hrvatska | Srpska | Bugarska | Ruska | Grčka |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A a | — | Ă ă zatvoreno ă | — | — | А а | — | А а | Α α alfa |
| | Á á | — â a, grleni glas | | | Б б | — | Б б | Β β beta |
| B b | — | — | — | — | В в | — | В в | |
| C c | — | C c č | — | — | Г г | — | Г г | Γ γ gama |
| | Cs cs č | ispred e ili i | Č č | Č č | Д д | — | Д д | Δ δ delta |
| | | inače kao k | | Ć ć | Ђ ђ | | Е е (je) | Ε ε epsilon |
| D d | — | — | — | — | Е е | — | Ж ж | Ζ ζ zeta |
| | | | | Dž dž | Ж ж | — | З з | Η η eta |
| | | | | Đ đ | З з | — | И и | Θ ϑ, theta |
| E e | — | — | — | — | И и | — | Й й (j) | Ι ι jota |
| | É é | | | | Ј ј | Й й j | К к | Κ κ kapa |
| F f | — | — | — | — | К к | — | Л л | Λ λ lambda |
| G g | — | kao naše g, pred | — | — | Л л | — | М м | Μ μ mi |
| | | a, o, u; meko | | | Љ љ | | Н н | Ν ν ni |
| | | kao d ispred | | | М м | — | О о | Ξ ξ ksi |
| | | i i e | | | Н н | — | П п | Ο ο omikron |
| | | gh = g ispred i | | | Њ њ | | Р р | Π π pi |
| | gy đ | i e | | | О о | — | С с | Ρ ρ ro |
| H h | — | — | — | — | П п | — | Т т | Σ σ, ς sigma |
| I i | — | kratko i na | — | — | Р р | — | У у | |
| | | kraju reči, | | | С с | — | Ф ф | |
| | | inače lako ie, | | | Т ћ | — | Х х | |
| | Í í | Î î grleni glas | | | Ћ ћ | | Ц ц | |
| J j | — | meko ž | — | — | У у | У у | Ч ч | |
| K k | — | samo u tudim | — | — | | | | |
| | | rečima i prezi- | | | | | | |
| | | menima | | | | | | |
| L l | — | — | — | — | | | | |
| | Ly ly lj | | | Lj lj | | | | |

| | Mađarska | Rumunska | Slovenačka | Hrvatska | Srpska | Bugarska | Ruska | Grčka |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M m | — | — | — | — | У у | Ф ф | Ш ш | Τ τ tau |
| N n | — | — | — | — | Ф ф | Х х | Щ щ šč | Υ υ ipsilon |
| | ny nj | | | Nj nj | Х х | Ц ц | ъ tvrdo jer | Φ φ fi |
| O o | — | — | — | — | Ц ц | Ч ч | ы zatvor. i | Χ χ hi |
| | Ó ó duljeno | | | | Ч ч | Ш ш | ь meko jer | Ψ ψ psi |
| | Ö ö kratko | | | | Џ џ | Щ щ št | Э э e | Ω ω omega |
| | Ő ő duljeno | | | | Ш ш | ъ tvrdo jer | Ю ю ju | |
| P p | — | — | — | — | | ь meko jer | Я я ja | |
| Q q | samo u tuđim rečima | samo u tuđim rečima i prezimenima | | | | Ѣ ѣ je dvojno | | |
| R r | — | — | — | — | | Ю ю ju | | |
| S s | š | — | — | — | | Я я ja | | |
| | sz z, oštro | Ş ş š | Š š | — | | | | |
| T t | — | — | — | — | | | | |
| | Ty ty tj | Ţ ţ | | | | | | |
| U u | u | u | — | — | | | | |
| | Ú ú duljeno | | | | | | | |
| | Ü ü kratko | | | | | | | |
| | Ű ű duljeno | | | | | | | |
| V v | — | — | — | — | | | | |
| W w | w, samo u tuđim rečima | samo u tuđim rečima i prezimenima | | | | | | |
| X x | — | — | | | | | | |
| Y y | samo u tuđim rečima | samo u tuđim rečima i prezimenima | | | | | | |
| Z z | z meko | meko z | — | — | | | | |
| | Zs Dugi vokali | | | | | | | |
| | á, é, í, ó, ú | | Ž ž | — | | | | |

## B. Morse-ovi znaci*)

Od tačaka i crtica obrazuju se znakovi za slova, brojeve, interpunkcije i ostale pravopisne znakove i kratice. Rastojanja i dužine znakova: a) dužina crtice jednaka je trima tačkama; b) razmak između znakova jednog istog slova jednak je jednoj tački; c) razmak između dva slova jednak je trima tačkama; d) razmak između dve reči iznosi sedam tačaka.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| a · — | f · · — · | nj — — · — — | v · · · — | 6 — · · · · |
| ä · — · — | g — — · | o — — — | w · — — | 7 — — · · · |
| å · — — · — | h · · · · | ö — — — · | x — · · — | 8 — — — · · |
| b — · · · | ch — — — — | p · — — · | y — · — — | 9 — — — — · |
| c — · — · | i · · | q — — · — | z — — · · | 0 — — — — — |
| č — · — — · | j · — — — | r · — · | ž — — · · — | . · · · · · · |
| ć — · — · · | k — · — | s · · · | 1 · — — — — | , · — · — · — |
| d — · · | l · — · · | š — — — · — | 2 · · — — — | ; — · — · — · |
| dž — — · — · | lj · — — — · | t — | 3 · · · — — | : — — — · · · |
| đ — · · — — | m — — | u · · — | 4 · · · · — | ? · · — — · · |
| e · | n — · | ü · · — — | 5 · · · · · | ! — — · · — — |
| é · · — · · | | | | |

# V. Zakonski propisi za zaštitu industriske svojine

Obradio**) Patentanwalt Dipl.-Ing. Gerhard W. Schmidt, Berlin

### a) Međunarodna Unija za zaštitu industriske svojine

(Izvod iz odredaba)

Ugovarajuće zemlje sačinjavaju Savez za zaštitu industriske svojine. (Ovom Savezu pripadalo je na dan 1 januara 1953 g. 44 država).

Pripadnici svake od zemalja ugovornica uživaće u svim drugim zemljama Saveza, ukoliko se tiče zaštite industriske svojine, koristi koje odgovarajući zakoni daju svojim podanicima. (Industriska svojina obuhvata: patente, modele za iskorišćavanje, industriske uzorke i modele, fabričke i trgovačke žigove).

Pripadnici zemalja ugovornica, koji su u jednoj od ovih zemalja ispravno podneli molbu za patent, za model za iskorišćavanje, za industriski uzorak ili model, uživaće prilikom podnošenja iste molbe u drugim zemljama pravo prvenstva prve prijave, ako je molba podneta za vreme niže određenih rokova. Rokovi u kojima treba podneti molbu za priznanje prava prvenstva su:

a) za patente i modele za iskorišćavanje 12 meseci;

b) za industriske uzorke i modele 6 meseci.

Ovi rokovi počinju da teku od datuma podnošenja prve prijave u jednoj zemlji Saveza. Kogod bi hteo da se koristi pravom prvenstva ranije izvršene prijave, dužan je da u docnijoj prijavi podnese izjavu o traženju priznanja prava prvenstva sa naznačenjem datuma i zemlje u kojoj je prva prijava podneta. Zemlje ugovornice moći će zahtevati od onoga koji podnosi zahtev za priznanje prava prvenstva, da priloži prepis prijave (opisa i nacrta) prvo podnete prijave, overen od administracije dotične zemlje (dokument o pravu prvenstva).

Većina zemalja dopušta da se pravo prvenstva za prijavu patenta osniva na prijavi modela za iskorišćavanje u zemlji porekla i obrnuto.

*) Dopunjeno prema »Uputstvu za telegrafsku službu« Generalne direkcije pošta, telegrafa i telefona. Beograd 1955, str. 46 do 47.

**) Savremenom stanju saobrazio i dopunio ing. Franc Oblak, savetnik Saveznog ureda za patente. Beograd.

Neke zemlje ne priznaju pravo prvenstva u slučaju, da je pripadnik te zemlje podneo prvu prijavu u nekoj drugoj zemlji a ne u sopstvenoj. Jugoslavija kao i većina drugih zemalja priznaje pravo prvenstva na osnovu prve u drugim zemljama izvršene prijave.

Za obavezno iskorišćavanje patenta određen je najmanji rok od 3 godine, koji u većini zemalja počinje od dana izdavanja patenta.

## b) Važnije odredbe inostranih zakona o patentima

U svima državama važi propis, da inostrani prijavilac podnosi prijavu za zaštitu pronalaska preko ovlašćenog zastupnika u dotičnoj zemlji. Sledeći podaci pokazuju stanje na dan 1 januara 1953. god.

**Austrija** (Unija). Osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta **18 godina** računajući od dana objave patentne prijave. Dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim. Vrši se prethodno ispitivanje u pogledu novosti i sposobnosti za patentiranje. Rok objave 2 meseca radi ulaganja prigovora. Mogućnost vaspostavljanja patenta u predašnje stanje, koji je prestao da važi usled neodržavanja rokova. Prijavna taksa za osnovni ili dopunski patent iznosi 120 šilinga. Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 180 | 220 | 260 | 300 | 350 | 400 | 500 | 600 | šilinga |
| 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | god. |
| 750 | 900 | 1100 | 1300 | 1600 | 2000 | 2400 | 2900 | 3500 | šilinga |

Za dopunski patent se plaća jednokratna godišnja taksa od 400 šil. Naknadni rok od 3 meseca za plaćanje taksa sa kaznenom taksom povećanom sa 20%.

Obavezno iskorišćavanje patenta u zemlji u roku od 3 godine od dana objave izdavanja patenta.

**Belgija** (Unija). Osnovni i dopunski patenti i uvozni patenti. Trajanje patenta 20 godina računajući od dana prijave. Uvozni patenti ne traju duže od ranije prijavljenih inostranih patenata. Dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim patentom. Prethodno ispitivanje novosti i sposobnosti za patentiranje se ne vrši. Prijavna taksa za osnovni patent iznosi 50 franaka. Za dopunski patent se plaća jednokratna taksa od 300 fr. pri podnošenju prijave. Za godišnje takse je rok dospelosti datum prijave. Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 200 | 300 | 400 | 550 | 700 | 850 | 1000 | 1150 | 1300 | fr. |
| 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. | god. |
| 1500 | 1700 | 1900 | 2100 | 2300 | 2500 | 2700 | 2900 | 3100 | 3300 | fr. |

Naknadni rok za plaćanje taksa 1 mesec bez kaznene takse, daljih 5 meseci sa 10% povećanom kaznenom taksom, a u najmanjem iznosu od 100 fr. Obavezno iskorišćavanje patenta u roku od godine dana posle početka iskorišćavanja u inostranstvu.

**Bugarska** (Unija). Pronalazačka svedočanstva, osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta 10 godina od dana prijave, dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim. Vrši se ispitivanje novosti. Prijavna taksa za osnovni patent i dopunski patent iznosi 2500 leva. Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1000 | 1000 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3500 | 4500 | 5500 | 6500 | leva |

Iskorišćavanje patenta nije obavezno.

**Čehoslovačka** (Unija). Pronalazačka svedočanstva, osnovni i dopunski (zavisni) patenti. Trajanje patenta 15 godina od dana objave patentne prijave. Dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim. Vrši se ispitivanje patenta u formalnom pogledu i u pogledu novosti. Prijavna taksa za patent iznosi 1000 kruna.

Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 500 | 500 | 500 | 1000 | 1300 | 1600 | 2000 | 2600 | kruna |
| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | god. | |
| 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 | 10000 | kruna | |

Rok dospelosti plaćanja godišnjih taksi dan izdavanja patenta. Naknadni rok plaćanja od 6 meseci od dana dospelosti sa kaznenom taksom od 100%.

**Danska** (Unija). Osnovni, zavisni i dopunski patenti. Trajanje osnovnih i zavisnih patenata 17 godina od dana prijave; dopunski patenti gube važnost zajedno sa osnovnim patentom. Vrši se ispitivanje u formalnom pogledu i u pogledu sposobnosti za patentiranje. Prijavna taksa za osnovni i zavisni patent iznosi 75 kruna. Takse postupka 50 kruna. Ako opis zajedno sa nacrtom iznosi više od tri stranice, plaća se za svaku dalju stranicu dopunska taksa od 25 kruna. Godišnje takse koje se plaćaju od druge godine iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | 25 | 25 | 25 | 50 | 50 | 50 | 100 | 100 | kruna |
| 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | god. | |
| 100 | 200 | 200 | 200 | 300 | 300 | 300 | 300 | kruna | |

Naknadni rok za plaćanje takse od 3 meseca sa 20% kaznene takse, dalja 3 meseca sa 40% povećane kaznene takse. Obavezno iskorišćavanje u toku 3 godine posle izdavanja patenta. Kao posledica neiskorišćavanja samo prinudna licenca.

**Engleska** (Unija). Osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta 16 godina od dana podnošenja potpunog opisa. Postoji mogućnost produženja trajanja patenta za 5 godina, a najviše za 10 godina. Prijave za koje se ne traži pravo prvenstva mogu se privremeno podneti sa provizornim opisom. Potpun opis treba podneti u naknadnom roku od 12 meseci. Ispitivanje novosti se vrši samo s obzirom na ranije britanske patente i američke patente novijeg datuma. Prigovor se podnosi u roku od dva meseca od dana objave. Dopunski patent ima isti rok trajanja kao osnovni patent. Patenti prestali usled neotklonjivog događaja (vis maior) mogu se vaspostaviti u predašnje stanje. Prijavna taksa za prijave sa provizornim opisom iznosi 1 £, za prijave sa potpunim opisom 4 £. Godišnje takse, čiji je rok dospelosti plaćanja dan prijave patenta, iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | — | — | — | 10 | 10 | 10 | 10 | £ |
| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16 | god. |
| 15 | 15 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | £ |

Za patente sa naznačenjem »davanje licence« plaća se polovina godišnjih taksa. Za produženje roka od 1 meseca za plaćanje taksa plaća se 2 £, od 2 meseca 4 £, od 3 meseca 6 £. Obavezno iskorišćavanje patenta u roku od 3 godine.

**Francuska** (Unija). Osnovni i dopunski patenti i uvozni patenti. Trajanje patenta 20 godina od dana prijave. Dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim patentom. Uvozni patenti **ne traju** duže od ranije prijavljenih inostranih patenata. Ne vrši se prethodno ispitivanje novosti ili sposobnosti za patentiranje. Prijavna taksa za osnovni patent iznosi 1000 franaka (važi ujedno kao 1. godišnja taksa), za dopunski patent jednokratna taksa od 1000 franaka. Godišnje takse, čiji je rok dospelosti dan prijave patenta, iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 4500 | 4500 | 4500 | 4500 | 4500 | fr. |
| 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. | god. |
| 7000 | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | fr. |

Naknadni rok plaćanja taksa 6 meseci sa 150 fr. kaznene takse. Obavezno iskorišćavanje patenta u roku od 3 godine za države članice Unije, inače 2 godine.

**Grčka** (Unija). Osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta 15 godina računajući od dana prijave. Trajanje patenta za koji je tražen

prioritet 15 godina od dana prijave u inostranstvu. Prethodno ispitivanje novosti se ne vrši. Prijavna taksa iznosi 12000 drahmi zajedno sa 1. godišnjom taksom. Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | 24000 | 36000 | 48000 | 60000 | 72000 | 84000 | 96000 | god. drahmi |
| 9. | 20. | 11. | 12. | 13 | 14. | 15. | | |
| 108000 | 120000 | 132000 | 144000 | 156000 | 168000 | 180000 | | god. drahmi |

Naknadni rok za plaćanje taksa od 3 meseca bez plaćanja kaznene takse, a još u daljem roku od 3 meseca sa plaćanjem kaznene takse u iznosu 100%. Obavezno iskorišćavanje u roku od 3 godine od dana izdavanja patenta.

**Holandija** (Unija). Osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta 18 godina, računajući od dana izdavanja patenta. Dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim. Vrši se prethodno ispitivanje patenta u formalnom pogledu i u pogledu novosti. Posle objave prijava se izlaže 4 meseca radi prigovora. Prijavna taksa za patent iznosi 50 forinti. Objavna taksa od 35 forinti plaća se pre izlaganja prijave. Za dopunske patente se plaća posle izdavanja jednokratna taksa od 60 forinti. Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 60 | 60 | 80 | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 | god. forinti |
| 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | |
| 120 | 120 | 120 | 140 | 140 | 140 | 160 | 160 | 160 | god. forinti |

Naknadni rok za plaćanje taksa iznosi 1 mesec sa kaznenom taksom od 5 for.; za daljih 5 meseci naknadna taksa 25 for. Obavezno iskorišćavanje patenta u roku od 5 godina od dana izdavanja patenta.

**Italija** (Unija). Osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta 15 godina od dana prijave. Dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim. Ne vrši se ispitivanje novosti, postoji samo ispitivanje u formalnom pogledu. Prijavna taksa za osnovni patent iznosi 1500 lira; za dopunski patent se plaća jednokratna taksa od 5000 lira.

Godišnja taksa čiji je rok dospelosti plaćanja mesec, u kome je bila prijava podneta, iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 600 | 1200 | 1800 | 2500 | 3500 | 5000 | 6000 | 7000 | god. lira |
| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | | |
| 8000 | 10000 | 12000 | 14000 | 17000 | 20000 | 23000 | | god. lira |

Naknadni rok za plaćanje godišnjih taksa 6 meseci sa kaznenom taksom. Obavezno iskorišćavanje patenta u roku od 3 godine od dana izdavanja.

**Mađarska** (Unija). Osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta 20 godina posle dana prijave. Prijavna taksa 110 forinti. Rok dospelosti plaćanja godišnjih taksa dan prijave. Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 60 | 75 | 90 | 110 | 140 | 170 | 200 | 250 | 300 | 370 | god. for. |
| 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. | |
| 460 | 570 | 700 | 850 | 1050 | 1300 | 1600 | 2000 | 2500 | 3000 | god. for. |

Za dopunske patente sem prijavne takse od 110 for. jednokratna taksa od 160 for. za sve vreme trajanja.

Naknadni rok za plaćanje taksa 1 mesec, bez kaznene takse, dva dalja meseca sa 25% kaznenom taksom, 3 dalja meseca sa 100% kaznenom taksom. Obavezno iskorišćavanje patenta u roku od 3 godine od dana objave izdavanja patenta, inače prinudna licenca.

**Nemačka** (Unija). Osnovana je nemačka patentna uprava za teritoriju Zapadne Nemačke sa sedištem u Münchenu. Početak poslovanja 1. 10. 1949. Osnovni i dopunski patenti. Rok trajanja patenta 18 godina računajući od dana prijave. Dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim ukoliko se isti prethodno ne oglasi samostalnim. Vrši se strogo ispitivanje novosti pronalaska. Prijave patenata se objav-

juju. Rok objave 4 meseca; za to vreme postoji mogućnost ulaganja prigovora. Izdati patent se može osporavati tužbom za sve vreme njegovog trajanja. Prijavna taksa iznosi 25 nem. maraka, taksa za objavu patenta 30 nem. maraka, za izdavanje patenta 20 nem. maraka. Od tri godine nadalje se plaćaju progresivne godišnje takse:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | — | 30 | 30 | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | nem. maraka |
| 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | god. |
| 250 | 325 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | nem. maraka |

Obavezno iskorišćavanje u roku od 3 godine od dana izdavanja patenta.

**Norveška** (Unija). Osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta 17 godina od dana prijave. Dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim patentom, ukoliko se isti prethodno ne oglasi samostalnim. Prethodno ispitivanje pronalaska u pogledu novosti. Prijavna taksa iznosi 50 kruna, istovremeno i 1. god. taksa. Takse u postupku iznose 65 kruna. Rok dospelosti plaćanja godišnjih taksi je dan prijave. Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | 25 | 25 | 50 | 50 | 75 | 75 | 100 | 100 | kruna |
| 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | | god. |
| 150 | 150 | 200 | 200 | 275 | 275 | 350 | 350 | | kruna |

Naknadni rok za plaćanje godišnjih taksi 3 meseca sa 20% kaznenom taksom. Obavezno iskorišćavanje u roku od 3 godine posle izdavanja patenta inače prinudna licenca.

**Poljska** (Unija). Osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta 15 godina od dana izdavanja patenta. Dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim patentom. Prethodno ispitivanje u formalnom pogledu i u pogledu novosti. Prijavna taksa 500 zloti. Za dopunske patente jednokratna taksa od 700 zloti. Rok dospelosti plaćanja godišnjih taksi je dan izdavanja patenta. Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 700 | 1000 | 1500 | 1800 | 2200 | 3000 | 3700 | 4500 | zloti |
| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | god. | |
| 6000 | 7500 | 9000 | 10000 | 12000 | 13500 | 15000 | zloti | |

Naknadni rok za plaćanje godišnjih taksa 6 meseci sa kaznenom taksom od najviše 30%.

Obavezno iskorišćavanje u roku od 3 godine posle izdavanja patenta.

**Rumunija** (Unija). Osnovni i dopunski patenti i uvozni patenti. Trajanje patenta 15 godina od dana prijave. Uvozni patenti su u pogledu trajanja izjednačeni sa prvobitnim u inostranstvu prijavljenim patentom. Prethodno ispitivanje novosti se ne vrši. Prijavna taksa za patente iznosi 5000 leja a za uvozne patente 10000 leja. Godišnje takse se ne plaćaju. Obavezno iskorišćavanje u roku od 4 godine posle izdavanja patenta.

**Sirija** (Unija). Osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta 15 godina od dana prijave; dopunski patenti su u pogledu trajanja izjednačeni sa osnovnim patentom. Prethodno ispitivanje novosti se ne vrši. Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 35 | 35 | 35 | sir. funti |
| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | god. | |
| 35 | 35 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | sir. funti | |

Naknadni rok za plaćanje godišnjih taksa 6 meseci. Obavezno iskorišćavanje patenta u roku od 2 godine posle izdavanja.

**Sjedinjene Američke Države** (Unija). Postoje samo osnovni patenti. Trajanje patenta 17 godina od dana izdavanja patenta. Vrši se ispitivanje u pogledu novosti. Prethodna objava ili upotreba u roku od najviše 1 godinu dana pre prijave u SAD ne škodi novosti pronalaska. Prijavna taksa iznosi 30 dolara; taksa za izdavanje patenta 30

dolara. Godišnje takse se ne plaćaju. Nema obaveznog iskorišćavanja.

**Švajcarska** (Unija). Osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta 15 godina od dana prijave; za patente koji se odnose na proizvodnju lekova 10 godina. Dopunski patenti gube važnost zajedno sa osnovnim patentom ukoliko se prethodno ne oglase samostalnim. Prethodno ispitivanje novosti se ne vrši, ali postoji strogo ispitivanje u formalnom pogledu. Prijavna taksa iznosi 20 fr., za dopunske patente jednokratna taksa od 20 fr. Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | fr. |
| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | god. | |
| 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | fr. | |

Rok dospelosti plaćanja godišnjih taksa dan prijave patenta. Naknadni rok od 3 meseca bez plaćanja kaznene takse, dalji rok od 3 meseca uz plaćanje kaznene takse u najmanjem iznosu od 50 fr., a u najvišem iznosu od 100 franaka.

Obavezno iskorišćavanje patenta u roku od 3 godine posle izdavanja.

**Švedska** (Unija). Osnovni i dopunski patenti. Trajanje patenta 17 godina od dana prijave. Dopunski patenti gube važnost zajedno sa osnovnim patentom. Prethodno ispitivanje u pogledu novosti. Prijavna taksa iznosi 50 kruna, taksa za objavu patenta iznosi 75 kruna. Godišnje takse se plaćaju od 4 godine nadalje i iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | — | — | 50 | 50 | 75 | 75 | 100 | 100 | kruna |
| 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | god. | |
| 200 | 200 | 300 | 300 | 400 | 400 | 500 | 500 | kruna | |

Rok plaćanja godišnjih taksa je dan prijave. Naknadni rok za plaćanje godišnjih taksa od 3 meseca sa 20% kaznenom taksom za dalja 3 meseca kaznena taksa još je povećana za 20%. Obavezno iskorišćavanje pronalaska u roku od 3 godine posle izdavanja patenta.

**Turska** (Unija). Osnovni, dopunski i uvozni patenti. Trajanje osnovnog patenta 15 godina, od dana plaćanja 1. godišnje takse. Dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim. Uvozni patenti su u pogledu trajanja izjednačeni sa prvobitnim u inostranstvu prijavljenim patentom. Uvozni patenti prijavljeni u prioritetnom roku traju 15 godina. Prethodno ispitivanje novosti se ne vrši. Prijavna taksa iznosi 5 funti. Godišnje takse iznose 4 funte za svaku godinu. Za dopunske patente se plaća sem prijavne jednokratna taksa od 2 funte. Obavezno iskorišćavanje patenta u roku od 2 godine posle izdavanja.

Uniji pripadaju sem prethodno navedenih još ove države:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Brazilija | Finska | Jugoslavija | Liban | Novi Zeland |
| Ceylon | Indonezija | Južno-afrička Unija | Liechtenstein | Portugalija |
| Dominikanska republika | Irska | Kanada | Luksemburg | Španija |
| Egipat | Izrael | Kuba | Maroko | Tanger |
| | Japan | | Meksiko | Tunis |

## c) Jugoslovenski zakon o pronalascima i tehničkim usavršenjima

(Važi od 15 decembra 1948 a objavljen u Službenom listu br. 108/1948.)

(Izvod najvažnijih zakonskih propisa)

Zakon obuhvata zaštitu pronalazaka i tehničkih usavršenja. Za pronalaske se ustanovljava pronalazačko svedočanstvo kao posebni vid zaštite. Predviđena je i zaštita patentom. Usvojen je sistem obaveznog ispitivanja novosti pronalaska. Stručnu i administrativno-pravnu službu zaštite pronalazaka vrši Savezni ured za patente sa sedištem u Beogradu, Gepratova ul. 16. Predviđene su odredbe o administrativnoj i krivično-pravnoj zaštiti pronalazaka. Obezbeđena je međunarodna saradnja u obla-

sti pronalazaka. Za inostrana lica u pogledu sticanja svih prava po ovom zakonu važe međunarodni ugovori, odnosno načelo uzajamnosti.

**Opšte odredbe zakona:**

Čl. 2. Zaštićuje se pravo na pronalazak i tehnička usavršenja, čiji nosioci mogu biti građani, radni kolektivi i ustanove (preduzeća).

Čl. 3. Pronalazak je definisan kao stvaralačka primena prirodnih zakona izražena u novom rešenju određenog tehničkog problema, koji se može primeniti u uslovima industriske, ili poljoprivredne proizvodnje ili koje druge grane narodne privrede.

Čl. 4. Pronalazak mora po svojim bitnim obeležjima biti nov. Neće se smatrati kao nov, ako je pre prijave putem štampe ili na drugi način objavljen i tako opisan, da bi ga stručnjaci mogli upotrebiti ili ako je u našoj zemlji javno upotrebljavan, izlagan ili prikazivan tako, da su ga stručnjaci mogli upotrebiti.

Čl. 10. Zaštita se **ne može** dati:

a) za pronalaske čiji se cilj i upotreba protivi zakonima i društvenom moralu u FNRJ;

b) za načela i naučna pravila kao takva;

c) za materije proizvedene hemiskim putem i one koje služe za ljudsku i stočnu hranu ili uživanje ili kao lekarije. Zaštićen može da bude samo nov postupak za izradu ovih materija.

Čl. 9. Zaštita pronalaska potvrđuje se izdavanjem posebne državne isprave u vidu:

a) pronalazačkog svedočanstva,

b) patenta.

Svaki pronalazač može da bira između ova dva vida zaštite.

**Pronalazačko svedočanstvo**

Čl. 11—13. Pronalazačkim svedočanstvom priznaje se pronalazaču pravo na pronalazak i na naziv »pronalazač«. Izdavanjem pronalazačkog svedočanstva pronalazak postaje opštenarodna imovina i država time neposredno stiče pravo iskorišćavanja pronalaska. Pronalazaču je u slučaju, da se pronalazak stvarno iskorišćava, obezbeđena materijalna naknada.

Čl. 15. Samo pronalazačko svedočanstvo se može izdati:

1) Ako je do pronalaska došlo u vezi sa istraživačkim radom pronalazača u naučno istraživačkom institutu, konstrukcionom birou, opitnoj stanici, laboratoriji itd.;

2) Ako je do pronalaska došlo na traženje državnih nadleštava, ustanova i poduzeća;

3) Ako je pronalazač za ostvarenje pronalaska dobio od države novčanu ili materijalnu pomoć;

4) Ako je pronađen nov način lečenja bolesti:

5) Ako je proizvedena nova vrsta semena ili stoke.

Čl. 27. Dopunski pronalazak kojim se usavršava osnovni pronalazak, za koji je već izdato pronalazačko svedočanstvo, zaštićuje se izdavanjem zavisnog pronalazačkog svedočanstva, pod uslovom da od dana izdavanja pronalazačkog svedočanstva za osnovni pronalazak nije prošlo više od 15 godina. Posle ovog roka pronalazaču dopunskog pronalaska izdaje se pronalazačko svedočanstvo kao za samostalni pronalazak. Ako pronalazačko svedočanstvo izdato za osnovni pronalazak prestaje da važi, zavisno pronalazačko svedočanstvo postaje samostalno pronalazačko svedočanstvo.

Čl. 37. Pronalazačko svedočanstvo vremenski nije ograničeno.

Čl. 38. Pravo na sticanje pronalazačkog svedočanstva i na izdato pronalazačko svedočanstvo prelazi na naslednike pronalazača.

Čl. 39. Pronalazač čiji je pronalazak primljen ima pravo na naknadu. Visina i način isplate naknade određuje se po propisima uredbe o naknadama, nagradama i povlasticama pronalazača, novatora i racionalizatora (Službeni list br. 40 od 11. 5. 1949 god. i br. 40 od 14. 7. 1950 god.).

**Postupak za zaštitu pronalaska pronalazačkim svedočanstvom**

Čl. 60. Prijavu za izdavanje pronalazačkog svedočanstva podnosi pronalazač, njegov naslednik Saveznom uredu za patente.

Čl. 61. Prijava kojoj moraju biti priloženi opis i nacrti pronalaska podnosi se u 3 primerka. Svaka prijava može se odnositi samo na jedan pronalazak.

Čl. 62—63. Prvenstvo prijave računa se od dana i časa kada je prijava primljena od nadležnog organa. Za svaku prijavu može se priznati samo jedno pravo prvenstva.

Čl. 64—66. Svaki prijavljeni pronalazak ispituje se u pogledu novosti i tehničke izvodljivosti i u pogledu tehničke primenljivosti i korisnosti pronalaska. Ispitivanje (ekspertizu) u pogledu novosti vrši Savezni ured za patente, a ispitivanje u pogledu korisnosti preduzeće koje je zainteresovano na iskorišćavanju pronalaska.

Čl. 67. Pronalazak koji je utvrđen kao tehnički primenljiv i koristan primeniće se u proizvodnji bez odlaganja i to bez obzira što pronalazačko svedočanstvo još nije izdato.

Čl. 68. Savezni ured za patente na osnovi ekspertize donosi rešenje o izdavanju ili o odbijanju izdavanja pronalazačkog svedočanstva.

Čl. 71. Savezni ured za patente vrši registraciju i objavljivanje izdavanja pronalazačkog svedočanstva u Biltenu pronalazaka i izdaje pronalazačko svedočanstvo.

Čl. 77. Sve pretstavke i dokumenti u vezi sa izdavanjem pronalazačkog svedočanstva oslobođene su takse.

## Patent

Čl. 16. Patentom pronalazač stiče pravo svojine na svoj pronalazak i na naziv »pronalazač«.

Čl. 17. Patent traje 15 godina od dana objave pronalaska.

Čl. 18—19. Pravo iz prijave patenta kao i pravo na patent prelazi na naslednike i mogu biti predmet kupoprodaje, a mogu se i po drugom pravnom osnovu u celini ili delimično preneti na drugog. Sopstvenik patenta može dati drugom odobrenje za potpuno iskorišćenje pronalaska (potpuna licenca) ili za njegovo delimično iskorišćavanje (delimična licenca).

Građanin FNRJ, sopstvenik patenta, dužan je da prvenstveno ponudi prodaju patenta ili licence državi preko preduzeća koje je zainteresovano na pronalasku.

Čl. 22. Ustanove, preduzeća ili druge jedinice kao i lica koja su pre prijave pronalaska, nezavisno od pronalazača, iskorišćavala u našoj zemlji pronalazak ali ne javno, ili učinila sve pripreme za njegovo iskorišćavanje, zadržavaju pravo daljeg iskorišćavanja pronalaska bez obaveze na naknadu licu, koje je za isti pronalazak dobilo patent.

Čl. 23. Ako sopstvenik patenta sam ili preko drugih ne iskorišćava pronalazak, a ne može opravdati nemogućnost iskorišćavanja, nadležni okružni sud može, pošto proteknu 3 godine od dana objave izdatog patenta, odlučiti o oduzimanju patenta, odrediti potpunu ili delimičnu licencu (prinudnu licencu).

Čl. 25. Patent se može zameniti pronalazačkim svedočanstvom.

Čl. 26, 77. U postupku oko izdavanja patenta plaćaju se takse. Za održavanje zakonske zaštite patenta određene su progresivne godišnje takse. Neplaćanjem troškova i taksa za izdati patent u određenom roku prestaje njegova važnost.

Čl. 27. Dopunski pronalazak, kojim se usavršava osnovni pronalazak, za koji je već izdat patent, zaštićuje se izdavanjem dopunskog patenta.

Čl. 32. Dopunski patent gubi važnost zajedno sa osnovnim patentom. Ako patent izdat za osnovni pronalazak prestaje važiti iz razloga koji nisu u vezi sa dopunskim pronalaskom, dopunski patent postaje samostalni patent.

### Postupak za zaštitu pronalaska patentom

Čl. 70. Prijava za izdavanje patenta u jednom primerku sa opisom i nacrtima u duplikatu podnosi se neposredno Saveznom uredu za patente. Rešenje o izdavanju, odnosno o odbijanju izdavanja patenta do-

nosi Savezni ured za patente posle izvršenog ispitivanja novosti i tehničke izvodljivosti. (Prijava patenta ne ispituje se u pogledu tehničke primenljivosti i korisnosti pronalaska).

Posle donetog rešenja o izdavanju patenta, prijava će se objaviti u »Biltenu pronalazaka«. Zainteresovana lica mogu u roku od 3 meseca od dana objavljivanja prijave podneti obrazložene prigovore protiv izdavanja patenta i osporavati pronalazak u pogledu novosti i tehničke izvodljivosti kao i autorstva. Po ovim prigovorima rešava Savezni ured za patente.

Čl. 72. U slučaju da nema prigovora na objavljenu prijavu patenta ili su ti prigovori odbačeni, Savezni ured za patente donosi rešenje o izdavanju patenta i o njegovoj registraciji i objavljivanju iste. Izdavanje patenta vrši Savezni ured za patente.

**Sporovi o pravilnosti izdavanja pronalazačkog svedočanstva i patenta**

Čl. 85. Državna nadleštva, ustanove i preduzeća, zadružne i društvene organizacije kao i pojedini građani imaju pravo da osporavaju pravilnost izdavanja pronalazačkog svedočanstva ili patenta u pogledu novosti pronalaska.

Pravo na podnošenje tužbe traje godinu dana računajući od dana objave izdavanja pronalazačkog svedočanstva, a za osporavanje novosti patenta ceo rok važenja patenta. Tužbe se podnose Saveznom uredu za patente.

Čl. 87. Pronalazačko svedočanstvo ili patent može se osporavati i na osnovi da stvarni autor pronalaska nije lice koje je označeno za autora pronalaska. Pravo na podnošenje tužbe traje godinu dana računajući od objave izdavanja pronalazačkog svedočanstva ili patenta. Tužbe se podnose nadležnom okružnom sudu.

**Pronalasci poverljivog karaktera**

Čl. 91. Svi pronalasci koji se odnose na narodnu odbranu smatraju se poverljivim. Svaki drugi pronalazak može se prilikom prijave proglasiti da je poverljivog karaktera.

Čl. 92. Autor pronalaska koji može imati značaj za narodnu odbranu dužan je neposredno predati prijavu pronalaska Ministarstvu narodne odbrane. U pogledu ispitivanja, zaštite i iskorišćavanja pronalazaka koji se odnose na narodnu odbranu važe isti propisi kao i za ostale pronalaske.

**Patentiranje pronalazaka u inostranstvu**

Čl. 94. Patentiranje i ostvarivanje u inostranstvu pronalazaka učinjenih u Federativnoj Narodnoj Republici Jugoslaviji može se vršiti samo, ako je pronalazak prethodno prijavljen nadležnom organu u zemlji.

U pogledu patentiranja u inostranstvu pronalaska, za koji je izdato pronalazačko svedočanstvo, Federativna Narodna Republika Jugoslavija ima prava sopstvenika patenta.

## Tehnička usavršenja

Čl. 5. Tehničko usavršenje jeste ili tehničko unapređenje ili racionalizatorski predlog.

Tehničko unapređenje (novatorstvo) jeste nova stvaralačka primena poznatih metoda i pronalazaka na postojeći tehnološki proces, koja pretstavlja racionalnije rešenje određenog tehničkog problema. Racionalizatorski predlog pretstavlja usavršenje ili poboljšanje proizvodnog procesa racionalnim iskorišćavanjem postojećeg tehničkog uređaja, materijala ili radne snage ili koji poboljšava organizaciju i neposredno upravljanje privredom.

Čl. 6. Tehničko unapređenje i racionalizatorski predlog smatraće se kao novi, ako dotle nisu bili poznati ili primenjivani u određenoj grani privrede.

Čl. 33. Zaštita tehničkog unapređenja potvrđuje se izdavanjem diplome o tehničkom unapređenju — novatorska diploma. Dobivanjem diplome stiče se naziv novatora.

Čl. 34. Zaštita racionalizatorskog predloga potvrđuje se izdavanjem uverenja o racionalizatorskom predlogu — racionalizatorsko uverenje. Dobivanjem uverenja stiče se naziv racionalizatora.

Čl. 35. Izdavanjem novatorske diplome i racionalizatorskog uverenja preduzeće stiče pravo iskorišćavanja tehničkog unapređenja, odnonso racionalizatorskog predloga.

Preduzeća koja su primila na iskorišćavanje tehničko usavršenje dužna su da obezbede naknadu i druge povlastice novatorima i racionalizatorima.

Čl. 49. Visina i način isplate naknade novatorima i racionalizatorima čiji su predlozi primljeni na iskorišćavanje, određivaće se prema propisima Uredbe o naknadama, nagradama i povlasticama pronalazača, novatora i racionalizatora (Služb. list br. 40. od 11. 5. 1949.).

**Postupak za zaštitu tehničkog usavršenja**

Čl. 78. Prijava tehničkog unapređenja ili racionalizatorskog predloga podnosi se nadleštvu, ustanovi, preduzeću ili drugoj jedinici u čiji krug delatnosti dolazi određeno tehničko usavršenje. Prijava se podnosi pismeno.

Čl. 79. Nadleštvo, ustanova, preduzeće ili jedinica, koja je prijavu primila, donosi rešenje kojim se unapređenje ili predlog bilo prima radi iskorišćavanja bilo odbija ili preuzima radi daljeg ispitivanja.

Čl. 81. Diplomu o tehničkom unapređenju, odnosno uverenje o racionalizatorskom predlogu izdaje nadleštvo, ustanova, preduzeće ili jedinica koja je prijavu primila.

Čl. 87. Tehničko usavršenje može se osporavati po osnovi da stvarni autor tehničkog usavršenja nije lice koje je označeno za autora usavršenja.

Čl. 91. Tehnička usavršenja koja se odnose na narodnu odbranu smatraju se poverljivim. Svako drugo tehničko usavršenje može se prilikom prijave proglasiti da je poverljivog karaktera.

Čl. 93. U pogledu ispitivanja, zaštite i iskorišćavanja tehničkih usavršenja koja se odnose na narodnu odbranu, važe isti propisi kao za ostala tehnička usavršenja.

**Uputstvo za prijavljivanje pronalazaka u cilju patentiranja**

Prijava pronalaska za koji se traži patent podnosi se Saveznom uredu za patente, Beograd (Gepratova ul. 16).

Svaka prijava za patent mora biti podneta pismeno i mora da sadrži:

Prezime i ime prijavioca, zanimanje i boravište, odnosno tačnu adresu i stvarni naziv pronalaska. Prijava pored toga mora da sadrži izjavu prijavioca, da će platiti sve troškove objave predviđene zakonom. Za svaki pronalazak podnosi se zasebna prijava u jednom primerku.

Uz svaku prijavu podnosi se tehnički opis pronalaska u 2 primerka i nacrti u dva primerka za pronalaske koji mogu da budu pretstavljeni na nacrtima.

Ako pronalazak pretstavlja samo usavršenje kakvog ranijeg pronalaska za koji je već izdat patent ili podneta prijava prijavilac može podneti prijavu za izdavanje dopunskog patenta. U prijavi za dopunski patent treba naznačiti broj ranije izdatog patenta ili ranije podnete prijave.

Za zaštitu patenta plaćaju se takse:

Prijavna taksa iznosi 400 din. i 150 din. za rešenje, ukupno 550 din., koji se iznos lepi na prijavu u taksenim markama. Za uplatu

godišnjih taksa je rok dospelosti dan objave patenta prijave. Godišnje takse iznose:

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | god. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 200 | 230 | 300 | 400 | 500 | 650 | 800 | 1000 | din. |
| 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | god. | |
| 1200 | 1400 | 1600 | 1900 | 2200 | 2500 | 3000 | din. | |

Za dopunske prijave plaća se sem prijavne takse i taksa za rešenje u ukupnom iznosu od 550 din., jednokratna taksa od 2000 dinara za sve vreme trajanja.

Naknadni rok za uplatu godišnjih taksi iznosi 3 meseca uz kaznenu taksu u iznosu 25% redovne godišnje takse. Posle isteka ovog roka godišnje takse se mogu uplatiti još u daljem roku od 6 meseci u trostrukom iznosu redovnih godišnjih taksa.

Za sastav opisa i izradu nacrta važe ova uputstva:

Pronalazak mora u opisu da bude objašnjen tako jasno, da se vidi u čemu se sastoji novost pronalaska i da se prema tom opisu pronalazak može ostvariti. Zaglavlje opisa treba da sadrži prezime i ime prijavioca, a ispod toga na sredini naziv pronalaska, koji mora da bude kratka i stvarna oznaka pronalaska. Izmišljene i reklamne oznake nisu dopuštene. Opis treba da sadrži uvodni deo, u kome će biti izneti cilj i svrha pronalaska, nove tehničke odlike istog u poređenju sa dosad poznatim sličnim uređajima, napravama ili postupcima. Ako se pronalazak može prikazati na nacrtima, treba podneti i nacrte. U tom slučaju treba u opisu posle uvodnog dela objasniti šta je prikazano na pojedinim slikama nacrta. U narednim stavovima se opisuje konstrukcija i funkcionisanje, odnosno način upotrebe pronalaska. Pri opisivanju konstrukcije stavlja se pored svakog dela konstrukcije njegova oznaka iz nacrta, a kao oznake upotrebljavaju se ili arapske brojke ili mala latinska slova. Ako se pronalazak odnosi na postupak za izradu neke materije opisuje se tok postupka.

Na završetku opisnog dela stavlja se: zahtev za zaštitu pnonalaska. Zahtev se sastavlja iz jedne složene rečenice, koja je izrazom »naznačen time« podeljena na dva dela. U prvom delu rečenice, ispred izraza »naznačen time«, navodi se stvarni naziv pronalaska, a u drugom delu rečenice iza izraza »naznačen time« navode se one nove odlike konstrukcije (tehničke mere), koje su bile prethodno opisane u opisu i koje sačinjavaju novost pronalaska. Opis može da sadrži više zahteva, ukoliko se sve nove odlike ne bi mogle obuhvatiti jednim zahtevom. Tekst opisa ne može sadržati nacrte.

Sve mere navode se u opisu u metarskom sistemu. Temperatura se označava po Celsius-u, a gustina u obliku specifične težine. Za električne jedinice važiće propisi primljeni u međunarodnoj primeni, a pri hemiskim oznakama primenjivaće se opšte primljeni simboli, atomske težine i molekularne formule. Za sva akta prijave upotrebljavaće se hartija veličine 29 × 21 cm.

Izrada nacrta. Nacrti priloženi uz prijavu izrađuju se na hartiji veličine: format I . . . 29 × 21 cm, format II . . . 29 × 42 cm. Nacrti se uokviruju crnom crtom na rastojanju 2 cm od ivice lista. U prostor van toga okvira stavljaju se sledeći podaci: u gornji levi ugao ime i prezime prijavioca, a u sredinu naziv pronalaska. Prijavilac potpisuje nacrt u donjem uglu lista van okvira. Predmet pronalaska mora da bude prikazan u više karakterističnih izgleda ili preseka. Svaku sliku nacrta treba označiti rednim brojem sl. 1, sl. 2 itd. bez obzira na broj listova nacrta. Pojedini sastavni delovi predmeta označiće se na slikama malim latinskim slovima ili arapskim brojevima. Iste delove treba u svima

slikama obeležiti istim oznakama. Na nacrtu se ne navode dimenzije, ni pismena objašnjenja. Nacrte treba izraditi po pravilima tehničkog crtanja crnim tušem.

Od nacrta koji se podnose u 2 primerka, jedan primerak mora da bude izrađen na hartiji za kopiranje (paus-hartiji), a drugi primerak može da bude izrađen na beloj čvrstoj hartiji.

**Uputstvo za prijavljivanje pronalazaka u cilju izdavanja pronalazačkog svedočanstva**

Prijava pronalaska za koju se traži izdavanje pronalazačkog svedočanstva podnosi se Saveznom uredu za patente. Prijava se podnosi pismeno i mora da sadrži: prezime i ime pronalazača, zanimanje, tačnu adresu i stvarni naziv pronalaska. Radi potpune evidencije treba u prijavi navesti i sledeće podatke: godinu rođenja, socijalno poreklo, školsku spremu, jedinicu i mesto zaposlenja. Prijavilac treba u prijavi da naznači, da je pronalazak samostalno stvoren i nije niotkud uzet. Ako prijavu pronalaska podnosi više pronalazača (kolektivni pronalazak), ista mora da sadrži gornje podatke za svakog pronalazača.

Za dopunski pronalazak podnosi se zasebna prijava, u kojoj će biti navedeni isti podaci, kao u prijavi osnovnog pronalaska. U istoj će se naznačiti da se traži izdavanje pronalazačkog svedočanstva zavisnog od osnovnog pronalazačkog svedočanstva izdatog pod br. . . .

Uz prijavu se podnose opisi i nacrti u 3 primerka, sastavljeni i izrađeni u svemu na način kao što je propisano za prijavu patenta.

# REGISTAR

## 2. dela I knjige

Obradio viši inženjer K. Mayer, Berlin-Charlottenburg

### A


Abecede 1491/1494
Abrazit 1235
Acelit 1217
Acetaldehid 967
Acetalna svila 1192
Acetil celuloza 1143
Acetilceluloza, lepak 1187
Acetilen 954, 967, 1173, 1231, 1335
Acetilen, čelične boce za 1296
Acetilna celuloza 1146
Aceton 954, 1233, 1236
Aceton-voda, mešavine 1233
Aceton, zamena (metil acetat) 1237
Acetonsko ulje 1236
Acidum aceticum (sirćetna kiselina) 1226
Acidum formicum (mravlja kiselina) 1225
Acidum muriaticum (hlorovodična kiselina) 1224
Acidum nitricum (azotna kiselina) 1224
Acidum sulfuricum 1222
Acre, pretvaranje u metarske mere 1449
Acrefoot, pretvaranje u metarske mere 1453
Adronol acetat 1237
Aerokartograf 1382
Agava vlakna 1193
Agregat, krupnoća 1112
Agregat za beton i armirani beton 1111
Agregati, podela 1107
Agresivna ugljena kiselina 1161
Ahat 960
Akagin 1231
Akrilske veštačke materije 1148
Akrit 1072
Aksijalna sila 848
Akcelerometri 1325
Aktinijum 951
Aktivna površina 845
Aktivni ugalj 1168, 1239
Alabaster 1087
Alabaster-gips 1101
Alatni čelici, legirani 1020, 1022
Alatni čelici, nelegirani 1020
Alatni čelik 1012, 1020
Alatni čelik, standardni 1241
Alberit 1154
Albondur 982
Albumin 1182
Albuminski lepak 1185
Alfabeta 1493, 1494
Alhidada 1351
Alitriranje 982
Alizarinske boje 1181
Alkalije 1118, 1226
Alkalni amonijak bak. hloratum rastvor 1336
Alkalnost vode 1160, 1161
Alkazil 1230
Alkidal smola 1155
Alkohol 1161, 1182, 1232
Alkohol, apsolutni 1171
Alkohol, metil- 1231
Alkoholna para 970
Alpaka dlaka 1192
Aluatal 982
Aluminijum 951, 960, 979, 988, 994, 1024
Aluminijum bronza 927, 928, 1004, 1046, 1049, 1070
Aluminijum bronza sa više elemenata 996
Aluminijum bronza za livenje 1046
Aluminijum bronza za obradu deformacijom 1047
Aluminijum bronza za preradu deformacijom 928
Aluminijum, cevi 1034
Aluminijum, cevi i šipke 1034
Aluminijum-cink legure 1059, 1060
Aluminijum, čist 1025, 1026
Aluminijum, čist poluproizvod 1025
Aluminijum, izduženje pri kidanju 1026

Aluminijum, jačina pri kidanju 1026
Aluminijum-legura BS - za morsku vodu 997
Aluminijum-legura, sposobna za kaljenje 997
Aluminijum-legure, kaljenje 1026
Aluminijum-legure, meko lemljenje 1028
Aluminijum-legure, obrada 1026
Aluminijum-legure, obrada, površinska 1031
Aluminijum-legure, obrada, rezanjem 1031
Aluminijum-legure, spajanje 1028
Aluminijum-legure, svojstva 1026
Aluminijum-legure, termička obrada 1028
Aluminijum-legure, težina ploča 990
Aluminijum-legure, tvrdo lemljenje i zavarivanje 1028
Aluminijum-legure za cevi i šipke 1034
Aluminijum-legure za klipove, svojstva 1032, 1033
Aluminijum-legure za livenje 998, 999, 1027, 1028
Aluminijum-legure za livenje brizganjem 1004
Aluminijum-legure za livenje u kokilama 1001, 1002
Aluminijum-legure za obradu deformacijom 929, 1027, 1028
Aluminijum-legure za preradu deformacijom 929
Aluminijum-legure za pretapanje 1001
Aluminijum-legure, površinska obrada 1031
Aluminijum-legure, zakivanje 997
Aluminijum-mesing 1053
Aluminijum, MBW-postupak 986
Aluminijum, pojave raspadanja 1026
Aluminijum, profilisane šipke 1262
Aluminijum sulfat 1160
Aluminijum, svojstva 1024, 1025
Aluminijum, šipke 1034
Aluminijum, težina žice 989, 990
Aluminijum, trgovačke marke 1024, 1025
Aluminijum, trgovački proizvodi standardi 1031
Aluminijum, upotreba u elektrotehnici 1034
Aluminijum, upotreba u građnji letilica 1034
Aluminijumov prah 1007
Aluminijumska traka 1267
Aluminijumske folije 1268
Aluminozni silikati 1105
Alumitiranje 982
Alundum 1235
Alusil 1032
Amalgan 960
Američka skala za žicu 991, 992
Američka stopa 1432
Američki standardi za cink 1057
Amfibolni azbest 1194
Amfibolni škriljac 1082, 1087
Amiant 1194
Amilacetat 1236
Amino-benzol 1234
Amonal 1219
Amonijačna soda 1227
Amonijak 954, 967, 970, 994, 1171, 1172, 1228
Amonijak, čelične boce za 1297
Amonijum hidroksid 1228
Amonijum hlorid 1229
Amonijum persulfat 993
Amonijum sulfat 974
Amonijum super fosfat 972
Amonijum nitrat 1219
Amoniti 1222
Amorfne elektrode 1211, 1212, 1214
Amplituda, dinamičko naizmenično opterećenje 937
Amsterdamska letva za vodostaje 1373
Analiza dimnog gasa 1335
Analiza gasova, tehnička 1335
Analiza ključanja benzina 1166
Analiza ključanja, pogonsko gorivo 1169
Analiza pogonskog gasa 1338
Analizatori gasa 1337
Analogija hidrodinamička 840, 919
Andenzit 1081, 1083
Anemometar 1335
Anemometar sa točkom sa krilima 1315
Aneroid 1301, 1378
Anhidrid hromne kiseline 1225
Anhidrid sumporaste kiseline 1223
Anhidrid sirćetne kiseline 1226
Angora vuna 1194
Anhidrit 954, 960, 1081, 1087
Anilin-formaldehid veštačke smole 1142, 1150
Anizol anisivo ulje 967
Anol 1237
Anon 1237
Anode za dobivanje aluminijuma 1211, 1212
Anodni bakar 1039
Antik staklo 1126
Antidetonatori 1166
Antimon 951, 988, 1064
Antimon crudum 1064
Antimon legure 1066
Antimon olovo legura (eutektična) 1061
Antimon sulfid 960
Antimon pentasulfid 954
Antimon trisulfid 954
Antracensko ulje 1168
Antracit 1162, 1163

Antrament postupak 986
Aparati za kubiciranje 1312
Apatit 960
Aplit 1082
Aquadom-cement 1105
Aral 1168
Ardometar 1329
Areometar 960, 1167
Areometar-skale 1475
Arič 1132
Armirani beton 1111, 1114, 1116
Armirani beton, pesak i agregat 1112
Armirani beton, rokovi, skidanje oplate 1117
Armirani beton, zapreminska težina 1114
Armirano staklo 1131
Aromatizacija 1170
Arsen sulfid 960
Arsenasta kiselina 960
Arsenik 954
Arsenova bronza 927, 928
Aršin, pretvaranje u metarske mere 1447, 1452, 1455
Asfalt 960, 974, 1189
beton 960
goudron 1189
veštačke materije 1142
Asfaltiti 961, 1189
Asfaltno zemno ulje 1189
Aspiracioni aerometar 1329
Astralon 1145, 1148
Astronomske konstante i podaci 1430
Atmosfera fizička, pretvaranje u kg/cm² 1471
Atmosfera · dm³, upoređenje 1481
Atmosfera fizička, pretvaranje u bare 1472
Atmosfera fizička, pretvaranje u engl. palce Hg 1474
Atom, sastav 950
Atomska težina elemenata 951
Atomski model, Bohr-ov 950
Atsorpcija 1239
Auripigment 954
Austenitni čelici 1012
Autokartograf 1382
Automatske vage 1305
Autoreduktivni daljinari 1360
Avalit 1101
Avionski brzinomeri 1304
Azbest 961, 1192, 1194
Azbest, amfibolni 1194
Azbest, amozitni 1195
Azbest, Chrysotil 1194
Azbestne cementne ploče 961
Azbestne tkanine, tehničke 1198
Azbestni karton 961
Azbestno-cementne cevi 1091
Azbestno-cementne krovne ploče 1091
Azbuke 1493, 1494
Azimut, magnetski 1355
Azot 951, 967, 971, 1012, 1171, 1172
Azot suboksid 967
Azotna kiselina 954, 967, 1224
Azotna kiselina, derivati 1220
Azotna kiselina, relativna težina 1224
Azotna kiselina, sadržaj 1224
Azot-vodonična kiselina 1220
Azurno plavo 961

B

Bach, C., najveća glavna dilatacija hipoteza o slomu 784
Bach, C., slučajevi opterećenja po 940
Bagrem 1133
Bakar 951, 961, 979, 988, 1009, 1039
Bakar amonijum hlorid 993
Bakar-berilijum legura 1038
Bakar bez kiseonika 1042
Bakar-cink folije 1268
Bakar, čisti sadržaj 1042
Bakar hloratni rastvor amoni alkalni 1336
Bakar i legure bakra, koeficijenti čvrstoće 927, 928
Bakar legure za livenje brizganjem 961, 1004
Bakar legure za livenje u kokilama 961, 1002
Bakar legure za presovane proizvode 1040
Bakar, lemljivost 1042
Bakar, metalurški 1040
Bakar poluproizvodi i tehnološke karakteristike 1043
Bakar, ponašanje na niskoj temperaturi 1042
Bakar, ponašanje na toploti 1042
Bakar, prerada 1042
Bakar silikat 961
Bakar silumin 997
Bakar, specifični otpor 1043
Bakar, standardi 1042
Bakar sulfat 985
Bakar, svojstva 1040
Bakar, tehnološke karakteristike 1043
Bakar, težina ploča 990
Bakar, težina žice 989, 990
Bakar za ložišta 1042
Bakar, zavarljivost 1042
Bakarna celulozna vuna 1195
Bakarna svila 1192, 1195
Bakarna traka i uska traka 1267
Bakarne folije 1268
Bakarne legure za opruge 1267
Bakarne šipke 1043
Bakarni lim 1041, 1267

Bakarno plavo 954
Bakarno zeleno 954
Bakelitni lepkovi 1186
Bakrenac 1039
Bakrom prevučeni limovi 1023
Balast (pesak) 974
Balata 961, 1205, 1208
Balata kaiševi 1197, 1203
Balkonski nosači, deformacije 876
Balling-areometar skala 1475
Banane 974
Barometar sa oprugom 1378
Barometarska merenja, korespondentna 1379
Barometarsko odredjivanje visina 1340, 1377
Bar, jedinica 1470
Bar, pretvaranje u fizičke atmosfere 1472
Bar, pretvaranje u kg/cm² 1472
Bar, pretvaranje u mm Hg 1473
Barrel 1422, 1428
Barrel, pretvaranje u hektolitre 1458
Barijum 951, 988
Barijum bromid 961
Barijum oksid 961
Barijum sulfat 961
Barium superoksid 954
Barit 954
Barit-flint staklo 1125, 1126
Baritno belo 954
Barometar 1300, 1301
Barometar sa živom 1301
Barska voda 1159
Barut, brzina eksplozije 1218
Barut, brzina sagorevanja 1218 1220
Barut, crni 1219, 1220, 1221
Barut, lovački 1221
Barut, malodimni 1221
Barut za eksplozije 1221
Barut za oružje, piroksilin 1221
Bastard-lan 1191
Baumann i Steinrück, dinamičke metode ispitivanja tvrdoće po 910
Baumann-ovo nagrizanje 994
Baumé-ovi stepeni 960
Baumé-areometar-skale 1475
Bayer-Siemens-merač 1307
Bazalt 934, 944, 972, 1081, 1083
Bazalt, svojstva 1088
Bazaltna lava 934, 944, 961
Baze 980
Bazične boje 1181
Baždarene mere i tegovi 1418
Baždarenje, obavezno 1305
Baždarenje termometra 1328
Beck-areometar skala 1475
Bečki kreč 1238
Bela bukva 1133
Belance od jajeta 967
Bele boje 1180
Beli kreč 1102, 1103
Beli lim 962, 1023, 1064
Beli mesing 1054
Beli metali 961, 994, 1065
Beli mikanit 961
Belleville-opruge 886
Belo sirovo gvoždje 1009
Belo zlato 1075, 1076
Belutak 973
Benzin 954, 967, 974, 1166, 1170, 1076, 1182, 1236
Benzin-benzol smesa 1166
Benzin dobiven destilacijom 1170
Benzin dobiven hidriranjem 1170
Benzin dobiven po Fischer-Tropsch-ovom postupku 1166
Benzin dobiven raspadanjem složenih vodonika 1166
Benzin, laki 967
Benzin, polimer 1166
Benzin, straight-run 1166
Benzin super 1166
Benzin, teški 967
Benzin, uticaj na izbor pogonskih kaiševa 1203
Benzin za automobile 1166
Benzin za lakove 967
Benzin za motore 967, 1166
Benzin za pranje 1166
Benzinoform 1234, 1237
Benzinski sapun 1238
Benzol 954, 974, 1166, 1168, 1182, 1233, 1236, 1335
Benzolova para 971
Berg-ov uredjaj za merenje dilatacije 914
Berilijum 951, 988, 1037
Berilijum-legure 1037, 1038
Berkefeld filter 1160
Berlinsko plavo 954, 1181
Bermudez-asfalt 1189
Bernoulli-eva pretpostavka 793
Berthelot-Mahler kalorimetarska bomba 1334
Beskrajna ploča 880
Beskrajni kaiševi 1200
Bessel-ov rotaciski elipsoid, površina 1340
Bessemer-ov konvertor 1013
Bešavne cevi 1242, 1282
Bešavne cevi od točenog čelika 1282
Bešavne čelične boce za sabijene gasove 1297
Beton 933, 935, 944, 1100, 1111
Beton, agregati za 1107
Beton armiran čeličnim žičanim mrežama 1116
Beton, armirani 1111, 1116
Beton, asfaltni 1189
Beton, jačina 935

Beton, korodirajuće dejstvo vode na 1161
Beton, liveni 935, 1114, 1115
Beton, modul elastičnosti 935
Beton, nabijen 935, 1114
Beton od cementa i trasa 1113
Beton od šljake 1116
Beton, plastičan 935, 1114
Beton, potrebne količine materijala 1113, 1114
Beton, sastav peska i krupnog materijala za 1112
Beton, specijalni čelik za 1247
Beton, uticaj mraza na 1113, 1115
Beton, vezivo 1113
Beton, zapreminske težine 1114
Betonska opeka 1089
Betonske cevi sa naglavkom 1288
Betonske stepenice 1092
Betonski blokovi, jačina 936
Betonski blokovi, modul elastičnosti 936
Betonski stubovi, napon pritiska 946
Betonski šljunak 1112
Betonski šuplji blokovi za zidanje 1089
Betonski ukrasni kamen 1092
B. V.-benzol, karakteristike 1168
Bežična telegrafija i telefonija, područje frekvencije 1480
Biber crep 1094
Bikarbona soda 954
Bikovska koža 1198
Biljna vlakna 1190
Biljna vlakna, svojstva 1192
Biljni lepkovi 1182, 1185
Biljno štavljeni pogonski kaiševi 1199
Bion-staklo 1126
Bistro staklo 1121
Bitumen 983, 1143, 1172, 1188
Bitumenska krovna hartija 1189
Bitumenski cement 1105
Bituminozni kameni ugalj 1163
Bizmit 961
Bizmut 951, 961, 988, 1064
Bizmut galenit 954, 1064
Bizmut oker 954, 1064
Bizmut subgalat 1065
Bizmut subnitrat 1065
Blank-koža 1200
Blenda, standardna 1312
Blenda, standardna, tolerancije za 1315
Blokovi, metalurški, tvrdi 945
Blokovi od cementnog plovućca 945, 1089, 1090
Blokovi od metalurškog plovućca 945
Blokovi, puni, porozni 945, 1089
Blokovi za zidanje, stakleni 1123
Bobinet čipke 1197
Boce LS, za propan 1296
Boce od bakra za sabijene gasove 1297
Boce od lakog čelika za sabijene gasove 1297
Boce od lakog metala za sabijene gasove 1297
Bočke, pretvaranje u hektolitre 1458
Bogati gasovi 1173
Bohr-ov atomski model 950
Boiler HP 1485
Boje 1180
Boje, alizarinske 1181
Boje, bazične 1181
Boje i lakovi, ispitivanje 1184
Boje, keramičke 1183
Boje, koje pokazuju zagrejanost predmeta 1183, 1329
Boje, načini ispitivanja 1184
Boje, neorganske 1180
Boje, organske 1181
Boje, postojane u vatri 1183
Boje, primena 1183
Boje, svetleće 1183
Boje, štamparske 1183
Boje, tekstilne 1183
Boje za brodsko dno 984
Boje za fasade 1180
Boje za grbove 1180
Boje za kožu 1183
Boje za kreč 1180
Boje za močenje 1181
Boje za podove 1180
Boje za šarenu hartiju 1183
Boje za tapete 1183
Boje za zidove 1180
Boje za zidove i cementne boje 1180
Bojene materije kao sredstvo za obaranje 1181
Bojene materije, vezivno sredstvo 1181
Bojenje stakla 1118
Boksit 954, 961, 974, 1095
Bolerit 1072
Bolus 961
Bomba, kalorimetarska prema Berthelot-u, Mahler-u, Kröker-u 1334
Bonder-postupak 986
Bor, drvo 1129, 1132, 1133
Bor, element 951, 961
Bor, fluorid 971
Boracit 961
Boraks 954, 961
Borosilikatno staklo 1125
Boucherie-ov postupak, zaštita drveta 1135
Braggs-ov obrazac 916
Brake horsepower 1485
Brauer-ov postupak, merenje protoka vode 1308

Brauer-ova kočnica sa automatskim regulisanjem 1320
Brazdasti čelik, čelik za 1022
Brazdasti limovi 1023
Brazdasti linoleum 1204
Breča 1081, 1085
Breithaupt-ova mineraloška skala tvrdoće 1431
Bremen plavo 1181
Brephos-staklo 1126
Brewster 918
Breza 1129, 1132
Briket kamenog uglja, težina 972 1164
Briket mrkog uglja, težine 972 1164
Briket uglja 1162
Briketi 974
Brilant zeleno 1181
Brinell-ova metoda, ispitivanje tvrdoće 909
Brinell, tvrdoća 909, 910
British Thermal Unit (BTU) 1481
British Thermal Unit, pretvaranje u kcal 1485, 1486
British Thermal Unit (BTU), pretvaranje u kWh 1485
British Thermal Unit/s 1483
British Therm. Unit., upoređenje 1481, 1486
Brix-Fischer areometar skala 1475
Brizantni eksplozivi 1220
Brizantni eksplozivi, brzina sagorevanja 1218
Brizantnost 1220
Brizgane mase 1140
Broć 1181
Brodske engl. tone, pretvaranje u kilograme 1460
Broj, saponifikacioni 1176
Broj, neutralizacioni 1176
Brojači 1302
Brojači rada (indikatori) 1324
Brojači toplote 1331
Brojači za merenje protoka tečnosti 1307
Brojne vrednosti jačine pri zatezanju kaiševa 1202
Brojne vrednosti za stvarni pritisak u sisku, blendi 1314
Bromid srebra 954
Bronza 927, 928, 961, 1007, 1044
Bronza aluminijuma 1046, 1049
Bronza aluminijuma sa više elemenata 1046
Bronza čelična 1044
Bronza, delta-HD 928
Bronza, isima-maš. 1047
Bronza, kalajna 927, 928, 962, 1045, 1049
Bronza, manganova 1044, 1048
Bronza, mornarička, mašinska 1044, 1045
Bronza, nikal- 1047, 1049
Bronza, nikal-silicijum- 1049
Bronza, obrada 1044
Bronza, olovna 1047
Bronza sa više elemenata 1047
Bronza, silicijum- 1047
Bronza, težina ploča 990
Bronza, volfram- 1078
Bronza za klizanje 1045
Bronza za kovanje 1044, 1047
Bronza za livenje 996, 1044, 1045
Bronza za livenje, aluminijum- 1046
Bronza za obradu deformacijom, sastav, svojstva 1045, 1047, 1049
Bronza za provodnike 1047
Bronza za sinterovanje 1044, 1048
Bronzana žica 1268
Bronze specijalne 1044
Bronze za elektrode 1048
Bronze za valjanje 1044
Bruger-uključivač 1327
Brusna hartija 1238
Brusno platno 1238
Brzina detonacije 1219, 1220
Brzina eksplozije baruta 1218
Brzina, merenje 1302
Brzina sagorevanja baruta 1218, 1220
Brzina, uticaj na izbor pogonskih kaiševa 1203
Brzina vožnje u km/h koja odgovara vremenu vožnje/km 1479
Brzina zvuka u pluti 1209
Brzina zvuka u vodi 1156
Brzine. Frekvencije, pretvaranje 1476
Brzinomeri 1307
Brzinomeri, avionski 1304
Brzinomeri, brodski 1304
Brzo filtrovanje 1159
Brzorezni čelik 1016, 1022, 1071
Brzorezni čelik, volfram- 1078
Bubrenje drveta 1131
Bubrenje krečnog maltera 1108
Bukovina 943, 1129, 1134
Bukva, bela 1133
Bukva, crvena 1133
Buna-kaučuk 1206, 1208
Bunkerske vage, transportne 1305
Buradna kamena soda 1227
Busola, geometarska 1355
Busola za orijentaciju 1355
Butadien 1208
Butadien, čelične boce za 1297
Butan 967, 1173
Butan, čelične boce za 1297
Butanol 1237
Buterna kiselina 967
n-Butilacetat 1236

C

Caliche (šalitra) 1229
Cambrie 1155
Camanal tutkalo 1185
Canvas 1155
Carska voda 1225
Carta, tvrdi papir 1155
Cassiopeium 951
Cauchy, stav o naponima 777
Cedit 1072
Celofan 961
Celon 961, 1144
Celon-lepak lak 1187
Celsius-ova skala 1326
Celuloid-kit 1187
Celuloza, derivati, shema 1144
Celuloza micelije 1129
Celuloza, nitrirana 1221
Celulozna građa drveta 1129
Celulozna vuna 1195
Celulozna vuna, svojstva 1192
Celzit 1072
Cement 961, 972, 982, 1100, 1104, 1105, 1106, 1107
Cement, aquadom 1105
Cement, dodaci, hidraulički 1105
Cement-fluat, Kessler-ov 1110
Cement od karboruduma 1218
Cement sa brzim početnim stvrdnjavanjem 1105
Cement, standardi 1106
Cement, uticaj temperature na vezivanje 1115
Cementiran čelik 1011
Cementiranje 981, 1016
Cementiranje, čelični liv za 1014
Cementne boje 1180
Cementni crep, ploče 1091
Cementni malter, jačina 933, 935
Cementom vezane opeke 1089
Cena srebra — vrednost 1138
Cena zlata, zlatan standard, vrednost zlata 1396
Centezimalna vaga 1305
Centimetarski talasi 1480
Centipoise 1175
Centrička i cevasta libela 1348
Centrifugalna pumpa, merenje potrošnje snage 1321
Centrifugalne sile, naprezanje usled 894
Centrifugirane livene cevi 1273
Centrifugirani beton 1115, 1117
Centrifugirani liv, bronze 1045
Cepanica, prevođenje zaprem. metara u kubne 1131
Cer dioksid 951, 961, 1079,
Cer-gvožđe 1079
Cetenski broj goriva 1167
Cevasta libela 1348
Cevaste tkanine 1197
Cevi 1269
Cevi, armirano betonske, za pritisak 1289
Cevi, azbestno-cementne 1091
Cevi, bakarne, dimenzije, težine 1284
Cevi, betonske, sa naglavkom 1288
Cevi, centrifugirane livene 1273
Cevi, gvozdene, pregled 1273
Cevi, kalajne 1283
Cevi, kanalizacione keramičke 1098, 1289
Cevi, krive, deformacija 876
Cevi, materijali za 1269
Cevi, meke i tvrde olovne, dimenzije, težine 1286, 1287
Cevi, mesingane, dimenzije, težine 1285
Cevi, metalne 1283
Cevi od aluminijuma i aluminijum-legura 1034
Cevi od livenog gvožđa, sa naglavkom i prirubnicom 1273
Cevi od livenog gvožđa sa naglavkom za pritisak i cevi sa prirubnicama 1270
Cevi od mekog i tvrdog olova 1286, 1287
Cevi od mesinga 1051
Cevi od obojenih metala 1283
Cevi od pečene gline 1280
Cevi od točenog čelika, standardi 1282
Cevi od veštačkih materijala 1290
Cevi, olovne, prerađene, standardi 1283
Cevi, olovne, sa oblogom od kalaja 1283
Cevi, porcelanske 1290
Cevi, proračun 1272
Cevi, sa naglavkom, betonske 1288
Cevi sa naglavkom i cevi sa prirubnicom od livenog gvožđa 1273
Cevi sa naglavkom i kratkim priključkom 1275
Cevi sa naglavkom od livenog gvožđa 1274, 1275
Cevi sa naglavkom za pritisak, od livenog gvožđa 1270
Cevi sa prirubnicom, od livenog gvožđa 1273
Cevi sa prirubnicama, od livenog gvožđa, dimenzije, težine 1271
Cevi sa zavojnicama 1282
Cevi, standardi za čelik 1242
Cevi, staklene 1290
Cevi za bušenje, bešavne 1282
Cevi za bušenje, standardi za čelik 1242
Cevi za čišćenje, za vodove za upotrebljenu vodu 1273
Cevi za gas 1282
Cevi za gasovode 1269

Cevi za grejanje, materijali 1272
Cevi za hemisku industriju, materijali 1272
Cevi za instalacije 1272
Cevi za ključanje 1052
Cevi za kondenzatore 1051
Cevi za kondenzatore, dimenzije, tehnički uslovi za isporuke 1286
Cevi za kotlove, materijali za 1269
Cevi za merenje zaustavnog pritiska 1311
Cevi za paru, materijali za 1269
Cevi za pritisak, armirano betonske 1289
Cevi za pumpe, materijali 1272
Cevi za vodokaze 1290
Cevi za vodove, materijali 1271
Cevi za vodovode, materijali 1272
Cevni fasonski komadi, normalne težine od livenog gvožđa 1276 1277, 1278, 1279
Cevni reduktori sa naglavkom 1282
Cevovod, merači vode 1307
Cevovodi, obeležavanje 1273
Cevovodi za gas pod visokim pritiskom, materijali za 1271
Cevovodi za komprimovan vazduh, materijali 1271
Cevovodi za penjanje tečnosti, materijali za 1271
Cevovodi za turbine, materijali 1272
Cezijum 951, 961
CFR-motor 1166
Chrysotil azbest 1194
Cibanit 1150
Cijan 671
Cijanidi zlata 1075
Cijanidna jedinjenja srebra 1073
Cijanidna kupatila 982
Cijankalijum 954, 961
Cijanovodonična kiselina 954, 961
Cikloheksan 1236
Cikloheksanol 1236
Cikloheksanolacetat (cikloheksilacetat) 1237
Cikloheksanon 1236
Cikloheksilacetat 1237
Cilindersko ulje za parne mašine 1177
Cink 932, 951, 961, 980, 988, 994, 1056, 1057
Cink-bakar-legure, svojstva 1052
Cink, čist 1057
Cink-legure koje sadrže aluminijum 1059, 1060
Cink-legure koje sadrže bakar 1060
Cink, standardi za, američki 1057
Cink sulfat 985
Cink, svojstva 1057
Cink, težina ploča 990
Cink, trgovačke vrste 1057
Cink u prahu 1007
Cinkov lim 1267
Cinkov talasasti lim 1269
Cinkova legura za livenje 1058
Cinkova legura za obradu deformacijom 1058
Cinkova ruda 1056
Cinkovanje u vatri 982
Cinkove folije 1268
Cinkovo zeleno 1181
Cinkovo žuto 1180
Cinober 1078, 1180
Cirade za kola 1197
Cirkon oksid 961
Cirkonijum 951
Cirkonova ruda 961
Cirko-silikat opeke 1096
Clapeyron-ova jednačina 829
Cochenille crveno 1181
Col (palac), engleski i američki 1432
Contracid-berilium 1038
Cord-konci 1196
Corex-staklo 1126
Corhard opeke 1096
Crep 961, 1094
Crep, cementni 1091
Crep S 1094
Crep sa jezičkom 1094
Crep sa žljebom 1091, 1094
Crep, stakleni 1123
Creva od gume 1296
Creva, tehnička tkanina 1198
Creva za prskanje 1198
Crne neorganske boje 1181
Crni bakar 1039
Crni limovi 1023
Crossley-bubanj 1311
Crvene boje 1181
Crveni oksid gvožđa 1181
Crveni tombak 1050, 1052
Crveno drvo 1130
Cupro sulfat — β naphthol suspenzija 1336
Cuprodur 1047

## Č

Čad 955, 961, 962, 1181, 1210, 1218
Časovne zone 1431
Čekinje 1193
Čelici austenitni 1012
Čelici, brzorezni 1022, 1023
Čelici, konstruktivni, postojani na visokoj temperaturi 1019
Čelici, legirani, alatni 1022
Čelici, legirani, konstruktivni 1017, 1018
Čelici, mašinski, čvrstoća 922
Čelici, nelegirani, alatni 1020
Čelici, nikal-hrom 1014, 1070
Čelici, specijalni, za ventile motora sa unutrašnjim sagorevanjem, čvrstoća 926
Čelici, šipkasti, fasonski 1243

Čelici za bubnjeve, čvrstoća na višim temperaturama 926
Čelici za dinamo 1019
Čelici za elektrotehniku 1019
Čelici za hemisku industriju 1018
Čelici za limove za transformatore 1019, 1020
Čelici za magnete 1018, 1019, 1022
Čelici za razne matrice 1020, 1022, 1023
Čelici za proizvodjače pare 1018
Čelici za ravno rezanje za glodala i svrdla 1023
Čelici za trajne magnete 1071
Čelici za transformatore 1019
Čelici za ventile motora sa unutr. sagorevanjem, čvrstoća 926
Čelična armatura u betonu, dozvoljeni naponi 946
Čelična bronza 1044
Čelična užad nad zemljom 1295
Čelična užad. za rudarstvo 1295
Čelična žica, pletivo od 1295
Čelična žica za pletiva, trgovačke vrste 1262
Čelične boce 1296, 1297
Čelične boce, bešavne, za sabijene gasove i gasove prevedene u tečno stanje 1297
Čelične boce, premaz bojom 1297
Čelične osovine 1243
Čelične trake 1293
i valjaonički proizvodi 1240
Čelični limovi 1260
Čelični limovi, nem. skala 991, 992
Čelični limovi za vazduhoplovstvo 1258
Čelični liv 921, 940
Čelični liv, hrom-nikal 1014, 1070
Čelični liv, koeficijenti elastičnosti i čvrstoće 922
Čelični liv, kvalitetne vrste 1014
Čelični liv, mangan 1014
Čelični liv, nikal 1014
Čelični liv, postojan na visokoj temperaturi 1019
Čelični liv sa naročitim magnetnim svojstvima 1014
Čelični liv, silicijum 1014
Čelični liv, standardi 1242
Čelični liv za cementiranje 1014
Čelični liv za konstruktivne delove izložene jakom naprezanju 1014
Čelični nemački normalni I profili, površine preseka, težine, momenti 1252, 1253
Čelični pragovi, standardi 1242
Čelični šipovi 1259
Čelični valjani profili, različiti standardi 1258
Čelik 940, 961, 1008, 1012, 1072
Čelik betonski 946, 1247
Čelik, cementiran 1011
Čelik, četvorougaoni 1243
Čelik, gradjevinski St 52 921
Čelik i gvoždje 1008
Čelik i liveno gvožđe, koeficijenti elastičnosti i čvrstoće 921, 922
Čelik iz lonaca 1011
Čelik, klinasti 1247
Čelik koji ne rđa 1017
Čelik, kovani 785
Čelik, kvadratni 1243
Čelik, legiran 921
Čelik, mašinski konstruktivni 1016
Čelik, nemački normalni profili, površine preseka, težine, momenti 1248 do 1258
Čelik, nitriran 925
Čelik, obrada deformacijom 1013
Čelik, obrada, plastična 1015
Čelik, obrada, termička 1015
Čelik, okrugli 1243
Čelik, oplemenjen, čvrstoća 921
Čelik, oznake 1242
Čelik, pljosnati 1243
Čelik, Poisson-ov koeficijent 779
Čelik, specijalni, za zavarivanje 1258
Čelik, sredstva za nagrizanje 993
Čelik St 37, ω-dijagram 871
Čelik, St 52, sastav i jačina 1016
Čelik, šestougaoni 1243
Čelik, široki pljosnati 1243
Čelik, širokotrakasti 1262
Čelik, tehničke vrste 1016
Čelik, termička obrada 1015
Čelik, točeni, trg. proizvodi od, 1243
Čelik, trakasti 1262
Čelik, trapezni 1247
Čelik, trgovački proizvodi 1240
Čelik, uslovi za isporuke 1243
Čelik, valjani 785
Čelik za bondruk, skeletne građevine, nemački normalni profili ⊏, površina preseka, težina, momenti 1254
Čelik za brodogradnju 1016
Čelik za cevi, čvrstoća na višim temperaturama 926
Čelik za konstrukciju komandnih signalnih uređaja, nemački normalni profili, površina preseka, težina, momenti 1255
Čelik za kotlovske limove, čvrstoća na višim temperaturama 926
Čelik za oblaganje, nemački normalni profili, površine preseka, težine, momenti 1257
Čelik za opruge koeficijenti elastičnosti i čvrstoće 921, 925
Čelik za opruge, standardi 1247
Čelik za rukohvat ograde 1258
Čelik za sečenje zavojnica 1023
Čelik za skeletne čelične građevine, nemački normalni ⊏-profili, površina preseka težina, momenti 1254

Čelik za talpe za priboje 1258
Čelik za velike čelične konstrukcije 1016
Čelik za vagone, normalni nemački profili, površina preseka, težina momenti 1255
Češki mrki ugalj 1162, 1165
Četinari 943
Četverti, pretvaranje u hektolitre 1459
Četvorougaona žica 1262
Četvorougle elektrode, presek, težina 1211
Četvrtasta užad, upletena 1196
Čilska šalitra 1229
Čipke-bobinet 1197
Čipke izrađene iglom 1197
Čipkasto pletenje, tkanine 1197
Čist aluminijum, dozvoljene primese 1025
Čist aluminijum, poluproizvod 1025
Čist aluminijum, vrednosti jačine 1026
Čist cink 1056, 1057
Čist cink, mehanička svojstva 1058
Čist nikal, fizička svojstva 1068
Čist sadržaj, poluproizvoda bakra 1041, 1042
Čisti elementi 952
Čisto gvožđje 1009
Čisto srebro 1073
Čisto zlato 1074
Čistoća trgovačke sode, oznake 1227
Čitanje, mikroskopi za 1350
Čupave tkanine 1197
Čvorovi, pretvaranje u engleski yard/h 1477
Čvorovi, pretvaraije u m/s 1477
Čvorovi za vezivanje užeta 1293
Čvrsta goriva, količina isparljivih gasova 1162
Čvrsta goriva, količina sadržane vlage 1163
Čvrsta goriva, toplotna moć 1162, 1109, 1486
Čvrsta tela, zapreminske i specifične težine 960
Čvrstoća, 776, 789
Čvrstoća, dinamičko ispitivanje 910
Čvrstoća drveta 1132, 1133
Čvrstoća, ispitivanje 903
Čvrstoća, laki metali 929
Čvrstoća na povišenim temperaturama, laki metali 931
Čvrstoća na višim temperaturama, bakar i legure bakra 928
Čvrstoća na višim temperaturama, čelik i liveno gvožđe 922
Čvrstoća, proračun 787
Čvrstoća protiv kidanja 776
Čvrstoća protiv klizanja 776

Ć

Ćeramida, ravna i žljebasta 1094
Ćerpič 1090
Ćezap 1224
Ćilibar 961, 1182
Ćiriš 1185

D

Dacit 1081
Daleki gasovodi, tablice sa uputstvima 1273
Daljinar, autoreduktivni 1360
Daljinar, Hammer-Fennel-ov 1360
Daljinar, optički 1358
Daljinar sa koncima 1359
Daljinar sa tangentnim zavrtnjem 1359
Damast 1197
Danaide 1308
Daske 1139
Datumska granica 1481
Dan, sunčani, zvezdani 1430
Davač stvarnog pritiska 1312, 1313
Debela užad 1196
Debljina cinkovog lima, nemačka skala 1268
Debljina zida, minimalna, livenje brizganjem i livenje presovanjem 1004
Decimalna vaga 1305
Decimetarski talasi 1480
Deformacija 776, 783, 840, 903, 904
Deformacija, elastična, pri savijanju 798
Deformacija, elastični deo 776
Deformacija krivih štapova, cevi 876
Deformacija meke gume 1207
Deformacija, trajni deo 776
Deformacija usled smicanja 777
Deformacija usled smicanja, konzola 834
Deformacioni rad normalnih napona pri savijanju 803
Deformacioni rad smičućih napona 835
Dehloriranje vode 1160
Dejstva poremećajnih sila na građevinske delove 1324
Dejstvo eksploziva 1219
Dejstvo zareza, 782, 788, 860
Dekahidronaftalin 1237
Dekalin (dekahidronaftalin) 1237
Deklinacija, magnetska 1355
Dekorit 1154
Dekstrin 1182, 1186
Delovi cevi sa prirubnicom i naglavkom 1275
Delovi konstrukcija, ispitivanje 905
Delovi liveni i kovani 1240
Delovi skretnica, materijal 1023

Delta-metal 961
Dendridi, dugi 790
Deoba površina 1373
Derivati azotne kiseline 1220
Derivati celuloze 1144, 1145
Derivator sa prizmom, Harbouscher-ov 1323
Desenovane materije 1197
Desjatine ruske, pretvaranje u metarske mere 1451
Desno upredanje 1196
Desno upredanje, užad 1295
Destilacija frakciona 1165
Destilacija vode 1159
Destilacijom dobiven benzin 1170
Destilacioni ostatak 1165
Destilat glicerin 1232
Destilati, mazivna ulja 1174
Detelina, seme, težina 961
Detonarska kapisla 1222
Deuterijum oksid (teška voda) 1157
Dia-carbon-lučne lampe 1214
Diacetonalkohol 1236
Diara 1101
Diaspor 1095
Diatomejska zemlja 961, 1086
Dietrich, uređaj za merenje dilatacije 914
Diferencijalna jednačina elastične linije 799, 800, 863
Diferencijalni manometri 1302, 1313
Difluordihlormetan 971
Difuzioni postupci, zaštita drveta 1134
Dijabaz 934, 1081, 1084, 1088
Dijabaz, tucanik 973
Dijafragma, končanični prsten 1349
Dijagonalno vezivanje 1197
Dijagram, indikatorski 1322, 1323
Dijagram istezanja mekane gume 1206
Dijagram $M_i$-$\psi$ 909
Dijagram momenta savijanja 792
Dijagram, $\omega$-, konstruisanje 870, 871
Dijagram $P$-$\Delta l$, odn. $\sigma$-$\varepsilon$ 906
Dijagram sila-ugib, opruga 878
Dijagram stanja gvoždje-ugljenik 1009
Dijagram, $\sigma$-$\varepsilon$ 907
Dijagram transverzalne sile 792, 793
Dijagram vreme-izduženje 913
Dijagram za dinamičku čvrstoću 923, 924
Dijagram za jačinu aluminijumovih legura pri dinamičkom opterećenju 786
Dijagram za jačinu pri dinamičkom opterećenju 786
Dijagram za jačinu pri dinamičkom opterećenju po Haigh-u i Smith-u 911
Dilatacija 777, 780, 915
Dilatacija, merenje 916
Dilatacija pri savijanju 799
Dilatacija pri slomu 782, 904, 920, 921, 922
Dilatacija, zapreminska 779
Dimenzionisanje, nosači jednake otpornosti prema savijanju 825/828
Dimenzionisanje pritisnutih štapova, izvijanje 865, 872
Dimenzionisanje valjanih nosača 823, 824
Dimetil keton 1233
Dimni gasovi, zaštita protiv 982
DIN-saopštenja, standardi 978
Dinamička čvrstoća, dijagrami za 923, 924
Dinamička ispitivanja čvrstoće 910
Dinamička jačina drveta 1134
Dinamička viskoznost 1175
Dinamički slom 789, 858
Dinamičko ispitivanje savijanjem 905
Dinamičko naizmenično opterećenje 788
Dinamičko naizmenično opterećenje, železnički mostovi 942
Dinamičko opterećenje 782, 788
Dinamičko opterećenje, dejstvo zareza 782
Dinamit 1219, 1221
Dinamit glicerin 1232
Dinamo, čelici za 1019
Dinamo limovi 1020
Dinamometar sa trakom 1319
Dinamometar, torzioni, Vieweg 1320
Dinamometar, torzioni, Föttinger ili DVL 1320
Dinamometar, traka 1319
Dinamometri, kočnice 1319, 1320
Dinamometri za uključivanje 1320
Dinitrobenzol 1219
Dioksan 1236
Diopterski instrumenti 1344
Diorit 1081, 1082, 1088
Dirke, elektrografitne 1215
Dirke, grafitne 1215
Dirke, metalno grafitne 1215
Dirke od tvrdog uglјena 1215
Dirke, uglјene 1214
Disk jednake otpornosti 896, 897
Disk koji se obrće, uticaj centrifugalnih sila 894/897
Dissous-gas 1231
Dizel-motorsko gorivo 1165, 1167 1169
Dlake 1193, 1194
Dlake alpake 1194
Dlake vigonje 1194
Dleto za rad komprimovanim vazduhom, materijal 1023
Doboš, instrument 1344
Doboš sa prizmama 1346

Doboši od teleće kože 1200
Dodatak kreča 1010, 1011
Dodirne stene 1081, 1087
Dokimastička proba 1073
Dolomitne opeke 1096, 1097
Dolomitni kreč 1102, 1103
Dolja, ruska, pretvaranje u mg 1465
Donarit 1219
Donja toplotna moć čvrstih goriva 1162, 1165
Dozvoljen napon pritiska za beton, betonski stubovi 946
Dozvoljena gustina struje, elektroda 1213
Dozvoljeni momenti torzije, smičući naponi usled torzije i uglovi torzije 837/839
Dozvoljeni naponi 937
Dozvoljeni naponi, čelična armatura za beton 946
Dozvoljeni naponi pritiska, građevinsko drvo 943
Dozvoljeni naponi pritiska, stubovi 945
Dozvoljeni naponi pritiska, zid od kvadera 944
Dozvoljeni naponi, staklo 947
Dozvoljeni naponi, zgradarstvo 941 942
Dozvoljeni pritisci, zemljište 946, 947
Dozvoljeni uporedni napon 786
Dozvoljeno opterećenje nosača 811 do 816
Drehschmidt-ova platinska kapilara 1338
Drvena kaldrma 961
Drvene ploče 1126, 1127
Drveni pragovi, železnički 1138
Drveni ugalj 961, 973
Drvni alkohol 1231
Drvo 972, 974, 1129, 1163
Drvo, bubrenje 1131
Drvo, celulozna građa 1129
Drvo, dimenzionisanje pritisnutih štapova, $\omega$-postupak 873
Drvo, dinamička jačina 1133
Drvo, elastičnost i čvrstoća 1132, 1133
Drvo, furnir 1136
Drvo, građevinsko, dozvoljeni naponi pritiska 943
Drvo, građevinsko, poprečni preseci 1139
Drvo, hemiski sastav 1129
Drvo, hemisko nagrizanje 1134
Drvo, jačina drveta za gradnju letilica 1134
Drvo, koeficijent provođnje toplote 1131
Drvo, korozija 1134
Drvo, lakirano 1136
Drvo, laminirano, svojstva 1137
Drvo, metalizovano 1137
Drvo, naprsline od mraza 1130
Drvo, otpaci, iskorišćavanje 1139
Drvo, parenje 1135
Drvo, plastično 1137
Drvo, presovano 1137
Drvo, savijeno 1137
Drvo, skupljanje 1131
Drvo, sredstva za impregnisanje 1135
Drvo, stolarsko 1139
Drvo, sušenje 1135
Drvo, svojstva 1130, 1131, 1132, 1133, 1134
Drvo, šperploče 1136
Drvo, tehnički upotrebljivo 1138
Drvo, toplotna moć 1133
Drvo, toplotna svojstva 1131
Drvo, toplotno širenje 1131
Drvo, truljenje drveta 1134
Drvo u zgradarstvu, dozvoljeni naponi 943
Drvo, ugljenisano 1137
Drvo, ugljenisanje 1136
Drvo, uobličavanje 1136
Drvo, uobličavanje, Thonet postupak 1136
Drvo, uvijeni rast 1130
Drvo, veštačko, tvrdo 1155
Drvo za dobivanje celuloze 1139
Drvo za gorivo 1138
Drvo za hartiju 1131, 1139
Drvo za mašine, letilice, vozila, čamce 1139
Drvo za pragove 1138
Drvo, zapreminska težina 1130, 1132
Drvo, zaštita 1135
Drvo, zaštita, Boucherie-ev postupak 1135
Drvo, žilavost prema udaru 1132,
Drvodeljski čvor 1293
Državna triangulacija, pregledni spisak 1376
Državna trigonometriska mreža 1267
Dubinske stene 1081
Duboko nagrizanje sa pikrinskom kiselinom 993
Dugačko drvo 1138
Dugi štap opterećen aksijanlom i transverzalnom silom 849
Dugi štap opterećen ekscentričnom silom 849
Dugi talasi, elektromagnetski 1480
Dugo gorenje, efekt lampe 1213
Dugovlaknasta vuna, crossbred 1193
Durax-staklo 1126
Durbin 1374
Durbin za viziranje 1349
Durkotos 1155
Dužina kidanja prizmatičkog štapa 791

)užina kidanja tehničkih vlakana 1192
)užina trajanja kokila 1090
)užina vlakna (stapel) 1191
)va elementa, legure sa 1046
)vostruko pokrivanje crepom, nagib krova, 1094
)vostruko srce, stabla sa 1130
)vostruko T presovani profili od lakog metala, površine preseka, težine, momenti 1267
)vostruko T-profil, jezgro poprečnog preseka 847
)vostruko T-profili, nemački, za čelične konstrukcije 1252, 1253
)vostruko T-profili, nemački, za vagone 1253
)vostruko T-profili za rudnike 1258

DŽ

'žepni padomer 1356

E

au de javelle 1230
bonit 1206
fekt lampe za dugo gorenje 1213
fektivan napon 783
fektni ugali 1213,
ibi vezivo 1089
karit 1146
kliptika, osrednji nagib 1430
kscentar vratila, legirani čelik za 1018
kscentričan rast 1130
kscentrična sila 849
kseri 1024
ksploziv, dejstvo sabijanja 1219
ksploziv, osetljivost 1219
ksploziv, sadržaj energije 1219
ksploziv, radni učin 1219
ksploziv, razorno dejstvo 1219
ksplozivi 1218
ksplozivi, brizantnost 1220
ksplozivi, brizantni za stene 1222
ksplozivi, hloratni i perhloratni 1221
ksplozivi, inicijalni 1222
ksplozivi, organski 1220
ksplozivi, rudarski 1222
ksplozivi, sa tečnim vazduhom 1220, 1221
ksplozivi, sigurnosni 1221
ksplozivi, vrste 1220
ksplozivi za rudarska okna 1222
ksplozivi za stene 1222
ksplozivno dejstvo 1219
kstrakcioni benzin 1165
kstrakti iz crvenog drveta 1181
kstrakti iz ogroza 1181
Ekstrakti iz plavog drveta 1181
Ekstrakti iz žutog drveta 1181
Ekvatorijalni moment inercije i otporni moment različitih površina poprečnih preseka 806
Elastična deformacija pri savijanju 798
Elastična linija 799, 834, 850
Elastična linija, diferencijalna jednačina 799, 800, 863
Elastična linija, jednačina 811/816
Elastična linija, Mohr-ova analogija 800
Elastična linija, ugao nagiba, kriviна 798, 799
Elastična svojstva materijala 906
Elastična svojstva meke gume 1207
Elastični rad pri promeni oblika, najveći, hipoteza o slomu 784
Elastičnost 776, 904
Elastičnost i čvrstoća, koeficijenti za čelik i liveno gvožđe 921
Elastičnost i jačina građevinsko-tehničkog stakla 1124
Električna provodljivost bakra 1039, 1042
Električna provodljivost bronze 1047
Električna provodljivost metala 983, 989
Električna provodljivost stakla, specifična 1120
Električna provodljivost žice od bronze 1048
Električni termometri sa otporom 1327
Električno lučno zavarivanje, ugljene elektrode za 1214
Elektrit 1235
Elektro-akustički prenos, frekvencije, talasne dužine oscilacija 1480
Elektročelik 1011
Elektrode, amorfne 1212, 1214
Elektrode, četvorougle, presek, težina 1211
Elektrode, elektrografitne 1212, 1214
Elektrode, grafitirane 1212
Elektrode, grafitne 1212
Elektrode, koje se mogu složiti u pakete 1211
Elektrode, oblici glava 1211
Elektrode, okrugle, prečnik, težina 1211
Elektrode, svojstva 1212, 1213
Elektrode, za dobivanje čelika 1212
Elektrode, za dobivanje karbida 1212
Elektrode za elektr. lučno zavarivanje 1214
Elektrografit 1211, 1215
Elektrografitne dirke 1215
Elektrografitne elektrode 1214
Elektrohemiska površinska obrada 985

Elektrolitička obrada kao površinska zaštita 936
Elektrolitički bakar 1040
Elektrolitički nikal 1067
Elektrolitičko gvožđe 1011
Elktrolitičko olovo 1061
Elektrolitičko prevlačenje olovom 1062
Elektrolitičko srebro 1074
Elektrolitičko zlato 1075
Elektroliza bakra 1039
Elektromagnetske oscilacije frekvencije 1480
Elektronski zraci, frekvencije 1480
Elektronvolt 1481
Elektrorubin 1235
Elektrotehnika, bakar za 1042
Elektrotehnika, čelici za 1019
Elektrotehnika, primena srebra u 1074
Elektrotehnika, propisi za upotrebu aluminijuma 1034
Elektrozastakljivanje 1124
Elementarna analiza ugljeva 1165
Elementarne materije 950
Elementi, hemiski 951, 952
Elementi, prirodni sistem 953
Elementi za legiranje čelika 1012
Eliminisanje, Gauss-ova metoda 1388
Elipsa dilatacija 914
Elipsoid, rotaciski, površina 1340
Eliptička ploča 889
Eliptični poprečni presek, krivi štapovi 875
Eliptični poprečni presek, moment inercije 806
Eliptični poprečni presek, otporni moment 806
Eliptični poprečni presek, savijanje i torzija 860
Eliptični poprečni presek, prsten, torzija 837
Eliptični poprečni presek, prstenasti, moment inercije 806
Eloksal-postupak 986
Elomag-postupak 986
E-modul metala 988, 989
E-modul, modul elastičnosti 775, 778, 878, 904, 907, 921
Emulgirana maziva 1174
Emulgirana ulja za cilindre 1174
Emulgirane masti 1175
Emulzije 1182
Energija, upoređenje jedinica za rad i snagu 1481
Engler-ov stepen 1175
Engler-ov viskozimetar 1175
Engleska stopa 1432
Engleske skale za lim i za žicu 991, 992
Englesko crveno 955, 1181
Engl. ft. tona 1481
Engl. tone, pretvaranje u metarske tone 1460
Engl. toplotna jedinica v. Britisc Thermal Unit 1481
Engl. unce, pretvaranje u grame 1462, 1463
Engobiranje 1094
Eozin 1181
Erbijum 951
Erg/s, upoređenje jedinica snag 1482
Eruptivne stene 1081, 1082
Estri 1182
Etar 955, 1233, 1237
Etarova para 971
Etilacetat 1236
Etilbenzoat 967
Etilbromid 967
Etil, čelične boce za 1297
Etilen 967, 971
Etilen (di) hlorid 1236
Etilenoksid, čelične boce za 1297
Etilestar mlečne kiseline 1237
Etilformiat 967
Etilhlorid 967
Etilglikol 1236, 1237
Etillaktat 1237
Euler-ova hiperbola 864, 868, 871
Euler-ova sila izvijanja 863
Euler-ovi slučajevi izvijanja 864
Europijum 951
Eusolvan 1237
Everdur 1047

F

Fabinet 1204
Fagelan 1204
Fasadna opeka 1093
Fasonski čelik, gvožđe, standar 1241
Fasonski čelik za zglobove, sta dard 1247
Fasonski komadi, bešavne čelične cevi 1283
Fasonski komadi, normalne teži cevi od livenog gvožđa 12 1277, 1278, 1279
Fasonski komadi od livenog gvož 1273, 1274, 1275, 1276/1277, 1278/12 1280/1281, 1282/1283
Fasonski komadi od livenog gvož normalne težine 1276/1281
Fasonski komadi za kanalizaciju, ramički 1289
Fathom, pretvaranje u metarske mere 1441
Faulconnier, stakleni blokovi za danje 1123
Faust, šuplji stakleni blokovi za danje 1123
Favre, određivanje glavnog napo 918

eldspat 961
enil alkohol 1234
enil-amin 1234
enol 961, 1160, 1234
enol-formaldehid veštačka smola 1142, 1151
enolne smole 1411, 1143, 1155
enoplasti kao prevlake 985
erari cement 1105
ero hlorid 955
ero hrom 1076, 1077
ero mangan 1010
ero molidben 1077
ero silicijum 1010
ero sulfat 1159
erri hlorid 1159
erri oksid 1235
broin 1193
lc 1187
lc za mašine za izradu hartije 1198
lc za poliranje i glačanje 1198
lc za zaptivanje 1198
ltri 1160
ltri, neo-permutit- 1160
ltri sa aktivnim ugljenom 1160
ltriranje kroz pesak 1159
ltrovano ulje 1179
ltrovanje vode 1159, 1169
na građa drveta 1129
na vuna (puh) 1193
ni malter 1111
noća legura metalnog novca 1396
rnis lanenog ulja 983, 1182
scher-Tropsch-ovim postupkom dobiven benzin 1166
scher-Tropsch-ova sinteza ulja 1170
tilji 1197
zička atmosfera, pretvaranje u bare 1472
zička atmosfera, pretvaranje u engl. palce Hg 1474
zička atmosfera, pretvaranje u kg/cm² 1471
zička i hemiska svojstva vode 1156
zička i tehnička svojstva drveta 1130
zička i tehnička svojstva kože 1201
zička i tehnička svojstva veštačkih materija 1140
zička ispitivanja maziva 1175
eksione opruge 879/882
eksione opruge, zavojne 883
nt (staklo) 1125
nt (Feuerstein) 1087
nt-barit staklo 1126
or 1197
uor 951, 967, 971
uor-kron staklo 1126
uoridi 985
Fluorovodonična kiselina 955, 967, 980, 994, 1225
Fluspat 955, 962
Föttinger ili DVL torzioni dinamometar 1320
Folije 1267, 1268
Folije od bakar-cinka 1268
Folije od cinka 1268
Folije od kalaja i cinka 1268
Folije od nikla 1268
Folije od platine 1076
Folije od zlata 1074
Fonolit 961, 1081, 1083
Footpound 1481
Footpound/s 1482
Formaldehid 1149, 1150, 1231
Formular za računanje poligonskih vlakova 1364
Formule hemiskih jedinjenja 954/958
Fosfor 951, 962, 1009
Fosforna bronza 962, 1007, 1044
Fosforna kiselina, orto 962
Fosforni pentoksid 1239
Fosgen, čelične boce za 1297
Fotoelasticimetriske metode 917
Fotogen 967
Fotogrametriska komora 1382
Fotogrametriski princip kartiranja 1382
Fotogrametriski teodolit 1382
Fototahimetrija 1382
Foto ugalj 1214
Fourcault-staklo 1118
Frahm-ovi češljevi 1303
Frakcije katrana kamenog uglja
Frakciona destilacija 1165
Francuska skala za žicu 991, 992
Frankfurt crno 1181
Franklinit 1056
1168
Frankolin 1231
Frekvencija i talasne dužine, oscilacija 1480
Frekvencije, pretvaranje 1476
Freon 967
Frikcioni upaljači 1218
Froude-ova hidraulična kočnica 1320
Fry-ov postupak 916
Ftalna kiselina 962
Ftalna kiselina-glicerinske veštačke smole 1142
Fuel oil 1167
Fuksin 1181
Fulminatna kiselina 1220
Fundamenti, podmetači od plute 1209
Funta, pretvaranje u kilograme 1462
Funta/kvad. palac, pretvaranje u kg/cm² 1469
Funta/kv. palac, pretvaranje u mm Hg 1473
Funta/kvad. stopa, pretvaranje u kg/m² 1469

Funta/palac, pretvaranje u kg/cm 1467
Funta/stopa, pretvaranje u kg/m 1466, 1467
Funta/yard, pretvaranje u kg/m 1466
Furniri 1136

G

Gabro 1081, 1082, 1088
Galenit 955, 962, 1060
Galica, plava 955, 965
Galica, zelena 955, 958
Gallon (USA) 1422
Galloni, pretvaranje u kubne decimetre 1457
Gall-ovi lanci 1293
Galvanske prevlake 981, 982
Gas, generatorski 1171, 1173
Gas, hladni, vazdušni 1173
Gas kamenog uglja 1172, 1173
Gas, kanalski 1174
Gas, kondenzovan 1173
Gas iz visokih peći 1172
Gas, mešani 1173
Gas, prirodni 1173
Gas, svetleći 1173
Gas, tipizirani (Normgas) 1172
Gas, truli 1174
Gas, varoški 971, 1173
Gas, zemni 1173
Gasna čadj 1218
Gasni i plameni ugalj 1162
Gasni koks 1164
Gasni sat 1311, 1324
Gasni sat bez vode 1311
Gasni sat sa vodom 1311
Gasni ugalj 1162
Gasno snabdevanje 1172
Gasno ulje 1167, 1173
Gasol 1173
Gasovi — bogati 1171, 1173
Gasovi, čelične boce za 1297
Gasovi, inertni 1171, 1173
Gasovi, isparljivi, čvrstih goriva 1162
Gasovi, ispitivanje 1337
Gasovi, merenje brzine 1303
Gasovi, specifične i relativne težine 970, 971
Gasovi, utečnjeni, bešavne čelične boce 1297
Gasovi, zapremina, pretvaranje 1487, 1488/1489
Gasovita goriva 1171
Gasovodovi i vodovodi, prerađene norme za 1272
Gasovodovi, obeležavanje, bojeni premazi 1172, 1173
Gašeni kreč, 957, 1102
Gašenje kreča 1108
Gauss-ova metoda eliminisanja 138
Gazifikacija 1172
Gay-Lussac-ov stepen 1227
Gay-Lussac-ov gel silicijumove kiseline 1239
Geodetski radovi 1341
Geodetski radovi za građenje železnica 1342
Geodezija, zadatak i primena 1340, 1341
Geoidna površina 1340
Geofan 1146
Geometarska busola 1355
Geometriski nivelman 1373
Germanijum 951
Gibanj, napon srednji 881
Gibanj, složeni 880
Gips 934, 955, 962, 972, 1081, 1087, 11
Gips, alabaster 1101
Gips iz obrtnih peći 1101
Gips iz peći 1101, 1108
Gips, podni 934, 1100, 1108
Gips, štukatur 934, 1100, 1103
Gips za kalupe 1101
Gips za košuljice 1101
Gipsana kaša 1108
Gipsani kamen, prirodni 1100
Gipsani malter 1108
Girusna metoda, merenje uglova 1352
Glacijalna sirćetna kiselina 955, 9 967, 1226
Glačanje 1194
Gladak crep 1094
Glauberova so 955
Glava cilindra, livenje 996
Glave ventila alatni čelici za 102
Glavna dilatacija, najveća (hipote o slomu) 784, 858
Glavna klizanja 778
Glavne dilatacije 778
Glavne ravni, stanje napona 777
Glavne tačke, kod snimanja, kor bogen 1385
Glavni napon, najveći (hipoteza slomu) 784, 858
Glavni napon, određivanje po F vre-u 918
Glavni naponi, pravci, 777, 780, 8 918
Glavni naponi, trajektorije 780
Glavni smičući naponi 777
Gleđosane zidne ploče 1094
Glicerin 955, 1232
Glicerin-voda, smese, spec. težir indeksi prelamanja 1233
Glikol 1236
Glikol-dinitrat 1221
Glikol monometiletar 1237
Glina 947, 973, 1084, 1085
Glinaste opeke 1095
Glinena roba 1092

Glinene pečene šuplje ploče 1094
Glinica — kristalizirana 1235
Glinovito zemljište, dozvoljeni pritisci 947
Gliptal 1155
Globar 1217
Glodala, alatni čelici za 1020
Glutinski lepkovi 1185, 1186, 1187
Gnajs 1081, 1087, 1088
Godišnji prstenovi drveta 1129
Goriva, čvrsta 1162
Goriva, čvrsta, higroskopna vlaga 1163
Goriva čvrsta, ispitivanje, standardi 1164
Goriva, čvrsta, sadržaj vode 1163
Goriva, čvrsta, sastojci 1162, 1163
Goriva, čvrsta, toplotna moć, donja 1162, 1165
Goriva čvrsta, toplotna moć, određivanje 1334
Goriva, čvrsta, uzimanje uzoraka, standardi za 1164
Goriva, gasovita 1171
Goriva, standardi za 1165
Goriva, tečna, prirodna 1165
Goriva, tečna, veštačka 1165, 1168
Gorka so 955, 962
Gornji stroj, železnički, materijal, standardi za 1242
Gorski kristal 962
Gotove glave zakivaka na toplo 1291
Goudron 1165
Goudron-asfalt, goudron-katran 1189
Goveđa koža 1198
Gradnja letilica, upotreba aluminijuma, propisi za 1034
Građa drveta 1129
Građenje železnica, prethodni radovi 1342
Građevinska stolarija, standardi za 1139
Građevinske ploče 1090
Građevinski šuplji blokovi 1089
Građevinski čelik, ispitivanje čvrstoće 904, 905
Građevinski čelik, koeficijenti izvijanja 871
Građevinski delovi, dejstvo poremećajnih sila 1324
Građevinski delovi u zgradarstvu, dozvoljeni naponi 941
Građevinski gips 1101
Građevinski kreč 1101
Građevinski kreč, standardi za 1103
Građevinski materijali, ispitivanje čvrstoće 904, 905
Građevinski materijali, mineralni, koeficijenti čvrstoće 933
Građevinsko drvo 1139
Građevinsko staklo 1120
Građevinsko tehničko staklo, elastičnost i jačina 1124
Grafičko određivanje momenata savijanja kranskih nosača 821
Grafit 955, 962, 974, 1215
Grafitirana mazivna ulja 1175
Grafitne dirke 1215
Grafitne elektrode 1211, 1212
Grafitni lonci 1216
Grafitni ugalj 1214
Grafitno mazivo 955
Gram/kv. decimetar, pretvaranje u troygram/kv. palac 1470
Gram/s, kg/h 1476
Granat 962
Grand 1085
Granica dilatacije 783, 906, 908
Granica dozvoljene greške, kontrolisanje mera 1299
Granica 0,2 - dilatacije 784
Granica elastičnosti 775, 783, 904, 907, 908
Granica gnječenja 775, 908 920
Granica otstupanja 1372, 1387
Granica proporcionalnosti 775, 783, 907
Granica proporcionalnosti pri izvijanju 868
Granica razvlačenja 775, 783, 788, 906, 908, 920, 937
Granica razvlačenja 0,2 783, 920, 922
Granica razvlačenja donja 788
Granica razvlačenja gornja 788
Granica razvlačenja pri savijanju 908
Granica tačnosti baždarenja, vage 1305
Granica uporednog napona 784
Granica za električne emisione talase 1480
Granit 933, 944, 1081, 1088
Granit linoleum 1204
Granitni porfir 1082
Granule 1007
Granjevina iznad 7 cm 1131
Grašak 974
Grebenasto olovo 1063
Greda od livenog gvožđa, dimenzionisanje prema savijanju 797
Greda sa prepustima 813, 817
Greda, savijanje 792
Greda, savijanje i smicanje 855
Grede, drvo 974
Grede, poprečni preseci, statičke vrednosti 810
Grejači 1217
Grejne cevi 1217
Greške boje drveta 1134
Greške i mane drveta 1130
Greške pri merenju 1299,
Griz — ugljeni 1215
Gruba građa drveta 1129
Gruba zrna 789

Grudve (lupe) 1011
Gruntiranje sa olovnim minijumom 983
Gubici magnetni 1020
Gubici toplote usled izolacije 1334
Gubitak rada elastične meke gume 1208
Gubitak usled habanja kamena 1088
Gubitak usled habanja kamenine 1098
Guma 962, 974, 1182, 1205/1206
Guma, dijagram- σ-δ 1206
Guma, elastično ponašanje 1207
Guma, ispitivanje 1208
Guma, koeficijenti elastičnosti i čvrstoće 932
Guma, meka 1207
Guma, prolazno izduženje 1207, 1208
Guma, sa gvožđem 962
Guma, sredstva koja sprečavaju starenje 1208
Guma, tvrda 1206
Guma, tvrda, čvrstoća 932
Guma, uslovi za isporuku 1208
Gumene prevlake 985
Gumeni kaiševi 1203
Gumeni proizvodi 962
Gumi guta 962
Gumirana hartija 1186
Gumirani kaiševi 1197
Gumma arabika 962, 1206
Gurdinamit 1219
Guseničasti lanci 1293
Gustina 959, 1477
Gusto dvostruko pokrivanje crepom 1094
Gutazin 962
Gutaperka 962, 1208
Gvozdena bronza 1044
Gvozdena crvena boja 1235
Gvozdena ruda 1010, 1011
Gvozdeni lim, olovom prevučen, pocinkovan 1023
Gvozdeni liv 1012
Gvozdeni oksid 1235
Gvožđa oksid crveno 1181
Gvožđa sulfat hlorid 1159
Gvožđe 951, 980, 988, 1011
Gvožđe čisto 1008, 1011
Gvožđe i čelik, obrada deformacijom 1012
Gvožđe i čelik, trgovački proizvodi 1240
Gvožđe-kobalt-molibden-čelik 1018, 1019
Gvožđe, liveno, sastav 1013
Gvožđe liveno, u zgradarstvu, dozvoljeni naponi 942
Gvožđe-mangan 1010
Gvožđe-nikal-aluminijum-kobalt-legura 1018, 1019
Gvožđe-nikal-kobalt-titan-legura 1018, 1019, 1018, 1019
Gvožđe-nikal-legura 1069
Ggožđe-nikal-sulfid 1067
Gvožđe-nikal-volfram-čelik 1018, 1019
Gvožđe-silicijum 1010
Gvožđe, sirovo 962, 974, 1010
Gvožđe, sirovo, belo 1009
Gvožđe, specifična težina 1008
Gvožđe, sredstva za nagrizanje 993
Gvožđe, tehničko 1011
Gvožđe-ugljenik, dijagram 1009
Gvožđe-ugljenik legure 1008
Gvožđe za dobijanje čelika 1010
Gvožđe za eksere 1021
Gvožđe za oblaganje 1021
Gvožđe za obruče za burad 1021
Gvožđe za ograde 1021
Gvožđe za prečke za prozore 1021
Gvožđe za preklop za prozore i vrata 1021
Gvožđe za preradu po Bessemer-u 1010
Gvožđe za preradu po Thomas-u 1010
Gvožđe za štapove za rešetke 1021
Gvožđe, zaštita, postupak sa fosfatom 986
Gvoždev hlorid 962
Gvoždev oksid 955, 962

H

Habanje kamena 1080
Halkopirit 962
Halogenid srebra 980, 1073
Hammer-Fennel-ov daljinar 1360
Hansa žuto 1181
Harbouscher-ov derivator sa prizmom 1323
Heres 1155
Haringe 974
Hartija 962, 972, 974
Hartija gumirana 1186
Hartija, krovna 1189
Hartija, tvrda 1142
Hartija, vlakna 962, 966
Heklana roba 1197
Heksahidrobenzol (cikloheksan) 1237
Heksahidrofenol 1237
Heksametilentetramin 1153
Heksanitrodifenilamin 1219, 1222
Heksogen 1219
Heliotrop 1367
Hematit crveni 962
Hemikalije, industriski nazivi 954 do 958
Hemiska industrija, cevi za 1272
Hemiska industrija, čelici za 1018
Hemiska ispitivanja maziva 1176
Hemiska jedinjenja, tehnički važna 954
Hemiska površinska obrada 985
Hemiska svojstva, metali 978

Hemiska reakcija eksploziva 1218
Hemiska svojstva elektroda 1213
Hemiska svojstva vode 1156
Hemiske karakteristike uglja 1165
Hemiske materije, tehnički važne 1222
Hemiske zaštitne mere 1239
Hemiski elementi 951, 952
Hemiski napad 979
Hemiski sastav drveta 1129
Hemiski sastav tehničkog gvožđa 1011
Hemiski sedimenti 1081, 1086
Hemisko iskorišćavanje drveta 1136
Hemisko ispitivanje čvrstih goriva, standardi 1164
Hemisko ispitivanje gume, standardi 1208
Hemisko ispitivanje stakla 1128
Hemisko određivanje toplotne moći 1335
Hemisko prečišćavanje vode 1159
Hencky-Schmidt-ova metoda pomoćnih pregrada 1334
Hensoldt-ove ukrštene prizme 1346
Heptalin 1237
Heratol 1231
Herbert, postupak klatnom 910
Herculoy 1047
Hertz-ove jednačine 898
Hertz-ovi talasi 1480
Hidralin 1237
Hidratceluloze 1190
Hidraulički dodaci (pucolani) 1105
Hidraulične kočnice 1320
Hidraulični kreč 1102, 1108
Hidridanje nafte pod visokim pritiskom 1165, 1168, 1170
Hidroacetyl-celuloza 1146
Hidro-celuloza 1147, 1190
Hidrolitička izdržljivost stakla 1128
Higrometri sa dlakom 1331
Higroskopna vlaga čvrstih goriva 1163
Hikori 1132
Hipoteze o slomu 784
Hirurški instrumenti, čelici za 1020
Hladna vulkanizacija 1206
Hladni vazdušni gas 1173
Hladnoća, uticaj na vezivanje cementa 1115
Hlor 951, 968, 971, 1160
Hlor, čelične boce za 1297
Hloral 968
Hloratni eksplozivi 1221
Hlorbenzol 1236
Hloretil, čelične boce za 1297
Hlorid gvožđa 955
Hlorid olova 955
Hlorid platine 1075
Hlorid srebra 955, 966
Hlorid zlata 1075
Hloriranje vode 1160
Hlorni kaučuk 984
Hlorni kreč 1230
Hlorovodonična kiselina 1224
Hohvolt 1155
Homogen materijal 778, 789
Homogeni ugalj 1213
Homogeno kalaisanje 1064
Homogeno prevlačenje olovom 1062
Hooke-ov zakon 778, 783, 785, 791, 797, 907
Horizontalna projekcija 1340
Horizontalni limbus 1351
Horizontalni plan 1341, 1370
Horizontalni uglovi, merenje 1352
Horizontalno livenje centrifugiranjem 1006
Hornblenda 962
Hornblenda, azbest 1195
Hornit 1149
Horsepower 1483
Horsepowerhour 1481
H-profil, statičke vrednosti 805
Hrast 1132
Hrastovina 943
Hrom 951, 980, 988, 1011, 1076
Hrom-čelik 1017, 1022
Hrom-čelik, standardi 1242
Hrom-čelik za magnete 1018, 1019
Hrom-legure 1077
Hrom-magnezitne opeke 1096, 1097
Hrom-magneziti kamen 1096
Hrom-molibden-čelik 1017, 1018
Hrom-molibden-čelik, standardi 1242
Hrom-nikal-cink legura 1077
Hrom-nikal čelični liv 1014
Hrom-nikal-čelik 1017, 1069
Hrom-nikal čelik, standardi 1242
Hrom-nikal legura 1069, 1070, 1077
Hrom-silicijum-čelik 1022
Hrom svojstva, primena 1076
Hrom vanadijum čelik 1017
Hrom volfram čelik 1022
Hromit 962
Hromit opeka 1097
Hromna gvozdena ruda 1076
Hromne rude 1095, 1096
Hromni trioksid 1225
Hromno crveno 1180
Hromno štavljena koža za pogonske kaiševe 1199
Hromno zeleno 1181
Hromno žuto 962, 1180
Hromovanje 1077
Huggenberger-ov tenzometar 914, 1325
Humuska voda 1159
Hundredweights, pretvaranje u kg 1461

I

I-čelik, nemački normalni profili, površine preseka, težine, momenti 1252
I-čelik, sa širokim i paralelnim nožicama, nemački normalni profili, površine preseka, težine, momenti 1252/1253
I-čelik za rudnike 1258
I-čelik za vagone, nemački normalni profili, površine preseka, težine, momenti 1253
Iganil smola 1150
Ilovača 962, 972, 973, 1081, 1085, 1088
Imperial gallon, pretvaranje u $dm^3$ 1457
Imperial-quarter, pretvaranje u kubne decimetre 1456
Impregnirani kamen od plute 1209
Impregnisanje drveta, sredstva za 1135
Indeks prelamanja stakla 1120
Indeksi prelamanja smesa glicerin-voda 1233
Indigo 1181
Indijum 951, 962
Indikator 1322
Indikatori 1320
Indikatorski dijagram 1322, 1323
Indukcija magnetna, limova 1020
Industriska voda 1158, 1161
Industriska voda, uslovi za 1161
Industrijski nazivi hemikalija 954/958
Inertni gasovi 1171, 1172
Infra crveni zraci 1480
Infuzoriska zemlja natopljena hromnom kiselinom 1231
Infuzorna zemlja 1239
Inicijalni eksplozivi 1222
Inicijalne materije za paljenje eksploziva 1218, 1221
Inlaid linoleum 1204
I-nosač sa kružnim otvorima, smičući naponi 833
Instrumenti, hirurški, čelik za 1020
Instrumenti sa dioptrom 1344
Instrumenti sa ogledalima 1344, 1347
Instrumenti sa prizmama 1345
Instrumenti sa skalom, merenje tečnosti 1306
Instrumenti za merenje dužina 1357
Instrumenti za merenje uglova 1344, 1345, 1346, 1347
Interferencija, pojava, korišćenje 916
Internacionalni Joule 1481
Invar čelik 962
I-presovani profili od lakog metala, površine preseka, težine, momenti 1266
I-profili 833, 841, 847, 856
I-profil, jezgro površine poprečnog preseka 847
I-profili za čelične konstrukcije, površine preseka, težine, momenti 1252, 1253
Isecanje čelika 1015
Isima-bronza 1047
Isključnik, uticaj na izbor pogonskih kaiševa 1203
Iskorišćavanje drveta 1136, 1138
Iskorišćavanje materijala pri torziji 836
Iskrivljenost drveta 1130
Isparljivi lakovi 1183
Isparljivi sastojci čvrstih goriva 1162
Isparljivost, relativna, organskih rastvarača 1236
Ispitivanje aeroplanskih motora 1321
Ispitivanje boja i lakova 1184
Ispitivanje brizantnosti, eksploziv 1220
Ispitivanje čistim smicanjem 905, 909
Ispitivanje čvrstih goriva, standardi 1164
Ispitivanje čvrstoće, 788, 903, 904 905, 910
Ispitivanje čvrstoće građevinskih čelika 905
Ispitivanje čvrstoće građevinskih materijala 904, 905
Ispitivanje čvrstoće livenog gvožđa 905
Ispitivanje čvrstoće metala 904, 905
Ispitivanje čvrstoće metala, zagrejano stanje 904
Ispitivanje delova konstrukcije 905
Ispitivanje, dinamičko, naizmeničnim opterećenjem savijanjem 911
Ispitivanje, dinamičko, naizmeničnim opterećenjem torzijom 911
Ispitivanje gasa 1337
Ispitivanje gasova 1337
Ispitivanje gasova ložišta kotlova 1336
Ispitivanje gume, standardi 1208
Ispitivanje, hemisko, stakla 1128
Ispitivanje izvijanjem 905
Ispitivanje jačine materijala na povišenim temperaturama 912
Ispitivanje konstrukcija 913
Ispitivanje korozije 986
Ispitivanje lepila 1188
Ispitivanje linija dilatacija 916
Ispitivanje materijala 904
Ispitivanje maziva 1175, 1176
Ispitivanje maziva u pogonu 1176

Ispitivanje naglim hlađenjem sa istovremenim savijanjem 908
Ispitivanje naizmeničnim opterećenjem 904, 911
Ispitivanje naizmeničnim opterećenjem torzijom 905
Ispitivanje opruga indikatora, VDI propisi 1322
Ispitivanje pomoću kugle, Brinell 909
Ispitivanje prirodne smole presovanjem 1141
Ispitivanje pritiskom 905, 908
Ispitivanje probijanjem 909
Ispitivanje savijanjem 905, 908
Ispitivanje savijanjem putem udara 905, 910
Ispitivanje savijanjem, Tetmajer 834, 835
Ispitivanje stakla, hemisko 1128
Ispitivanje torzijom 905, 908
Ispitivanje trajne čvrstoće 904
e tvrdoće 909
Ispitivanje u užarenom stanju 908
Ispitivanje veštačkih plastičnih materija 905
Ispitivanje vode 1161
Ispitivanje vrućih gasova 1336
Ispitivanje zatezanjem 906
Ispitivanje zatezanjem na povišenoj temperaturi 912
Ispitivanje zatezanjem periodično promenljivom silom 911
Ispitivanje zatezanjem pritiskom 910
Ispitivanje zatezanjem udarom 904
Ispupčena mebrana 919
Istegljivost prediva 1196
Istovremeno određivanje položaja i visine (tahimetrija) 1380, 1381
I T kilo kalorija/m³ 1470
Ivica preko koje se voda preliva 1308
Ivični napon 847, 848
Ivični naponi, krivni štapovi 875, 876
Ivični zarezi 902
Izbor kaiševa pri posebnim uslovima 1203
Izbor veličina, standardizacija 977
Izbor vrsta, standardizacija 977
Izbušeni limovi, podaci o 1021
Izduženje gume, prolazno 1207, 1208
Izduženje pri kidanju 988, 989
Izduženje tehničkih vlakana 1192
Izdvajanje gvožđa iz vode 1159
Izdvajanje kiseline iz vode 1160
Izdvajanje mangana iz vode 1159
Izdvajanje soli iz vode 1160
Izohipse 1340
Izohromate 918
Izokline 918
Izolacija, gubici toplote 1334
Izolacija protiv podzemne vode 1190
Izolaciono ulje 1177
Izolatori 1099
Izomerizacija 1170
Izoperm 1069
Izopropil alkohol 1236
Izotope 952
Izotropan materijal 778, 789
Izračunavanje površina 1371, 1372
Izrada hala, čelik za 1010
Izrada kalupa za livenje 996
Izrada kalupa za livenje brizganjem 1005
Izrada mostova, čelik za 1016
Izrada planova 1370
Izravnavanje otstupanja 1376, 1386
Izravnavanje po metodi najmanjih kvadrata 1386
Izravnavanje pomoću korelata 1392
Izravnavanje slovnih opažanja 1390
Izvijanje 862
Izvijanje, dimenzionisanje, ω-postupak 870
Izvijanje, granica proporcionalnosti 868
Izvijanje, koeficijent poprečnog preseka 872
Izvijanje, ω-postupak za drvo 873
Izvijanje, ogledi, Kármán 868
Izvijanje pravog štapa 862
Izvijanje, stepen sigurnosti 864, 871
Izvijanje šupljeg cilindra 892, 893
Izvlačenje, čelik 1015
Izvlačenje na toplo čelika 1015
Izvod najvažnijih jugosl. propisa o pronalascima 1500/1505

J

Jabuke 972
Jačina drveta, dinamička 1134
Jačina drveta, gradnja letilica 1134
Jačina elektroda 1212, 1213
Jačina gume 1208
Jačina kamena i maltera 933
Jačina kocke 933
Jačina leda 1157
Jačina maltera i betona 935
Jačina mašinske bronze i kalajne bronze za livenje 1045
Jačina metala pri kidanju 988, 989
Jačina prediva 1196
Jačina pri čistom smicanju 905, 909
Jačina pri čistom smicanju četinara 944
Jačina pri dinamičkom jednosmislenom opterećenju 911

Jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju 788, 789, 904, 905, 911, 937, 940
Jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju savijanjem 788, 789, 905, 920
Jačina pri dinamičkom naizmeničnom opterećenju zatezanjem i pritiskom 788
Jačina pri dinamičkom opterećenju 783, 903
Jačina pri kidanju elektroda 1212
Jačina pri kidanju tehničkih vlakana 1192
Jačina pri kidanju veštačkih materija 1141
Jačina pri naizmeničnom opterećenju torzijom 905, 920
Jačina pri pritisku 905, 920, 933, 934, 935
Jačina pri pritisku elektroda 1212
Jačina pri pritisku prirodnog kamena 934
Jačina pri pritisku veštačkih materija 1142
Jačina pri pritisku veštačkog kamena 934
Jačina pri pritisku zida od opeka 936
Jačina pri savijanju 775, 783, 787, 797, 905, 921, **922**
Jačina pri savijanju elektroda 1212, 1213
Jačina pri savijanju udarom 905
Jačina pri savijanju udarom, veštačke materije 1142
Jačina pri savijanju veštačkih materija 1142
Jačina pri smicanju 775, 921
Jačina pri zatezanju 775, 783, 789, 903, 920, 940
Jačina prizme 933
Jačina pri torziji 775, 783, 790, 905
Jačina tehničkih vlakana 1192
Jačina veštačkih materija 1142
Jacker, određivanje napona, složeno naprezanje 852/854
Jaki gasovi 1173
Jaki otpornici 1217
Jako hidraulični kreč 1102, 1103, 1109
Jako prostrani železnički vagoni, utovar robe 976
Jamska građa 1138
Japanski shaku kane, pretvaranje u metre 1448
Jaquard-tkanine 1197
Jareks 1155
Jasen 1132, 1134
Jaspé-linoleum 1204
Javor 1132
Ječam 972, 973
Jedinica dužine 1408
Jedinica količine toplote 1330
Jedinice rada, upoređenje, tablica 1481
Jedinice specifičnog pritiska, pretvaranje i upoređivanje 1468
Jedinjenja kalaja 955, 956
Jedinjenja srebra 966
Jedinjenja vinil-hlorida, visokopolimerizaciona 1142
Jednačina elastične linije 811/816
Jednoslojno staklo 1127
Jednostavna prava fleksiona opruga 789
Jensko staklo za posuđe 1126
Jezgro, liv 996
Jezgro površine poprečnog preseka 845
Jezgro, sapuni 1238
**Jezgro struka, uže 1293**
Jod pentoksid 1336
Joule, internacionalni, upoređenje, tablica 1481
Joule, pretvaranje u kcal 1484
Joule/s, upoređenje, tablica 1482, 1483
Jugoslovenske rude bakra 1039
Jugoslovenski zakon o proizlascima, izvodi 1500
Juneća koža 1198
Junkers-ov kalorimetar 1334
Junkers-ova hidraulična kočnica 1320
Juta 974, 1192, 1193
Jutane tkanine, tehničke 1196

## K

Kabel 1196
Kabelsko predivo 1196
Kablovi za elektrotehniku, standardi 1295
Kade za kupanje, teraco 1092
Kadmijum 951
Kadmijum crveno 1180
Kadmijum linija, crvena, talasna dužina 1409
Kadmijumovo žuto 1180
Kafa 974
Kainit 962, 972
Kaiševi 1201, 1202, 1293
Kaiševi — balata 1197, 1203
Kaiševi biljno štavljeni, okrugli 1201
Kaiševi gumirani 1197
Kaiševi hromno štavljeni 1199, 1201
Kaiševi, izbor 1203
Kaiševi, jačina pri zatezanju 1202
Kaiševi lančasti 1201
Kaiševi od krupona 1202
Kaiševi od pamuka 1197
Kaiševi okrugli 1201
Kaiševi, pogonski, biljno štavljeni 1199
Kaiševi, trgovački proizvodi 1293

Kaiševi za konusne kaišnike 1202
Kaiševi za motore 1202
Kaiševi za prenos koturom 1203
Kaiševi za prenos pritezačem 1202
Kakao 974
Kalaj 951, 962, 980, 988, 994, 1063, 1064
Kalaj-antimon-legure 1065
Kalaj-bakar-legure 1044, 1045
Kalaj, dobivanje 1063
Kalaj hlorid 955
Kalajisanje 1064
Kalajisanje potapanjem 1064
Kalaisanje u vatri 982, 1064
Kalajna bronza 927, 928
Kalajna bronza obrađena deformacijom 1046
Kalajna bronza za livenje 1045
Kalajna trgovačka roba 1064
Kalajne cevi 1283
Kalajne folije 1268
Kalajni lemovi 1065
Kalajove legure 931
Kalaverit 962
Kalcijum cijanamid 972, 974
Kalcijum fluorid 955, 962
Kalcijum karbid 1231
Kalcijum karbonat 962, 1104
Kalcijum oksid 1223
Kalcijum orto fosfat 956
Kalcijum sulfat, bezvodni 962
Kalcijum sulfat, kristalni 1100
Kalcinirana kaustična soda 956
Kalibri, čelici za 1018
Kalibri u obliku zavornja i prstena, čelici za 1023
Kalijev hidroksid 1228
Kalijev karbonat 1227
Kalijev karbonat, sekundarni 1227
Kalijevo — silikatno staklo 1125
Kalijum 951
Kalijum antimonil taratarat 956
Kalijum bihromat 956, 1076
Kalijum bitartarat (vinski kamen) 956
Kalijum bromid 962
Kalijum feri cijanid 962
Kalijum fero cijanid 956, 962
Kalijum ferocijanid, žuti 1230
Kalijum hipohlorit, rastvor 1230
Kalijum nitrat 1229
Kalijum permanganat 1159
Kalijum šalitra 956, 963, 974
Kalijum tetra oksalat 956
Kalijumovi sapuni 1238
Kalomel 956, 1079
Kalorimetar, Junkers-ov, Union 1334
Kalorimetarske bombe 1334
Kaloriziranje 982
Kalup, izrada 996
Kalup od peska za livenje 995
Kalup, vek trajanja 1005
Kalupi za livenje 996
Kalupi za livenje centrifugiranjem 1006
Kalupi za livenje od masnog peska 996
Kaljenje 1015
Kaljenje aluminijum-legura 1026
Kaljenje na vazduhu 1015
Kaljenje, podobnost, berilijum-legura 1037
Kaljenje, podobnost, magnezijum-legura 1035
Kaljenje u ulju 1015
Kaljevi za peći 1093
Kamen i malter, modul elastičnosti i jačine 933
Kamen, ispitivanje čvrstoće 905
Kamen, kit za 1187
Kamen nepečen 1088
Kamen od plovućca od zgure iz visokih peći 934
Kamen od plute 934, 1209
Kamen od zgure visoke peći 934, 1090
Kamen prirodni, jačina 934
Kamen prirodni, modul elastičnosti 934
Kamen, probna tela za ispitivanje 908
Kamen, svojstva 1088
Kamen veštački 944, 495, 1088
Kamen veštački, jačina pri pritisku 934
Kamen za popločavanje 963
Kamen za tavanice (Klein-ov) 934
Kamena sitnež 973, 1107, 1112
Kamena soda 1227
Kameni ugalj, bitumenozni 1163
Kameni ugalj mladi, 1163
Kameni ugalj, mršavi 1163
Kameni ugalj, stari 1163
Kamenina 963, 1099
Kamenog uglja gasovi 1172
Kamenolom 1081
Kamilja dlaka 1192, 1194
Kanalizacija, keramičke cevi za 1289
Kanalizacija, keramički proizvodi za 1289
Kanalizacione cevi, keramičke 1098
Kanalske ploče 1258
Kanalski gas 1174
Kanalski klinker 1098
Kante za ulje 1179
Kaolin 956, 963
Kap-azbest, plavi 1195
Kapilarne rešetke 1195
Kapisle, udarne 1222
Kapilarna ležišta 1216
Kapok 974, 1191, 1192
Kapok, vlakno 963, 966
Karakteristika ključanja 1166
Karakteristika opruge 878
Karat 1075, 1418

Karbamid 963, 972, 974
Karbamid-formaldehid kondenzacioni proizvodi 1186
Karbamid-formaldehid mase za presovanje 1150
Karbamid-formaldehid smole 1142
Karbid 1071, 1231
Karbinol 1231, 1237
Karbo-diamantin 1217
Karbolineum 985
Karbonat — kalijev 1227
Karbonidne smole 1141, 1143
Karbonil gvožđa 968
Karbonil-gvožđe 1009
Karbonil-nikal 1067
Karborit 1217
Karborund kamen 963
Karborundni kamen, jačina pri pritisku 1218
Karborundum 957, 963, 1217
Karborundum, svojstva, primena 1217
Karburatorsko gorivo 1169
Kardanske osovine, čelici za 1018
Karman, ogledi, izvijanje 868
Karmin 1181
Karnalit 963
Karta, državna 1341
Karta, nemačka, osnovna 1341
Karte, katastarske 1341
Kartiranje 1370
Karton 974
Karton, specijalni 1189
Kasiterit 1063
Katalizator 1170
Katalizator, platina 1075
Katanga-rude bakra 1039
Katarin (ugljentetrahlorid) 1237
Katastarske karte 1341
Katastarski planovi 1371
Katedral staklo 1121
Katodni bakar 1039
Katodni oscilograf 1325
Katran dobiven na visokoj temperaturi 1168
Katran gasnih peći 1210
Katran iz drveta 1170
Katran iz koksara 1168
Katran iz plinara 1168
Katran kamenog uglja 1168, 1169
Katran koksnih peći 1210
Katran vodenog gasa 1210
Katran za krovove 1189
Katranom natopljeni karton 1189
Katranske boje 1181, 1183
Kaučuk, prirodni 1206
Kaučuk, sintetički 1208
Kaučuk-sumpor, mešavina 1207
Kaurit-lepak 1136
Kaustička (kamena) soda 1227
Kazein iz obezmašćenog mleka 1149
Kazeinska vuna 1192, 1195
Kazeinski lepak 1182, 1185, 1188
Keppeler-metoda, ispitivanje stakla 1128
Keramička masa 933
Keramičke boje 1183
Keramičke cevi za kanalizaciju 1289, 1290
Keramičke cevne račve 1289
Keramičke ploče za oblaganje dna 1290
Keramički cevni reduktori 1290
Keramički materijal, odvodne cevi 1290
Keramički proizvodi za kanalizaciju 1289
Keramički tehnički materijali 963, 1098
Keramika, metalna 1007
Keramika, sanitarna 1094
Keratin 1193
Ketoni 1182
Ketonska ulja 1237
Kg/cm² 1470
Kg/cm², pretvaranje u bare 1472
Kg/cm², pretvaranje u fizičke atmosfere 1471
Kg/cm², pretvaranje u mm Hg 1471
Kg/cm, pretvaranje u funte/palac 1467
Kg/h, pretvaranje u g/s 1476
Kg/m pretvaranje u footpounde 1482
Kg/m³, pretvaranje u funte/kub. stopa 1475
Kg/m pretvaranje u funte/stopa
Kg/m², pretvaranje u funte/kvadratne stope 1469
Kg/m pretvaranje u funte/yard 1466
Kg/s, pretvaranje u t/h 1470
Kijaniziranje 1135
Kilogrammetar/s 1481, 1482
Kilokalorija (IT)/m³ 1470
Kilokalorija međun., pretvaranje u BTU 1485, 1486
Kilokalorija, međun., pretvaranje u Joule (Ws) 1484
Kilokalorija međun., pretvaranje u kWh 1485
Kilokalorija međun./s 1482
Kilokalorija, međun., upoređenje 1481
Kilometar/h, brzina koja odgovara vremenu vožnje/km 1479
Kilometar/h, pretvaranje u m/s 1476 1476
Kilometar, pretvaranje u engl. kopnene milje 1440
Kilovatčas 1481
Kilovatčas, pretvaranje u BTU 1485
Kilovatčas, pretvaranje u kcal 1485
Kilovat, pretvaranje u HP 1484
Kilovat, pretvaranje u PS 1483
Kilovatsekunda (Joule), pretvaranje u kcal 1484

King-ov preliv 1311
Kisele boje 1181
Kiselina, uticaj na izbor pogonskih kaiševa 1203
Kiselina za nitriranje 1224
Kiseline 1222
Kiselostalne mase 985
Kiseonik 951, 968, 971, 1012, 1171, 1172
Kiseonik, boce od lakog metala za 1297
Kiseonik, sadržina u dimnom gasu 1335
Kiša 1157
Kit 1187
Kit od kaučuka, smole 1187
Kit od lanenog ulja i metalnih oksida 1187
Kit od vodenog stakla 1187
Kit postojan na toploti 1187
Kit postojan prema kiselinama 1187
Kit za aparate 1187
Kit za gumenu robu 1187
Kit za kamen 1188
Kit za metale 1187
Kit za pogonske kaiševe 1188
Kit za popunjavanje pora 1184
Kit za staklo 1187
Kit za zaptivanje 1187
Klasiranje ulja 1163
Klastični sedimenti 1084
Klepovane čipke 1197
Klinasti čelik, standardi 1247
Klinasti kaiševi 1202
Klinker 936, 945, 963, 1092, 1098
Klinker, modul elastičnosti 934
Klinker, običan 1092
Klinker za gradnju putova 1098
Klinker za građevine na vodi 1092
Klinker za visokogradnje 1098
Klipni merači za vodu 1307
Klipovi za prigušivanje, ugljeni proizvodi za 1216
Klizanje 777
Klizanje zrnaca, otežano 789
Klizni kontaktni ugljeni 1215
Klöckner-Mannstaedt specijalni profili 1258
Koagulacija 1195, 1207
Kobalt-čelik za magnete 1018, 1019
Kobalt kao katalizator 1071
Kobalt, legure koje sadrže 1071
Kobalt sulfid 963
Kobaltov čelik 963
Kobaltovo plavo 1071
Kockasta šalitra 1229
Kočionička konjska snaga, engl., USA 1485
Kočioničke trake 1293
Kočnica sa trakom 1319
Kočnice-dinamometri 1319
Koeficijent dilatacije 778, 907
Koeficijent izvijanja ω 870, 871
Koeficijent izvijanja ω za St 37 i St 52 873
Koeficijent izvijanja ω za liveno gvožđe 873
Koeficijent klizanja 778, 909
Koeficijent linearnog izduženja elektroda 1212
Koeficijent oblika, krivi štapovi 875, 876
Koeficijent oblika za zareze i različite vrste naprezanja 938, 939
Koeficijent oblika zareza kod štapova 788
Koeficijent profila, izvijanje 872
Koeficijent profila, krivi štapovi 875
Koeficijent prolaženja toplote, staklo 1120
Koeficijent rada pri torziji (η) 836, 837, 839
Koeficijent toplotne provodljivosti plute 1209
Koeficijenti čvrstoće 920
Koeficijenti čvrstoće, bakar i legure bakra 927, 928
Koeficijenti čvrstoće, čelik i liveno gvožđe 921
Koeficijenti čvrstoće, guma 932
Koeficijenti čvrstoće tehničkih metala i legura 931
Koeficijenti elastičnosti i čvrstoće 920
Koeficijenti elastičnosti i čvrstoće, bakar i legure bakra 927, 928
Koeficijenti elastičnosti i čvrstoće, laki metali 929
Koeficijenti elastičnosti i čvrstoće, mineralni građ. materijali 933
Koeficijenti protoka za standardni sisak 1314
Koeficijenti protoka za standardnu blendu 1214, 1315
Köper vezivanje 1197
Kokila 995, 1000
Kokile sa okretanjem 995
Koks 963, 972, 975, 1162, 1210, 1335
Koks katrana kamenog ugljа 1210
Koks, svojstva 1162, 1163
Koksovanje 1172
Kolenasta poluga, savijanje i torzija 856
Kolenasti komadi cevi sa naglavkom 1275
Kolenasto vratilo, savijanje i torzija 856
Koleno, fasonski komad 1274
Koleno sa prirubnicama 1282
Količina dimnih gasova, ugljeva 1165
Količina gasova eksploziva, izračunata 1218, 1219
Količina toplote, jedinica 1330
Količina toplote, oslobođena, eksploziva 1218
Kolodijum 956
Kolodijum pamuk 1221

Kolomast 1178
Kolosečne vage 1305
Komadi sa jednom prirubnicom 1275
Kombinacioni lakovi 1182
Komisija za standarde 977, 978
Komora za pritisak za mašine za livenje brizganjem i za mašine za livenje presovanjem 1003
Kompenzirani barometar 1378, 1379
Kompresorsko uljno mazivo 1177
Končanica sa dva ili više konaca 1349
Končanični prsten (na kome su razapeti konci) 1349
Koncentracija napona usled zareza i rupa 782, 901
Koncentrisani tereti, savijanje usled 793
Koncentrovana sumporna kiselina 1222, 1239
Konci 1196
Konci, veštački 1195
Konci, Cord- 1196
Kondenzatori, cevi za 1051, 1052
Kondenzovana para, merenje 1316
Kondenzovani gasovi 1173
Konglomerat (Grauwacke) 1081, 1085, 1087
Konoplja 975, 1191
Konstante elastičnosti materijala 776
Konstrukcije, ispitivanje 913
Konstrukcione cevi, bešavne od toplјenog čelika 1282
Konstrukcione cevi, materijali 1272
Konstruktivni čelici 1012
Konstruktivni čelici, legirani 1017, 1018
Konstruktivni čelici, mašinski 1016
Konstruktivni čelici, postojani na visokoj temperaturi 1019
Konstruktivni i trgovački liv, sastav 1013
Kontaktni postupak, metalne prevlake 981
Kontinualni nosač 828/831
Kontrakcija preseka 904, 906
Kontrolisanje mera, obaveza 1299
Kontura jezgra, tačke 846
Kontura spoljnjeg jezgra preseka 854
Konusna zavojna opruga 886
Konvertor 1010
Konzola 811, 813, 815, 826, 827, 855
Konzola, deformacija usled smicanja 834
Konzola pravougaonog poprečnog preseka, smičući napon 832
Konzola sa pravom osom, nagib i ugib elastične linije 800
Konzolni nosač (kružni), deformacija 876
Konjska dlaka 963, 1192, 1194
Konjska koža 1199
Konjska snaga engl. (HP), pretvaranje u kW 1484
Konjska snaga (PS), pretvaranje u kW 1483
Kopal 963, 1182
Kopra 975
Kora drveta 1131
Kora drveta, zapaljenje 1130
Kora od korozije kod stena 1080
Kora za štavljenje 1138
Korbbogen, glavne tačke 1385
Korekture živinog stuba, termometar 1327
Korelate 1391, 1393
Korespondentna barometriska merenja 1378, 1379
Koritasti limovi, podaci o 1021
Korozija 979
Korozija drveta 1134
Kose, alat, čelik za 1020
Kositerit 963
Kosti 963
Koštani ugalj 1239
Kotao, voda za napajanje 1161
Kote, nadmorske visine 1340
Kotlovska konjska snaga 1485
Kovanje čekićem 1015
Kovanje u matricama 1015
Kozja dlaka 1192, 1194
Kozja koža 1199
Koža, bikovska 1198
Koža bivolja 1201
Koža i krzna 975
Koža i krzna za izradu zupčanika 1199, 1201
Koža, količina sadržane masti 1202
Koža, krupon 1199, 1200
Koža, morskog konja 1201
Koža od mazgi 1199
Koža pitomih životinja 1198
Koža prekookeanskih goveda 1198
Koža, riblja 1199
Koža, sadržaj masti 1202
Koža, svojstva 1201
Koža, veštačka 1204
Koža za glačanje 1199
Koža za grebena 1199, 1200
Koža za manžete 1199, 1200, 1201
Koža za okrugle kaiševe 1199, 1201
Koža za pogonske kaiševe 1199, 1203
Koža za poliranje 1199, 1201
Koža za prošivanje kaiševa 1199
Koža za spajanje kaiševa 1199
Koža za tekstilnu industriju 1200
Koža za tekstilnu industriju, elastičnost, jačina 1202
Koža za tkačnice 1199, 1200
Koža, zapreminska težina 1202
Kožne tkanine 1205
Kožni kaiševi 1203
Köln-sko tutkalo 1184
Krajevi štapa, oslanjanje 864

Kranska šina na elastičnoj podlozi 822
Kranski nosač 819
Kranski nosač, pritisci na oslonce i momenti savijanja 820
Kratki talasi, elektromagnetske oscilacije, 1480
Kratkotrajna ispitivanja na povišenim temperaturama 912
Kravlja koža 1198
Kreč 934, 963, 972, 1088, 1102, 1103, 1118
Kreč, beli 1102
Kreč, dolomitni 1102
Kreč, gašeni 956
Kreč, gašenje 1108
Kreč hidraulični 1102
Kreč, hlorni 1230
Kreč, način isporuke 1102
Kreč, standardi za 1103
Kreč školjčani 963
Kreč u vrećama 1102
Kreč, vrste 1102
Kreč za beljenje, hlorni 1230
Kreč, zaštitni sloj od 1161
Kreč, žareni 1228
Krečna voda 1159, 1228
Krečni malter 933, 935, 1108
Krečni tuf 1086
Krečno mleko 956, 1108
Krečno peščani blokovi, jačina pri pritisku 936
Krečnjak 933, 944, 956, 963, 1081, 1086, 1088, 1101, 1238
Krečnjak od Solnhoferskih ploča 1086
Krečnjak, Solnhofer 933
Krečnjak za glačanje 1238
Kreda 956, 963, 1086
Kremen 1081
Krempelovanje 1200
Kreozol smola 1150
Kreozot katrana kamenog uglja 1234
Kreozotno ulje 1169
Kriolit 963
Kripton 951
Kripton linija žuto-zelena, talasna dužina 1409
Kristalasti škriljac 1081, 1087
Kristalizacija, sprečavanje stakla 1119
Kristalizirana glinica 1235
Kristalna soda 1226
Kristalno staklo za ogledala 1122
Kristalno ulje 1237
Kristalon 1217
Kritičan napon pri izvijanju 905
Kritičan pritisak vode 1156
Kritična temperatura vode 1156
Kriv štap 874
Kriv štap, deformacija 876
Kriv štap, koeficijent profila 875
Kriv štap, savijanje 874, 875
Kriv štap, torzija 877
Krive cevi, deformacija 876
Krivina elastične linije 799
Krivina, merenje 915
Krivina morske površine 1340
Krivina, obeležavanje u tunelu 1385
Kröker-ova bomba 1334
Krompir 963, 972, 975
Kron staklo 1125
Krovna hartija 1189
Krovna hartija, natopljena mešavinom katrana i bitumena 1189
Krovna hartija obojena 1190
Krovne letve 1139
Krovne letve, poprečni preseci, statičke vrednosti 810
Krovne ploče, azbestno cementne 1091
Krovovi pokriveni crepom, najmanji nagibi 1094
Krpe za čišćenje mašina 1198
Krpe za čišćenje mašina, vađenje mazivnog ulja 1179
Krst (doboš) za obeležavanje uglova stalne veličine 1344
Krstati anemometer 1316
Krt materijal 787, 908, 937
Krti slom, zavrtnjeva, izbegavanje 782
Krtost oblika 782
Krug napona, Mohr-ov 781
Krupan pesak 1112
Krupon koža 1199, 1200
Krupp-Germaniawerft, hidraulična kočnica 1320
Krupp-Isteg-čelik 1247
Kruške 972
Krutost opruge 878
Kružne ploče 888
Kružni poprečni presek 832, 837, 841, 846
Kružni poprečni presek, krivi štapovi 875, 877
Kružni poprečni presek, statičke vrednosti 805, 807
Kružni prsten, koeficijent poprečnog preseka za izvijanje 809, 872
Kružni prsten, složeno naprezanje 852, 854
Kružni prstenasti poprečni presek, statičke vrednosti 805, 808
Kružni prstenasti presek, zatezanje ili pritisak sa torzijom 861
Kružni šupalj cilindar 891
Kružno polarizovana svetlost 918
Krzna 975, 1193, 1194
Ksenon 968
Ksilamon 985
Ksilol 968, 1236
Ksilolit 1108
Kubni centimetar/s, pretvaranje u $dm^3/h$ 1476

Kubni decimetar/s, pretvaranje u $m^3/h$ 1476
Kubni $dm^3$ 1409
Kubni metar/h, pretvaranje u $dm^3/s$ 1476
Kubni metar, pretvaranje zapreminskih metara u 1131
Kučina 1191
Kućice livene, mašinska bronza i mesing za 997
Kućice za avionske motore, magnezijum legure za 997
Kućna gljiva 1134
Kućno đubre 972
Kudelja, vidi konoplja
Kuga kalaja 980, 1064
Kugle, materijal za 1023
Kukuruz 975
Kulir roba 1197
Kupolna peć 1013
Kuprit 963
Kvader ploče za oblaganje 1093
Kvadrant gvožđe 1021
Kvadrantni čelik nemački normalni profili, površine preseka, težine, momenti 1258
Kvadratni poprečni presek 838, 846
Kvadratni poprečni presek, krivi štapovi 877
Kvadratni poprečni presek, statičke vrednosti 804, 810
Kvadratni prsten 854
Kvadratni sandučasti poprečni presek 804
Kvalitetne klase drveta 1138
Kvarcilit 1217
Kvarcit 963, 1081, 1085
Kvarcne lampe 1127
Kvarcni kamen za mlinove 963
Kvarcno staklo 1127
Kvarc-šamotne opeke 1095
Kvarteri, engl., pretvaranje u kilograme 1461
Kvaziizotropan materijal 783, 784, 785

L

Labavljenje materijala 789
Lagrange-ovi množitelji (korelate) 1391
Lahn 1196
Lak 983, 1180, 1181
Lak, isparljiv 1182
Lak, špiritni 1181
Laka betonska opeka 1089
Laka opeka od gipsa 1090
Lake normalne odvodne cevi 1274
Laki beton 1117
Laki metali 996, 1024
Laki metali, čvrstoće na povišenim temperaturama 931
Laki metali, koeficijenti čvrstoće 929
Laki metali, koeficijenti elastičnosti 929
Laki metali, presovani L profili, površine preseka, težine, momenti 1264
Laki metali, vrednost Poisson-ova koeficijenta 779
Laki profili, od trakastog čelika, površine preseka, težine, momenti 1259
Lakiranje železničkih vagona 984
Lako ulje 1168
Lakovi 983, 1182
Lakovi koji boje 983
Lakovi, načini ispitivanja 1184
Laktovi (mera) 1433
Lamelirano drvo, svojstva 1137
Lan 1191, 1192
Lan, bastard 1191
Lan nemački 1191
Lan novozelandski 1192, 1193
Lanac, karika, proračun 876
Lanac, najveći napon 876
Lanac za merenje dužina 1358
Lanci, Gall-ovi 1293
Lanci od okruglog gvožđa, pregled standarda 1292
Lanci sa čivijama 1292
Lanci sa valjcima 1292
Lanci sa zubcima 1292
Lanci sastavljeni od karika 1292
Lanci, trgovački proizvodi 1292
Lanci za pogon 1292
Lanci, zglavkasti 1293
Lančanica i elastična linija, Mohrova analogija 800
Lančasti kaiševi 1201
Land, određivanje neutralne ose 844
Lanene tkanine, tehničke 1198
Laneno seme 975
Lanital 1192
Lantan 963
Lanjski sneg, spec. težina 1157
Lapis 956
Lataks 1206
Lava 963
L-čelik, nemački normalni profili, površine preseka, težine, momenti 1248
Leblanc-soda 1227
Le Chatelier-pirometar 1329
Led 963, 975, 1157
Led ugljene kiseline 963
Ledeni salmijak 1229
Leđna rezanja u livenim komadima 1000, 1005
Legirani alatni čelik 1022
Legirani konstruktivni čelici 1017, 1018
Legirani limovi 1020
Legura aluminijuma, američka svojstva 1032, 1033

Legura — EC 1032
Legura — mornarička 1053
Legura olova, antimona, kajala 1066
Legura sa niskom tačkom topljenja 1066
Legure aluminijuma 998, 1026
Legure aluminijuma, spajanje 1028
Legure aluminijuma, za preradu deformacijom 929
Legure aluminijuma, za pretapanje 997
Legure antimona 1066
Legure bakra 998, 999, 1044
Legure bakra, koeficijenti, čvrstoća 927, 928
Legure berilijuma 1038
Legure bizmuta 1066
Legure cinka 1004, 1056, 1058, 1059
Legure cinka koje sadrže bakar 1060
Legure cinka za livenje 1058
Legure cinka za livenje brizganjem 1004
Legure cinka za obradu deformacijom 1058
Legure cinka za valjanje 1059
Legure, čvrstoća 927/931
Legure gvožđa i nikla koje sadrže kobalta 1071
Legure hroma 1077
Legure kalaja i antimona 1066
Legure kalaja za lemljenje 1065
Legure kalaja za livenje brizganjem 1004
Legure koje sadrže nikal 1070
Legure KS, RR, Y 1039
Legure lakih metala 998, 1027
Legure lakih metala za livenje brizganjem 1004
Legure lakih metala za livenje u kokilama 1001, 1002
Legure magnezijuma 1035, 1036
Legure magnezijuma, lim od 1267
Legure magnezijuma, trgovački proizvodi od 1263
Legure magnezijuma, za obradu deformacijom 1035
Legure metala za štamparska slova 1066
Legure nikla 1069, 1070
Legure olova 1004, 1065
Legure olova, kalaja, antimona, bizmuta 1065
Legure olova za livenje brizganjem 1004
Legure sa dva elementa 1046
Legure sa malim skupljanjem 1066
Legure sa više elemenata 1046
Legure srebra 1072, 1073
Legure srebra i bakra 1072, 1073
Legure, sredstva za nagrizanje 994
Legure teških metala 996, 998
Legure teških metala sa visokom tačkom topljenja 998, 999
Legure teških metala za livenje brizganjem 1004
Legure teških metala za livenje u kokilama 1001
Legure tombaka 1050, 1053
Legure tvrdog metala 1072
Legure volframa 1078
Legure za klipove 1001, 1002
Legure za livenje 998, 999
Legure za livenje, aluminijuma 930
Legure za livenje brizganjem 963, 1004, 1056
Legure za livenje, magnezijuma 1036
Legure za livenje presovanjem 1004
Legure za livenje u kokilama 963, 1001, 1002
Legure za livenje u pesku 998, 999
Legure za otpornike 1048
Legure za trajne magnete 1018, 1019
Legure zlata 1075
Legure žive 1078
Lehr, uređaj za merenje dilatacije 914
Lemljenje, mesing, za 1049, 1055
Lemovi, meki 1065
Lemovi, tvrdi 1055
Lepak 963, 1182
Lepak, albuminski 1185
Lepak, dekstrin 1186
Lepak, glutinski 1184
Lepak, kazeinski 1185, 1188
Lepak, mornarički 1187
Lepak, skrobni 1185
Lepak, veštački, smolni 1186
Lepak za lepljenje drveta, ispitivanje 1188
Lepila 1184
Lepila, ispitivanje 1188
Lepkovi, bakelitni 1186
Lepkovi, biljni 1182, 1185
Lepkovi, ispitivanje 1188
Lepkovi postojani prema vodi 1185
Lepkovi sintetički 1186
Lepkovi životinjski 1182, 1184
Lepljenje, drveta 1136
Les 1081, 1086
Letva za merenje dužina 1357
Letve, krovne 1139
Letve za nivelanje 1375
Leukorit 1154
Levak 995
Levo upredanje 1196
Ležišni delovi u zgradarstvu, dozvoljeni naponi 942
Ležišni kvaderi stepen sigurnosti, prema pritisku 944
Ležišne posteljice, bronza za 996
Ležišno ulje 1176
Ležišta, metali za 1007
Ležišta od lakih metala 1066
Ležišta od metala sa malo kalaja i bez kalaja 1066

Ležišta složena, od olovne bronze 1047
Li-prostirke za pod 1205
Libbey staklo za prozore 1118
Libela 1347, 1348, 1349, 1373, 1374
Libela sa komorom 1347
Libela sa vešaljkama 1348
Libela za obrtnu osovinu 1352
Libela za stavljanje na ravan (zidarska, mašinska) 1348
Lignin 1129
Lignitni mrki ugalj 1163
Lignofol 1137, 1155
Lignoston 1137
Lim, bakarni 1267
Lim, beli 981, 1023, 1064
Lim cinkov 1267
Lim čelični, trgovački proizvodi 1260
Lim i traka za opruge od legura bakra 1267
Lim od Al-legura 1267
Lim od bronze 1046
Lim od legura magnezijuma 1267
Lim, od obojenih metala 1267
Lim od točenog čelika, težine 1260
Lim za transformatore 1019, 1020
Limbus 1352
Limovi, bradavičasti 1023, 1260
Limovi, brazdasti 1023, 1270
Limovi, čelici, pregled standarda 1241, 1242
Limovi čelični, standardizovani 1260
Limovi, čvrstoća na višim temperaturama 926
Limovi, izbušeni 1021
Limovi, koritasti 1021
Limovi nelegirani 1020
Limovi od mekog olova 1061
Limovi od tvrdog olova 1061
Limovi, oznaka 1243
Limovi, platirani 1024, 1260
Limovi prevučeni bakrom 1024
Limovi, ravni 1021
Limovi, talasasti 1024
Limovi, trake i pruge od aluminijuma 1031
Limovi velikog formata 1023
Limovi za dinamo 1019, 1020
Linaks 1155
Linearan zakon elastičnosti 780, 790
Liniska mreža (za snimanje detalja) 1371
Linkrust 1205
Linija dejstva sila, nagrizanje 993
Linije razvlačenja 916
Linoleum sa plutom 1204
Linoleum, vrste 1204
Linoleum za nameštaj 1204
Linoleum za pod 1204
Linoleum za zidove 1204
Lipa 1132
Liparit 1081, 1082
Liskun 964
Liskunasti škriljac 1081, 1087
Listovi metalni 1267, 1268
Limovi od plemenitih metala 1268
Listovi testera, čelici za 1020
Litar 1409
Litar/h, pretvaranje u ml/s 1477
Lithol crveno 1181
Litijum 951, 988
Litijum-hlorid 964
Litijum-karbonat 964
Litopone 956, 1180
Liv aluminijum-legura 997
Liv, gvozdeni 1012
Liv iz kokila, aluminijum-bronza 1046
Liv, olovni 1063
Liv lakih metala 998, 999
Liv otporan prema alkalijama 1013
Liv otporan prema kiselinama 1013
Liv postojan prema morskoj vodi 997
Liv, tvrdi, obrada deformacijom 1012
Liv sa korom 1013
Livački pesak i pesak za jezgra 995, 996
Liveni asfalt 1189
Liveni blokovi 995
Limovi fasonski komadi 1274
Liveni komad, površina 996
Liveno gvožđe 1012
Liveno gvožđe, fasonski cevni komadi, normalne težine 1276
Liveno gvožđe, ispitivanje čvrstoće 905, 908
Liveno gvožđe, koeficijenti elastičnosti i čvrstoće 921, 922
Liveno gvožđe, koeficijenti izvijanja 873
Liveno gvožđe, napon izvijanja 869
Liveno gvožđe, neosetljivost prema zarezima 782
Liveno gvožđe, pregled standarda 1242
Liveno gvožđe, proizvodi 1262
Liveno gvožđe sa niklom 1070
Liveno gvožđe, sastav 1013
Liveno gvožđe, stubovi, dimenzionisanje 873
Liveno gvožđe, težina ploče 990
Liveno gvožđe, vrste, sastav 1013
venje brizganjem 1003
Livenje centrifugiranjem 1006
Livenje, legure za 996
Livenje odlivaka 995
Livenje, postupci 995
Livenje u kokilama 1000
Livenje u pesku 995, 1058
Livenje u suvim kalupima 996, 1058
Livenje u vlažnim kalupima 996, 1058
Lizol 956, 1234
Lomljeni kamen za beton 1112

Lonci — grafitni 1216
Lopatice turbina, čelici za 1018
Lopta deformaciona 778, 779
Lopta, promena zapremine i oblika 778, 779
Lopta, sile pritiska 898
Lot, ruski, pretvaranje u grame 1465
Lovački barut 1221
Ložišta, bakar za 1042
Ložišta kotlova, vrući gasovi iz, ispitivanje 1336
Lučne lampe, Dia-carbon 1214
Ludwik, ispitivanje tvrdoće 909
Lukovi, cevi od livenog gvožđa 1275
Lukovi, keramičke cevi 1289
Lupa 1349
Lupe (grudve) 1011
Lutecijum 951
Luvikan 1149
Ležina za beljenje 1230
Lužine, uticaj na izbor pogonskh kaiševa 1203
Luxfer prizme 1123

LJ

Ljuske, tanke, rotacione 890

M

Magareće kože 1199
Magma 1081
Magneti, čelici za 1022, 1023
Magneti, trajni, legure za 1018/1019
Magnetit ruda 964
Magnetna svojstva limova za dinamo 1020
Magnetne legure 1071
Magnetska deklinacija 1355
Magnetski azimut 1355
Magnetski instrumenti 1355
Magnezijum 951, 980, 988, 994, 1034
Magnezijum legure za livenje brizganjem 1004, 1005
Magnezijum legure za livenje presovanjem 1004, 1005
Magnezijum legure za livenje u kokilama 1001, 1002, 1036
Magnezijum legure za livenje u pesku 998, 999, 1036
Magnezijum legure za obradu deformacijom 1035
Magnezijum rude 1034
Magnezijum sulfat, bezvodni 964
Magnezijumov hlorid 964
Magnezijumova bronza 964
Magnezijumove legure 929, 931
Magnezit 964
Mahlke-ov termometar 1327
Mahunasti plodovi 972
Makaze, čelici za 1020
Malahit 964
Male greške, centrisanje 868
Malodimni barut 1221
Malter 972, 1100, 1107
Malter, cementni 1109
Malter, gipsni 1108
Malter, jačina 933, 935
Malter koga nagriza voda 1160, 1161
Malter, krečni 1108
Malter, krečni, mešavine 1109
Malter, modul elastičnosti 933
Malter od blata 1107
Malter od cementa i trasa 1111
Malter od kreča i cementa (proizvodni) 1110
Malter od kreča i trasa 1111
Malter od magnezita 1108
Malter Sorel 1108
Malter, vatrostalni 1093
Malter, zaštitna prevlaka 982
Maljevi, čekići za 1020
Manastirski format, opeka 1093
Mangan bronza 927
Mangan crno 1181
Mangan, čelični liv 1014
Mangan dioksid 957
Mangan karbonat 964
Mangan oksid 964
Mangan plavo 1181
Mangan silicijum čelik 1017
Mangan superoksid 957
Mangan tvrdi čelik 1018
Manganit 964
Manganova ruda 964
Manila konoplja 1193
Manometar sa vodom 1301
Manometri 1300, 1301, 1302, 1317
Manometri sa cevastom opругom 1301
Manometri sa sudom 1301
Manometri sa vodom 1301
Mansfeldski bakarni škriljac 1039
Martens, postupak paranjem 910
Martin-ova peć 1013
Masa, relativna 959
Masan pesak, livački 996
Masivna tavanica, valjani nosači za 824
Maslo 975
Masni otpornici 1217
Masni ugalj 1162
Masno štavljena koža 1200
Mast iz papaka 968
Mast svinjska 975
Mast za ležišta grubih pruga valjaonica 1178
Mast za prenosnike 1178
Mast za Staufer-ove mazalice 1178
Mast za toplo valjanje 1178
Mast za ubrizgavanje za jamske vagonete 1178
Mast za užad od kudelje 1178
Mast za užad od žice 1178
Mast za valjanje 1178

Mast za vruća ležišta 1178
Mast za zupčanike 1178
Masti 964
Masti, emulgirane 1175
Masti, mazivne 1174, 1178
Mašina sa klipom za livenje brizganjem 1003
Mašina za vibriranje 1007
Mašine sa unutrašnjim sagorevanjem, indiciranje 1324
Mašine za kalupe za livenje 996
Mašine za šišanje, čelici za 1020
Mašine za zavarivanje u tačkama, električne bronze za 1048
Mašine za zavrtnje po šavu, električne, bronze za 1048
Mašinogradnja, materijali, dozvoljeni naponi 940
Mašinska bronza 1045
Mašinski delovi, maziva za podmazivanje 1176, 1177, 1178
Mašinski delovi, složeno naprezanje 856
Mašinski konstruktivni čelici 1016
Mašinski liv 1013
Matematička teorija elastičnosti 789, 790
Materija za punilo, veštačke materije 1150
Materijal, homogen 778, 789
Materijal, ispitivanje čvrstoće 904, 905
Materijal, izotropan 778, 789
Materijal, krt 787, 908, 937
Materijal, kvaziizotropan 783, 787
Materijal, labavljenje 789
Materijal, stanje 789
Materijal, tekstura 789
Materijal, treniranje 790
Materijal za cevi, izbor 1269
Materijal za gornji sloj železnica 1240
Materijal za zaptivanje prolaza pari 1198
Materijal, žilav 788, 908
Materijali, mašinogradnja, dozvoljeni nominalni naponi 940
Materijali, probni štap 907
Materijali, standardizacija 977
Materijali za trajne magnete 1018, 1019
Materije, desenovane 1197
Materije, hemiske, tehnički važne 1222
Materije koje zamenjuju kožu 1204
Materije koje zamenjuju kožu za presvlačenje nameštaja 1204
Materije koje zamenjuju saračku kožu 1204
Materije koje zamenjuju tašnarsku kožu 1204
Materije, koži slične 1204
Materije, organske 1231
Materije za punjenje gume 1206
Materije za zavese 1197
Matrice, čelici za 1020, 1022, 1023
Matrice za isecanje rupa, čelici za 1020
Matrice za izradu novca, čelici za 1020
Matrice za izvlačenje, čelici za 1022, 1023, 1078
Matrice za sečenje, čelici za 1020 1022, 1023
Matrice za utiskivanje, čelici za 1020
Maziva 1174
Maziva, emulgirana 1174
Maziva, ispitivanje 1175
Maziva za podmazivanje mašinskih delova 1176
Mazivna ulja, grafitirana 1175
Mazivna ulja, prerađena 1174
Mazivna ulja, različito poreklo 1174
Mazivne masti 1174, 1178
Mazivni sapuni 1238
Mazivno ulje, odvajanje metalnih delića 1179
Mazivno ulje, skupljanje, upotrebljenog 1179
Mazivno ulje, vađenje iz krpa 1179
Mazut 1168
MBV-postupak za aluminijum 986
M-dijagram 792
Međunarodna standardizacija 978
Međunarodna unija za zaštitu industrijske svojine 1495
Međuslojevi, metalni 981
Meka guma, dijagram istezanja 1206
Meka guma, elastično ponašanje 1207
Meka voda 1158
Mekana smola 1210
Meke i tvrde olovne cevi 1286, 128
Meki limovi 1065
Meki parafin 1235
Meki porcelan 1099
Meko lemljenje aluminijum legura 1028
Meko olovo 1061
Meko olovo, metalurško 1060
Meko žarenje, termička obrad 1015
Merač pada pritiska 1317
Merač pare 1316
Merač Rota 1311
Merač sa plovkom 1316
Merač strujanja sa otvorom 1317
Merač za sabijeni vazduh 1312
Merači, Bayer-Siemens-ov 1307, 13
Merači sa kružnom pločom 1307
Merači vode 1307
Merači vode koji se ugrađuju cevovod 1307

Merači zapremine, količine protoka 1307
Mere bezbednosti pri obradi magnezijuma 1037
Mere i tegovi, baždareni 1418
Mere i tegovi evropskih zemalja, nemetarske i predašnje 1433
Mere i tegovi raznih zemalja 1408
Merenje dužina 1357, 1409
Merenje vazdušnog pritiska 1377
Mere za dužinu, pretvaranje i upoređenje 1439
Mere za površinu, pretvaranje i upoređenje 1449
Mere za površinu zemljišta 1435
Mere za tečnosti 1436
Mere za težinu 1437, 1460
Mere za težinu evropskih zemalja 1437
Mere za težinu po jedinici dužine, engl. i ruske 1466
Mere za težinu po jedinici površine, engl. i ruske 1468
Mere za težinu po jedinici površine (spec. pritisci) 1468
Mere za težinu po jedinici zapremine, engl. i ruske USA 1474
Mere za težinu po jedinici zapremine (spec. težine) 1474
Mere za zapreminu, pretvaranje 1453
Mere za žito 1436, 1437
Merenje broja obrtaja 1302
Merenje brzine 1302
Merenje brzine tečnosti i gasova 1303
Merenje brzine u samim tečnostima i gasovima 1303
Merenje gasova 1311, 1316
Merenje horizontalnih uglova 1352, 1353
Merenje i vaganje količina koje slobodno protiču ili idu potrošaču 1306
Merenje količina 1304
Merenje količine toplote 1330
Merenje krivine 915
Merenje liniske mreže 1371
Merenje napona 913
Merenje napona ispitivanjem linija dilatacija 916
Merenje napona u staklu 1119
Merenje oscilacija građevinskih delova 1324
Merenje osnovice (bazisa) 1367
Merenje pomoću štita 1310
Merenje poziciskog ugla 1355
Merenje prelivanjem 1308, 1309
Merenje pritiska 1300
Merenje protoka fluida 1306
Merenje snage 1319
Merenje snage električnim putem 1321
Merenje snage prema postupku reakcionog pritiska 1320
Merenje smićućih napona 915
Merenje tečnosti 1306
Merenje temperature 1326
Merenje temperature gasova 1329
Merenje toplote 1326
Mernje uglova 1352, 1354
Merenje uglova, višestruko 1352
Merenje vakuuma 1300
Merenje vertikalnih uglova 1354, 1355
Merenje visokih temperatura 1329
Merenje vlažnosti vazduha 1331
Merenje vode za napajanje kotla 1316
Merenje zapremine 1307
Mermer, (mramor) 934, 944, 957, 1081, 1086, 1160
Mermer, svojstva 1088
Mermer u boji 1086
Mermerni cement 1101
Merne jedinice, geodezija 1344
Merne jedinice rada, upoređenje 1481
Mesec (Zemljin satelit), dimenzije težina 1430
Mesing 927, 928, 964, 996, 1004, 1049, 1050, 1051, 1054, 1055, 1263
Mesing, limovi 1050
Mesing, liven, koeficijenti elastičnosti i čvrstoće 927
Mesing, profilisane normalne šipke 1263
Mesing, puni profili 1050, 1051
Mesing, specijalan 927
Mesing, šipke od 1050
Mesing, težina ploča 990
Mesing, težina žice 989, 990
Mesing, tvrd, oblik isporuke, primena 1054
Mesing, volfram- 1078
Mesing za brave 1050
Mesing za kovanje 1053
Mesing za lemljenje 1049, 1055
Mesing za livenje 1049, 1054
Mesing za lopatice 1050, 1052
Mesing za nagrizanje 1053
Mesing za platine 1050
Mesing za presovanje na toplo 1054
Mesing za pritiskivanje 1053
Mesing za satove 1050
Mesing za valjanje 1050
Mesing za zavrtnje 1054
Mesno i srednjeevropsko vreme, razlike 1431
Meso 975
Mesto za prigušivanje 1316
Mešana kiselina 1224
Mešani elementi (izotope) 952
Mešani kalaj 1065
Mešavina, betonska 1113, 1114
Mešavine krečnog maltera 1109
Mešovita podela, uglovna 1344

Metal koga nagriza voda 1160
Metal za izradu štamparskih slova 931
Metal za topove 964
Metali 953, 1076
Metali, čvrstoća 931
Metali, električna provodljivost 988, 989
Metali, ispitivanje čvrstoće 904, 905
Metali, jačina pri kidanju 988, 989
Metali, koeficijent linearnog toplotnog širenja 988, 989
Metali koje koroduje voda 1160
Metali, laki 1024
Metali, modul elastičnosti 988, 989
Metali, obojeni 1024
Metali, plemeniti 1072
Metali, podobnost provođenja toplote 988, 989
Metali, specifična težina 988, 989
Metali, specifična toplota 988, 989
Metali, sredstva za nagrizanje 993
Metali, svojstva 988, 989
Metali, tačka ključanja 988, 989
Metali, tačka topljenja 988, 989
Metali, tehnički, čvrstoće 931
Metali, temperaturni koeficijent električnog otpora 988, 989
Metali, toplota topljenja 988, 989
Metali, tvrdoća po Brinell-u 988, 989
Metali za ležišta, centrifugiranje 1007
Metali za štamparska slova 1066
Metalna creva, kalajne bronze za 1046
Metalna keramika 1007
Metalna sita 1198
Metalne ploče, težina 990
Metalne prevlake 981, 982
Metalne strugotine, odvajanje mazivnog ulja 1179
Metalne žice 1195
Metalni grafit za prstenove 1215
Metalni listovi 1267, 1268
Metalni međuslojevi 981
Metalni prah 981, 1007
Metalni premaz 983
Metalni termometar 1329
Metalnografitne dirke 1215
Metalurški bakar, primena 1040
Metalurški cink, primena 1056
Metalurški nikal, trgovačke vrste 1067
Metalurško meko olovo 1060
Metamorfne stene 1081, 1087
Metanol 1171, 1231
Metar/h, pretvaranje u mm/s 1477
Metar Hg, pretvaranje u engl. funte/kv. palac 1473
Metar/s, pretvaranje u engl. milje/h 1478
Metar/s, pretvaranje u km/h 1476
Metar-tona 1481
Metarska jedinica za težinu 1409
Metarska konvencija 1408
Metarska kubna mera, pretvaranje u USA-mere 1457, 1458
Metarske mere, pretvaranje u engleske mere 1440, 1441, 1446, 1449, 1450, 1453, 1454, 1457/1458
Metarske mere, pretvaranje u engleske stope i palce 1442/1446, 1450, 1454
Metarske mere, pretvaranje u japanske mere 1448
Metarske mere, pretvaranje u pomorske mlije 1439
Metarske mere, pretvaranje u predašnje mere evropskih zemalja 1333/1439
Metarske mere, pretvaranje u ruske mere 1446/1448, 1451/1452, 1454/1456, 1458/1459
Metarske težine, pretvaranje u engleske težine, 1460/1464
Metarske težine, pretvaranje u ruske težine 1464, 1465
Metarske tone, pretvaranje u engl težine 1460
Meteorska voda 1157, 1234
Metilacetat 1236
Metilaldehid 1234
Metilalkohol - voda, specifična težina smesa 1232
Metilamin, čelične boce za 1297
Metilanol 1237
Metilcikloheksanol 1236, 1237
Metilcikloheksanon 1236, 1237
Metiletar, čelične boce za 1297
Metilglikol 1236
Metilheksalin 1237
Metiloksid 971
Metoda istiskivanja sokova, zaštita drveta 1135
Metoda merenja dilatacija 913
Metoda najmanjih kvadrata, raču izravnavanja 1386
Metode vakuum-pritiska, zaštita drveta 1135
Metode analogije, određivanje n pona 918
Mikaleks 964
Mikapapir 964
Mikromanometri 1032
Mikroskop 1350
Mikroskop, noniusni 1350
Mikroskop sa zavrtnjem 1350
Mikroskop sa skalom 1350
Mikroskop za čitanje na limbu 1350
Mikroskopska posmatranja, sredstva za nagrizanje 993
Milimetar Hg, pretvaranje u b 1473

Milimetar Hg, pretvaranje u milimetar $H_2O$ 1471
Milimetar/s, pretvaranje u m/h 1476
Milimetar živinog stuba (mm Hg) 1470
Mineralna vlakna 1192, 1194
Mineralne vode 1157
Mineralni građevinski materijali, čvrstoća 933
Mineraloške skale tvrdoće 1431
Mineta 973, 1082
Minimetri 1302
Miramant 1072
Mlaz peska, obrada liva 996
Mlazni merači 1307
Mlečno staklo 1118
Mlinovi za metalni prah 1007
Mlječ 1132
Mnogougaoni poprečni presek, statičke vrednosti 804
Modeli od drveta za livenje 996
Modeli od metala za livenje 996
Modelarski gips 1101
Modrilo drveta 1134
Modul elastičnosti 775, 778, 878, 904, 907, 914, 921
Modul elastičnosti betona 935
Modul elastičnosti kamena i maltera 933
Modul elastičnosti pri izvijanju u plastičnom području 869
Modul elastičnosti veštačkih materija 1141
Modul elastičnosti zida od opeka 936
Modul klizanja 775, 778, 878, 909, 921
Modul zapreminske elastičnosti 779
Moher vuna 1194
Mohr, najveći smičući napon (hipoteza o slomu) 784
Mohr, određivanje napona, složeno naprezanje 852
Mohr, određivanje neutralne ose 844
Mohr-ov kruga napona 781
Mohr-ova, analogija, između elastične linije i lančanice 800
Mohrsch-ova so 957
Mohs-ova skala tvrdoće 1431
Moiré-linoleum 1204
Mokri postupak, dobivanje veštačkih vlakna 1195
Mokro gašenje, kreča 1108
Molassesandstein 1085
Molekuli 952
Molekulska težina hemiskih jedinjenja 954/958
Molerski kamen 964
Molersko tutkalo 1185
Molidben-olovo oksid 1077
Molidbenit 964, 1077
Moment inercije, kružnog poprečnog preseka 805, 807
Moment inercije, površine poprečnog preseka 794
Moment inercije, promenljiv, izvijanje 865
Moment inercije, prstenastog kružnog poprečnog preseka 805, 808, 809
Moment napadni, dijagram 792
Moment savijanja 792, 828, 849, 850, 851
Moment savijanja, najveći 795
Moment savijanja nosača različito oslonjenih i opterećenih 811/816
Momenti inercije čeličnih kvadratnih cevi 1258
Momenti inercije ⊏-čelika 1254, 1255
Momenti inercije čelika za oblaganje 1257
Momenti inercije I-čelika 1252, 1253
Momenti inercije I-čelika sa širokim nožicama 1253
Momenti inercije ⊥-čelika sa visokim rebrom 1255
Momenti inercije ⊥-čelika sa širokom nožicom 1256
Momenti inercije I-čelika za vagone 1253
Momenti inercije lakih profila od trakastog čelika 1259
Momenti inercije nemačkih normalnih profila za valjani čelik 1248/1259
Momenti inercije, presovanih L-profila od lakog metala 1264
Momenti inercije, ravnokrakog L-čelika 1248, 1249
Momenti inercije različitih poprečnih preseka 804/810
Momenti inercije raznokrakog L-čelika 1250, 1251
Momenti inercije, talasastih limova 1261
Momenti savijanja, kranski nosač 820
Momenti torzije 836
Momenti torzije, dozvoljeni, raznih poprečnih preseka 837/839
Monacit 964
Mondov nikal 1067
Mornarička bronza 1044
Mornarička legura 1053
Mornarički lepak 1187
Morse-ovi znaci 1495
Morska voda 1157
Morska voda, sadržaj soli 1157
Morski pesak, livački 996
**Most, Wheatston-ov 1327**
Mostogradnja, dozvoljeni naponi 941

Mostovi, izvijanje, liveno gvožđe 873
Mostovne vage 1305
Mostovni četvorougaonik 1327
Mostovski nosač 822
Motor, CFR 1166
Motor, Vario- 1166
Motori sa unutrašnjim sagorevanjem, specijalni čelici za ventile, čvrstoća 926
Motorno ulje 1177
Motorski benzol, karakteristike 1169
Motorsko gorivo, Diesel 1165, 1167
Mozaik-ploče 1091, 1098
Mozaik, teraco- 1092
Mramor (mermer) 934, 944, 957, 1081, 1086, 1160
Mraz, uticaj na beton 1113, 1115
Mreža (tkanine) 1197
Mreža građevinskog čelika 1295
Mreža od bronzane žice 1046
Mrka gvozdena ruda 964
Mrke neorganske boje 1181
Mrki ugalj, češki 1162, 1165
Mršavi kameni ugalj 1163, 1164
Mufel boje 1183
Mufle 1018
Mulj 972
Mungo vlakna 1194
Musivno zlato 957
Myllius, ispitivanje stakla po 1128

N

Nabacana i naslagana tela, težine u kg/m³ 972
Nabijeni asfalt 1189
Načini isporuke, standardizacija 978
Nadmorska visina tačke 1373
Nafta 968, 1165
Naftalin 957, 964
Naftol žuto 1181
Nagib elastične linije konzole 800
Nagib krovova pokriveniħ crepom 1094
Nagibna vaga 1305
Naglavak za dve cevi 1282
Nagrizanje drveta, hemisko 1134
Nagrizanje fosfora, gvožđe i čelik 993
Nagrizanje materijala kiselinama po Fry-u, vidljivost linija razvlačenja 916
Nagrizanje stakla 1225
Nagrizanje sumporom, Baumannovo 994
Nagrizanje zavarenih spojeva 994
Najveća glavna dilatacija 858
Najveći glavni napon 858
Najveći napon 845, 847
Najveći napon kod rupa 938
Najveći napon na mestima promene poprečnog preseka 938
Najveći napon na mestima uključenja 938
Najveći smićući napon 858
Najveći teret koji konstrukcija može podneti 783
Nameštaj, stolarsko drvo za 1139
Nanosno zlato 1074
Napad na površinu tela 979
Napajanje kotla, merenje vode 1316
Napon, efektivan (telo) 783
Napon, izravnavanje 782, 788, 789
Napon izvijanja 864, 868, 869, 870
Napon, merenje 913
Napon, najveći, krivi štapovi 875
Napon, normalni 775, 776
Napon, normalni, dozvoljen 938, 939
Napon, određivanje, metodom analogije 918
Napon, povećanje usled nagle promene normalnih napona 901
Napon, povećanje usled nagle promene smićućih napona 902
Napon, pri radu konstrukcije 787
Napon pritiska, dozvoljeni, za zidove 944, 945
Napon, raspodela u štapu koji je izložen torziji 919
Napon, razvlačenja 783
Napon, smićući usled torzije 781
Napon, smićući, uticaj na dimenzionisanje prema savijanju 796
Napon srednji, gibanj 881
Napon stvaran (materijal) 783
Napon uporedni 784
Napon uporedni, granica 784
Napon, uticajna površina za 847
Naponi, dozvoljeni 937
Naponi, dozvoljeni u mašinogradnji 940
Naponi, dozvoljeni, u zgradarstvu 941, 942
Naponi, dozvoljeni u zgradarstvu i mostogradnji 941
Naponi, dozvoljeni, za ankerne osovinice 941
Naponi, dozvoljeni, za beton, pri savijanju 946
Naponi, dozvoljeni, za građevinsko drvo 943
Naponi, dozvoljeni, za staklo 947
Naponi, dozvoljeni, za zavrtnjeve za ankerovanje 941
Naponi, granični 903
Naponi pritiska, dozvoljeni, za građevinsko drvo 943
Naponi pritiska, dozvoljeni, za beton, betonski stubovi 946
Naponi sopstveni 913
Naponi u diskovima koji se kreću 894/897

Naponi u pločama 888
Naponi u staklu, merenje 1119
Naponi usled centrifugalnih sila 894
Naprezanje, složeno 842
Naprezanje, usled aksijalne i transverzalne sile 849, 850
Naprezanje usled centrifugalnih sila 894
Naprezanje usled ekscentrične sile 849
Naprezanje, vrste, koeficijent oblika 939
Naslagana i nabacana tela, težina u kg/m³ 972
Natrijev karbonat 964, 1226
Natrijev karbonat, sekundarni 1226
Natrijum 951, 988
Natrijum-aluminat 1159
Natrijum-fluorid 985
Natrijum-hidroksid 957, 1159
Natrijum-hiposulfit 1229
Natrijum-hlorid 964
Natrijum-nitrat 964
Natrijum-oksid 974
Natrijum-pikrat 993
Natrijum-sulfat 964, 1159
Natrijum-tiosulfat 964, 1229
Natrijum-volframit 1078
Natrijumovi sapuni 1238
Navier-ova pretpostavka 793
Navrtke, pregled standarda 1241
Neapulisko žuto 1180
Nejednolika raspodela napona 937
Nelegirani alatni čelici, primena 1020
Nelegirani čelik, koeficijenti elastičnosti i čvrstoće 921
Nelson-Bohnalite legura, svojstva 1032
Nemačka komisija za standarde 977
Nemačka komisija za čelične limove 991, 992
Nemačka skala debljina cinkovog lima 1268
Nemačka skala za čeličnu žicu 991 992
Nemački valjani normalni profili 1248/1258
Nemački valjani normalni profili, približne formule za $W_x$ 806
Nemetali 953
Nemetali, čvrstoća 932
Nemetalne cevi 1288
Neodim 951, 964
Neofan staklo 1127
Neolit 1155
Neo-permutit filter 1160
Neoplemenjeni mašinski čelici, čvrstoća na višim temperaturama 922
Neorganske boje 1180
Neorganski nosači smole 1151
Neotrovnost gasova 1171
Nepečene opeke 1088
Neprana vuna 1194
Nepregledan teren, snimanje položaja i visina 1381
Neutralizacioni broj 1176
Neutralna osa 793
Neutralna osa i napadna tačka sile, zavisnost 845
Neutralna osa, kružni prsten, položaj 855
Neutralna osa, određivanje po Land-u i Mohr-u 844
Neutralna osa, ručica krivaje 859
Neutralni sloj 793
Neutrino 950
Neutron 950
Newcastle stepeni 1227
Nifarin 1204
Nihaks 1155
Nihateks 1155
Nikal 951, 964, 980, 988, 994, 1011, 1067, 1068, 1069
Nikal-aluminijum legure 1070
Nikal-bakar legura 928
Nikal-berilijum legure, svojstva 1038
Nikal-bronze 1047, 1049
Nikal-čelični liv 1014
Nikal-čelik 964, 1017, 1069
Nikal-čelik, naponi izvijanja 869
Nikal-čelik, standardi 1242
Nikal-gvožđe legura 1070
Nikal-mangan-čelični liv 1024
Nikal-mangan čelik 964
Nikal-magnezijum-silikat 1067
Nikal-prevlake od 982
Nikalsilicid 1047
Nikal-silicijum bronza 1049
Nikal-sulfid 694, 1067
Nikal svojstva 1068
Nikal, trgovačke vrste 1067
Nikal, tvrdi liv 1070
Nikal u kockama 1067
Nikal u prahu 1067
Niklov kamenac 1067
Niklove soli 1071
Niske frekvencije, oscilacije 1480
Nišador 1229
Nitrat kalijuma 1229
Nitrat srebra 1073
Nitrati — organski 1221
Nitriranje 1016
Nitroceluloza 964, 983, 984, 1186
Nitrocelulozne mase 1145
Nitro lakiranje 984
Nivelanje repera 1376
Nivelman geometriski 1373
Nivelmanska mreža 1376
Nvielmanske letve 1375
Nivelmanski instrumenti 1374, 1375
Nivelmanski reper 1375
Nonagezimalna uglovna podela 1344

Normalizovanje, termička obrada 1015
Normalna nula (N. N. — početni reper) 1340
Normalna temperatura 1326
Normalne odvodne cevi, lake 1274
Normalne težine fasonskih cevnih komada od livenog gvožđa 1276/1281
Normalni blok od betona 1089
Normalni i smičući naponi, slaganje 780
Normalni napon 775, 776
Normalni napon, deformacioni rad pri savijanju 803
Normalni napon, ručica krivaje 859
Normalni napon usled savijanja, izračunavanje 794
Normalni napon, usled savijanja, pritiskujući, zatežući 795
Normalni nemački valjani čelični profili 1248/1257
Normalni profili za valjani čelik 1248
Normalni uporedni napon 785
Normalni valjani profili, nemački, približne formule za $W_x$ 806
Normgas 1172
Nosač, balkonski, konzolni, deformacija 876
Nosač jednake otpornosti prema savijanju 796, 825, 827
Nosač, jednoliko podeljeno opterećenje na delu gredu 817
Nosač, kalupa za livenje 1005
Nosač, kontinualan 828
Nosač, kontinualan, tablica za proračun 831
Nosač, konzolni 811, 813, 815
Nosač, kranski 819
Nosač, kranski, pritisci na oslonce i momenti savijanja 820
Nosač, mostovski 822
Nosač, pokretni tereti 819
Nosač, slobodno oslonjen 811/821
Nosač, složeno opterećenje 819
Nosač smole, veštačke materije 1151
Nosač, trapezno opterećenje na delu grede 817
Nosač, trougaono opterećenje na delu grede 818
Nosač, ukliješten na jednom kraju 812, 814, 815, 818
Nosač, ukliješten na oba kraja 812 814, 816, 818
Nosači konstantnog poprečnog preseka 795, 811/818
Nosači na više od dva oslonca 828/831
Nosači od topljenog čelika, dimenzionisanje 824
Nosači različito oslonjeni i opterećeni 811/818
Nosač valjani, dimenzionisanje 823, 824
Nosači valjani, za masivnu tavanicu 824
Novac u raznim zemljama 1396
Novolak 1151
Novozelandski lan 1192, 1193
Noževi za brijanje, čelici za 1020
Noževi za struganje, čelik za 1022, 1023
Numeracija prediva 1196
Nüral legura 1032
Nylon vlakno 1195

## O

Obaranje, sredstva za 1181
Obavezna baždarenja 1305
Obavijanje površina, zaštita od korozije 985
Obeležavanje krivine u tunelu 1385
Obeležavanje krivine u useku 1385
Obeležavanje kružnog luka 1383, 1384
Obeležavanje pravih i krivina 1383
Obeležavanje prelazne krivine 1385
Obeležavanje tačaka na krivini 1383
Obeležavanje tačaka na terenu 1343
Obeležavanje vodova 1272
Obeležja, standardizacija 977
Običan klinker 1092
Običan zid, pritisak i savijanje 851
Oblaganje valjanim olovom 1062
Oblici elektroda 1211
Oblici probnih štapova, za ispitivanje čvrstoće 907
Oblik utvrđivanje, standardizacija 977
Obloga konvertora, bazna masa 1010
Obloga konvertora, kisela masa 1011
Obloge poda, teraco 1092
Obloge zidova, teraco 1092
Oblovina 1139
Obojene materije, sredstva za premazivanje, zaštita od korozije 983
Obojeni metali 1024
Obojeni metali, limovi, trake itd. 1263, 1267
Obojeni metali, trgovački proizvodi 1262
Obrada čelika u hladnom stanju 1015
Obrada čelika u toplom stanju 1015
Obrada gvožđa i čelika deformacijom 1012
Obrada površinska aluminijuma i njihovih legura 1031

Obrtni kalup za livenje centrifugiranjem 1006
Ocena kvaliteta lana 1191
Odgrejavanje čelika 993
Odnos uporednih napona, $\alpha_0$ 856
Određivanje protoka iz rasporeda brzine 1310
Određivanje težine 1304
Određivanje toplotne moći goriva 1334
Određivanje toplotne moći goriva, standardi 1164
Određivanje visine, barometarsko 1342, 1377
Određivanje visine, trigonometrisko 1376
Odvodne cevi, keramičke 1290
Odvodne cevi, lake normalne 1274
Ogledala pod uglom, instrument 1344
Ogledalasto (špigl) gvožđe 1010
O- i Om-vanogi 976
Ojačavanje materijala 789
Okhuizen tenzometar 914
Oker 964, 1180
Okrugla žica, valjana 1262
Okrugle elektrode, dimenzije 1211
Okrugli kaiševi 1201
Oksalna kiselina 957, 964
Oksibenzol 1234
Oksiceluloza 1190
Oksidaciona sredstva 979, 980
Oksidna skrama kod aluminijuma 979, 1025
Oksidul bakra, kristalni 1044
Oktanski broj (oktan) 1166, 1170
Oktanski broj, vrednost 1170
Olefini, gasoviti 1170
Oleum 957, 1223
Oleum tartari 1227
Oligodinamičko dejstvo srebra 1073
Olovna bronza 1047
Olovna cev, prerađeni standardi 1283
Olovna gleđ 957, 964
Olovna sačma 1063
Olovna vuna 1063
Olovna žica 1269
Olovne cevi 1062
Olovne cevi, meke i tvrde, dimenzije, težine 1286, 1287
Olovne cevi sa oblogom od kalaja 1283
Olovne folije 1268
Olovne prevlake za kablove 1062
Olovni azid 1219
Olovni borat 1143
Olovni lem 1061
Olovni liv 1063
Olovni minijum 957, 964
Olovni proizvodi 1063
Olovni trinitrorezorcinat 1219
Olovni zaptivači 1063
Olovno belo 957, 964, 983, 1180
Olovno belo — ruda 964
Olovno kristalno staklo 1118
Olovno silikatno staklo 1125
Olovo 931, 951, 965, 980, 988, 990, 994, 1060
Olovo-acetat 957, 964
Olovo-antimon-kalaj legura 1065
Olovo-arsen metali za ležišta 1066
Olovo-kalaj-bronza 927, 928
Olovo, primena 1061
Olovo rafinirano 1060
Olovo sa antimonom 1060
Olovo sa kalajem 1060, 1065
Olovo, svojstva, primena 1060, 1061
Olovo, težina ploča 990
Olovo, trgovačka roba 1063
Olovo za akumulatore 1065
Omekšavanje vode 1160
Omekšivači 1182, 1235
Oolith 1086
Opal staklo 1118
Opalno staklo 1121
Opasači, tehnička tkanina za 1198
Opasan presek, nosači 811/817
Opeka 945, 1092, 1093
Opeka, betonska 1089
Opeka nepečena 1088, 1089
Opeka, normalne dimenzije 1088, 1090
Opeka obična, za zidanje, dozvoljeni napon pritiska 945
Opeka od cirkon-silikata 1096
Opeka od gipsa 1090
Opeka od krečnog peščara, normalne dimenzije 1088
Opeka od magnezita 965, 1096, 1097
Opeka od plovućca 934, 945, 1089, 1090
Opeke od silicijum karbida 1096
Opeka od šljake 1090
Opeka sa rupama 1093
Opeka, šuplja 1093
Opeka, težina 1093
Opeka vezana cementom 1089
Opeka, za oblogu, jačina pri pritisku 936
Opeka za zidanje 965, 1092, 1093
Opeka za zidanje, modul elastičnosti 934
Opeka za zidanje, jačina pri pritisku 1092
Opeke bogate glinovitom zemljom 1095, 1096, 1097
Opeke staklene 1123
Opeke šamotne 1095, 1097
Opeke sa rupama 1093
Opeke vatrostalne 1094
Opeke vatrostalne, standardi 1096
Opeke vatrostalne, svojstva 1097
Opeke za svodove 1093
Oplemenjavanje drveta 1136
Oplemenjavanje, termička obrada 1016

Opruga indikatora 1322
Opruga, karakteristika 878
Opruga, konusna zavojna 886
Opruga pravougaona 879
Opruga trapezna 879
Opruga trougaona 879
Opruge 877
Opruge, Belleville- 886
Opruge, čelici za 1017, 1018
Opruge, fleksione 879
Opruge prstenaste 886
Opruge torzione 884
Opruge za odbojnike 886
Opruge zavojne, fleksione 883
Opružni manometri 1301
Opterećenje dinamičko 788
Opterećenje dinamičko, jednosmisleno 940
Opterećenje dinamičko, naizmenično 788, 937, 940
Opterećenje podeljeno (savijanje) 792
Opterećenje, složeno, nosača 819
Opterećenje, slučajevi, po C. Bach-u 940
Opterećenje slučajevi železnički mostovi 941
Opterećenje statičko 937
Opterećenje, statičko, stepen sigurnosti 940
Optički daljinar 1358
Optički visak 1347
Optičko merenje napona 917, 918
Optičko staklo 1125
Orah 1132, 1134
Organska jedinjenja kao prevlake 982
Organske boje 1181
Organske materije 1231
Organski eksplozivi 1220
Organski nitrati 1221
Organski nosači smole 1151
Organski rastvarači 1235, 1236, 1237
Ormyd tutkalo 1185
Ornament staklo 1121
Orsat-apparat 1336, 1338
Ortoklas 965
Osa štapa 792
Oscilacije, elektromagnetske 1480
Oscilacije, frekvencije i talasne dužine 1480
Oscilacije, mehaničke 1480
Oscilacije, naizmenične struje 1480
Oscilograf, katodni 1323
Oscilograf, trakasti 1325
Osetljivost eksploziva 1218, 1219, 1220
Osjasta dlaka 1194
Osjasta vuna 1193
Oslanjanje krajeva, štap 864
Osmijum 951, 988
Osmougaonik 839, 846
Osmougaonik, statičke vrednosti 804
Osmougaonik, torzija 839
Osmoziski postupci, zaštita drveta 1135
Osnovički aparat 1367
Osnovni premaz 983
Osnovni standardi 978
Osovina promenljivog poprečnog preseka, ugib, elastična linija, primer 802, 803
Osovine, čelici za 1018, 1019
Osovinsko ulje 1177
Oštar ugao na krivom štapu 876
Oštećenje od gljiva, drveta 1130
Oštre dlake 1193
Oštroivična građa, poprečni preseci, statičke vrednosti 810
Otpaci čelika 1011
Otpor oslonca, 795
Otpor protiv prodiranja 905
Otporni moment 794
Otporni moment kružnog poprečnog preseka 805
Otporni moment kvadratnog poprečnog preseka 804
Otporni moment pravougaonog poprečnog preseka 804
Otporni momenti 811/816
Otporni momenti čeličnih kvadratnih cevi 1258
Otporni momenti čelika za oblaganje 1257
Otporni momenti I-čelika 1252, 1253
Otporni momenti I-čelika za vagone 1253
Otporni momenti kružnih poprečnih preseka 807
Otporni momenti kvadratnih poprečnih preseka 810
Otporni momenti lakih profila od trakastog čelika 1259
Otporni momenti L - čelika 1248
Otporni momenti nemačkih normalnih profila za valjani čelik 1248/1258
Otporni momenti pravougaonih poprečnih preseka 810
Otporni momenti, presovanih L - profila od lakog metala 1264
Otporni momenti profila od valjanog čelika 1248/1258
Otporni momenti, prstenasti kružni poprečni presek 805, 808, 809
Otporni momenti različitih poprečnih preseka 804/810
Otporni momenti talasastog lima od čelika 1261
Otporni momenti ⊥ - čelika sa širokom nožicom 1256
Otporni momenti ⊥ - čelika sa visokim rebrom 1255
Otporni momenti U - čelika 1254, 1256
Otpornici, ugljeni 1216
Otporno staklo 1128

Otpornost ivica stena 1080
Otpornost materijala, oznake 775
Otpornost materijala, pregled 773
Otpornost materijala, zadatak 776
Otpornost stakla prema atmosferilijama, ispitivanje 1128
Otpornost stena prema udaru 1080
Otpuštanje, termička obrada 1016
Otstojanje tačke konture jezgra 846, 847, 853
Otstranjivanje gasova iz vode 1159
Otstranjivanje kiselina iz vode 1160
Otstranjivanje masti iz vode 1160
Otstranjivanje ulja iz vode 1160
Otstupanje, srednje 1386
Otstupanje u opažanjima, izravnavanje 1386
Otvori za isticanje 1308
Otvori za proticanje 1308, 1312
Ovalni šupalj cilinder 893
Ovalno gvožđe 1021
Ovas 972, 973
Ovčja koža 1199
Ovčja vuna 965, 1192, 1193, 1194
Oznaka marke za čelik i gvožđe 1241, 1242
Oznaka mera i tegova 1415
Oznake krovne hartije 1189
Oznake (numeracija) prediva 1196
Oznake, standardizacija 977
Oznake za zakivke 1291
Oznake za zavrtnjeve 1291
Ozon 971, 1159
ω-dijagram, konstruisanje 870, 871
ω-postupak 870

P

Padomeri 1356
Pacura 1168
Paladijum 951, 988, 1076
Paladijum-srebro-legura 1076
Palac (col) engleski i američki 1432
Palac, engl., pretvaranje u milimetre 1443
Palac Hg, pretvaranje u fizičke atmosfere 1474
Palac Hg, pretvaranje u mm Hg 1470
Palac, pretvaranje u metarske mere 1450, 1454
Paljenje eksploziva 1218, 1222
Paljevina, drvo 1131
Pamučne tkanine, tehničke 1197, 1198
Pamuk 965, 975, 1191, 1192
Pamuk, kvalitetna ocena 1191
Pamuk, zamena za 1191
Pantljike za merenje dužina 1357
Papir, jačina pri kidanju 932
Para etra 971
Para, pritisci nad vodom i nad ledom 1333
Para, uticaj na izbor pogonskih kaiševa 1203
Para, zasićena, merenje 1316
Parafin 1234
Parcijalni merači 1307, 1311
Parenje drveta 1135, 1136
Parkerizovanje 986
Parkes-ovo olovo 1061
Parketne daščice 1139
Parne mašine, cilindersko ulje za 1177
Parne mašine, indiciranje 1324
Parsec 1430
Pasta za lemljenje 1065
Pasulj 975
Patent 1502
Patent, postupak za zaštitu 1502
Patenti, prijavne i godišnje takse 1496/1500, 1504
Patenti, važnije odredbe inostranih zakona o patentima 1496 i dalje
Patenti, zakon, jugoslovenski, izvod 1500
Patentiranje pronalazaka 1503, 1504
Patrone brizantnih eksploziva 1221
Pattinson-ovo olovo 1161
Pe-Ce vlakna 1195
Pečati za obeležavanje, čelici za 1020
Peć sa loncima 1013
Peć sa topilištem 1011
Peć za pudlovanje 1011
Peći za termičku obradu 1028
Pegmatit 1082
Pena 1240
Penasta guma 965
Penasti beton 965
Pentaeritrit-tetranitrat 1221
Pentozin 1129
Penušasta zgura iz visokih peći 1089, 1090
Pepeo koksa 972
Pepeo, sadržaj u uglju 1165
Perborat 957
Perbunan 1208
Perhloratni eksplozivi 1221
Perhlormetan 1234
Periferna brzina ugljenih dirki, dozvoljena 1215
Perilitni liv 921, 1013
Perilno ulje 1182
Periodni sistem elemenata 952, 953
Perje 975
Permaloj 965, 1069
Permanentno zeleno 1181
Permanganat 957
Perminvare 1069, 1071
Permutit-neo filter 1160
Pesak 946, 972, 975, 1081, 1084, 1167
Pesak livački 972, 995, 996
Pesak livački, sredstva za vezivanje 996
Pesak od plovućca 965, 972

Pesak, prirodni, zapreminska težina 1107
Pesak za armirani beton 1112
Peščani asfalt 965, 1188
Peščar 933, 965, 1085
Peščar, svojstva 1088
Petlja 1293
Petlja, jednostavna 1293
Petljana roba 1197
Petostrana prizma 1345
Petrografska svojstva stena 1080
Petroleum 975, 1166, 1236
Petroleum barrel 1427,
Petroleum barrel, pretvaranje u kubne decimetre 1458
Petroleum-benzin 968
Petroleum-galon 1422, 1427
Petroleum za osvetljenje 968, 1165, 1166
Petrolkoks 1210
Pfender-Siebel-ov tenzometar za merenje sleganja 1325
Piezo-kvarc 1325
Pigmentne boje 1181
Pijaća voda, uslovi za 1158
Pikeri 1199, 1201
Pikrinska kiselina 965, 993, 1219, 1221
Pilirani sapuni 1238
Piranton 1237
Pireks-staklo 1126
Pirinač 975
Pirit 965
Pirogalna kiselina 1336
Piroksen 965
Piroliza 1170
Piroluzit 965
Pirometar, Le Chatelier 1329
Pirometar, usisni 1329
Pirometar za merenje zračenjem 1329
Pirotin 965
Pištolj za prskanje 981
Pitchpine 1132
Pite vlakna 1193
Plafonske ploče 1094
Plagioklas 965
Plamena čađ 1218
Plamene peći 1011
Planimetrisanje indikatorskog dijagrama 1323
Planska mera, računanje površina iz planskih mera 1372
Planska površina, deoba površine na planu 1372
Plastična obrada čelika 1015
Plastično drvo 1137
Plastično izravnavanje napona 786, 787, 797
Platina 951, 965, 988, 1075
Platina-iridijum 965
Platina, kao katalizator 1075
Platina, svojstva 1075
Platina, trgovačka roba 1076
Platinske folije 1076
Platinski kapilari, Drehschmidt-ovi 1338
Platinski termometri 1327
Platirani limovi 965, 1024
Platiranje 981
Platiranje srebrom 1074
Platna za ambalaže 1198
Platna za cedenje 1197
Platna za jedra 1198
Platna za kopiranje planova 1197, 1198
Platna za prevlačenje aero-tela 1198
Platna za zaptivanje 1198
Platneno vezivanje 1197
Plava galica 955, 965
Plave neorganske boje 1181
Plavi gas, čelične boce za 1297
Plavi gel 1239
Plavi kap azbest 1195
Pleksiglas 1148
Plemenita veštačka smola 965, 1154
Plemeniti metali 1072
Plemeniti metali, propisi o žigosanju 1074
Pletena roba 1197
Pletena žica 1295
Pletivo 1295
Pletivo od čelične žice 1295
Plišaste tkanine 1197
Plitki talasasti limovi 1261
Ploča, kružna, slobodno oslonjena 888
Ploča, kružna, uklještena 888
Ploča, pravougaona 889, 890
Ploča, ravna 896, 900
Ploča sa krstom, instrument za merenje uglova 1344
Ploče, gipsane, zidne 1091
Ploče, građevinske lake 1090, 1091
Ploče i sudovi, otpornost 887
Ploče međuspratnih konstrukcija 1090
Ploče od čiste plute 1209
Ploče od gipsa i šljake 1090
Ploče od plovućca i cementa 1090
Ploče od tvrdog materijala 1091
Ploče od vlakana 965
Ploče otporne prema savijanju 887, 888, 889, 890
Ploče sa rebrom 1090
Ploče, trgovački proizvodi od topljenog čelika 1260
Ploče za oblaganje dna, keramičke 1290
Ploče za podove 1091
Ploče za podove, staklene 1123
Ploče zidne 1090
Plovućac 965, 1238
Plovućac za izolaciju 965
Pluta 965, 975, 1209
Pluta, podmetači za temelje 1210
Plutena čađ 1209

Plutonske stene 1081
Pljosnat aluminijum 1031
Pljosnat bakar 1041
Pljosnata žica 1262
Pljosnate šipke od točenog čelika, težine 1244/1245
Pljosnati crep 1091, 1094
Pljosnati čelik, valjan 1021, 1243
Pocinkovani limovi 1023
Početni reper, normalna nula, N. N. 1340
Pod od ilovače 1107
Podaci o ceni koštanja čistog zlata 1396
Podela mešovita, uglovna 1344
Podela stakla prema hidrolitičnoj izdržljivosti 1128
Podeljeno opterećenje, savijanje usled 792
Podlužinski glicerin 1232
Podobnost magnetisanja limova za dinamo 1020
Podobnost provođenja toplote metala 988, 989
Podobnost za unutrašnje klizanje 782
Podrumska gljiva 1134
Podužno specifično izduženje 778
Podužno specifično skraćenje 778
Pogon pomoću lanaca, lanci za 1292
Pogonski kaiševi, jako opterećeni 1202
Pogonski kaiševi od krupona 1202
Pogonski kaiševi, poluukršteni 1202
Pogonski kaiševi, pri osobenim uslovima, izbor 1203
Pogonski kaiševi, štavljeni biljno, hromno 1199
Pogonski kaiševi, tehnički podaci 1202
Pogonski kaiševi, uslovi isporuke 1202
Pogonski kaiševi, vuna za 1198
Pogonski kaiševi za konusne kaišnike 1202
Pogonski kaiševi za valjaonice 1202
Pogonski kaiševi za veliki broj obrtaja 1202
Pogonsko gorivo isparljivo 1166, 1170, 1171
Pogonsko gorivo iz tera kamenog uglja 1169
Pogonsko gorivo za motorna vozila 1173
Pogonsko gorivo za vozila sa dizel-motorima 1167
Poise 1175
Poisson-ov koeficijent 778
Poisson-ov koeficijent vrednosti 779, 914
Pojasevi za spasavanje, materijal za punjenje 1191
Pojmovi, utvrđivanje, standardizacija 977
Pokazivač pare, čitanje trenutnog protoka pare 1317
Pokazivač temperature, boje koje pokazuju zagrejanost predmeta 1183
Pokožice za kovanje zlata 1267
Pokretni durbin 1374
Pokretni tereti, kranski nosač 819
Pokrivni premaz 983
Pokriveni železnički vagoni 976
Polarni moment intercije, kružni prsten 809
Poligonske tačke 1343, 1371
Poligonski vlaci 1343, 1363
Poligonski vlaci, formular za računanje 1364
Polimer benzin 1166
Polimerizacija 1170
Polimerizacione smole 1182
Polistrol 1147
Polivinil-hlorid, veštačke materije 1148
Polivinil-karbacol, veštačke materije od 1149
Polonijum 951
Polopaz 1150
Polučvorovi za vezivanje užeta 1293
Polufabrikat gvožđa i čelika 1240
Polukružni poprečni presek, statičke vrednosti 806
Polumasni ugalj 1162
Polumetali 953
Poluokruglo gvožđe 1021
Poluporcelan 1094
Poluprečnik inercije, kružni prsten 809
Poluprečnik inercije, kvadratni i pravougaoni poprečni presek 804, 810
Poluprečnik krivine, kriv štap 875
Poluproizvodi bakra 1041, 1042, 1043
Polutombak 1050
Poluukršteni pogonski kaiševi 1202
Pomorske milje, pretvaranje u kilometre 1439, 1440
Ponašanje bakra na toplotu 1042
Ponašanje bakra prema koroziji 1042
Poncelet-sud 1308
Pontonski limovi 1023
Poprečni presek drveta 1129
Poprečni presek, mesta promene 938
Poprečni presek nosača, promenljiv 800
Poprečni presek, određivanje 795
Poprečni presek štapa 791
Poprečni presek štapa, promenljiv, izvijanje 865

Poprečni presek, vitoperenje 834, 841
Poprečni presek zamenjujući 835
Poravnavanje 984
Porcelan 965, 1092, 1098
Porcelanske cevi 1290
Porfir 933
Porfir lomljen 973
Porfirit 1081, 1083, 1088
Porozne pune opeke i opeke sa rupama 1093
Porozni puni kamen (blokovi) 934, 945
Porro-v daljinar 1359
Portlandcement 1102, 1105, 1106, 1114
Portlandcement sa zgurom 965
Portlandcement sa zgurom visokih peći 1102, 1105, 1114
Portlandklinker 1102
Porub 1197
Postrojenje za hlađenje, proračun vezivanja toplote, primer 1333
Postupak dobijanja čelika duvanjem vazduha 1010, 1011
Postupak elektroosmoze, omekšavanje vode 1160
Postupak istiskivanja sokova, zaštita drveta 1109
Postupak klatnom po Herbertu, ispitivanje tvrdoće 910
Postupak livenja metala 995
Postupak, ω- 870
Postupak paranjem po Martens-u, ispitivanje tvrdoće 910
Postupak potapanja, zaštita od korozije 981, 1135
Postupak pomoću pomoćnih pregrada, sa vezivanjem toplote 1334
Postupak prskanja metala, zaštita od korozije 981
Postupak razvlačenja, dobivanje veštačke svile 1195
Postupak reakcionog pritiska, merenje snage 1320
Postupak sa fosfatom, zaštita od korozije 986
Postupak sa hromatom za magnezijumove legure 986
Postupak za zaštitu drveta 1135
Posuđe od gline 1092
Posude od lima za prihvatanje ulja 1179
Posude za prikupljanje ulja koje izlazi sa parom
Potaša 1227
Potencijalna energija savijenog štapa, izvijanje 867
Potka 1197
Potreban materijal za betonsku mešavinu 1114
Potrebna količina cementa za beton 1114
Potrebna količina šljunka za beton 1114
Potrebna količina vazduha pri sagorevanju uglja, teoriska 1165
Površina, aktivna, poprečnog preseka 845
Površina, diiagrama momenta savijanja 800
Površina livenog komada 996
Površina na planu 1372
Površina napona, uticaina 847
Površina opterećenja 793
Površina preloma, stene 1080
Površina, računanje iz planskih mera 1372
Površina, računanje iz prirodnih mera 1371
Površina zemljišta 1340
Površine preseka čelika za oblaganje 1257
Površine preseka I - čelika 1252, 1253
Površine preseka ⊥ - čelika sa širokom nožicom 1255
Površine preseka ⊥ - čelika sa visokim rebrom 1254
Površine preseka I - čelika za vagone 1253
Površine preseka gvozdenih kvadrantnih cevi 1258
Površine preseka lakih profila od trakastog čelika 1259
Površine preseka nemačkih normalnih profila 1248/1258
Površine preseka presovanih L - profila od lakog metala 1264
Površine preseka ravnokrakog L - čelika 1248, 1249
Površine preseka raznokrakog L - čelika 1250, 1251
Površine preseka talasastih limova 1261
Površine preseka talasastog lima od cinka 1269
Površine preseka U - čelika 1254 1255
Površinska obrada aluminijuma i njegovih legura 1031
Površinska obrada, elektrolitička, zaštita od korozije 986
Površinska temperatura, merenje 1329
Površinska zaštita 979
Površinska zaštita cevi 986
Površinska zaštita gvožđa 982
Površinska zaštita obojenih metala 982
Površinska zaštita od sunčeve svetlosti 982
Površinska zaštita zida 982

Površinske mere raznih zemalja 1409
Površinski nivelman 1376
Površinski otpor veštačkih materija 1143
Površinsko kaljenje 1015
Pozder, postupak izdvajanja 1191
Poziciski ugao 1355
Pozitron 950
Pozlaćivanje u vatri 1075, 1078
Poznavanje materijala, nauka o materijalu 948
Pozno (jesenje) drvo 1129
Pragovi, železnički, drveni 1138
Prah gvožđa 1010
Prah kalaja za lemljenje 1065
Prah, metalni 1007
Prah, ugljeni 1164
Praktična geometrija 1339
Praktična formula, izvijanje 872
Prametar 1408
Prandtl-ova cev za merenje zaustavnog pritiska 1304
Praskava kiselina 1220
Prašak za pranje 1238
Prašina, uticaj na izbor pogonskih kaišena 1203
Prava i krivina, obeležavanje 1383
Prava, obeležavanje 1343
Pravi štap, proračun 791
Pravi torzioni štapovi 884
Pravila VDI za kompresore 1300
Pravila VDI za merenje količina vode 1309
Pravila za snagu, standardizacija 997
Pravilan n-to ugaonik, statičke vrednosti 804
Pravo prvenstva, patenti 1495
Pravougaone ploče 889, 890
Pravougaoni poprečni presek, krivi štapovi, vrednost $\varkappa$ 875
Pravougaoni poprečni presek, smičući napon, torzija 838
Pravougaoni poprečni presek, statičke vrednosti 804, 810
Pravougaoni poprečni presek, torzija 838
Pravougaonik, složeno naprezanje 853
Prazeodim 965
Precizne čelične cevi, zavarene i bešavne 1282
Prečišćavanje bakra 1039, 1040
Prečišćavanje mazivnog ulja 1179
Prečišćavanje vode 1159
Predivа 1196
Predivo za kablove 1196
Predmeti od kvarcnog stakla 1127
Prednapregnuti beton 1115
Predašnje nemetarske mere evropskih zemalja 1433/1438
Pregled metala 987
Pregled svojstava tehnički važnih metala 988, 989
Pregledan teren, snimanje položaja i visine 1380
Pregorevanje kreča 1108
Pregrejač, izbor materijala za 1269
Pregrupisavanje atoma 1026
Prelaz, nosači za, primer 825
Prelazna krivina, obeležavanje 1385
Preliv, Kingov 1311
Preliv, trougaoni 1309
Prelivanje premazom, zaštita od korozije 983
Premaz bojom za čelične boce za sabijene gasove 1297
Premaz čeličnih delova konstrukcija pod vodom 984
Premaz kao zaštita od rđe 983
Premaz mašina 984
Premazi i boje 1180
Premazi, podela 1182
Premazivanje bojom vodova 1272
Premazivanje cementa 984
Premazivanje drveta 984
Premazivanje maltera 984
Premazivanje, zaštita od korozije 983
Premr, državni 1366, 1367
Prerada drveta, mehanička 1136
Prerađena ulja 1174
Prerađeni standardi za gasovode i vodovode 1272
Prerađeni standardi za olovnu cev 1283
Presecanje napred (u triangulaciji) 1368
Presecanje nazad (u triangulaciji) 1368
Presecanje u stranu (u triangulaciji) 1368
Preseci drveta 1129
Presek, opasan 795, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817
Presovan ugalj (briket) 965, 974, 1162
Presovane mase 1140
Presovane materije bez sadržaja gume, svojstva 1143
Presovane materije, svojstva, trgovački oblici 1144
Presovane nekeramičke materije, svojstva 1143
Presovani profili od lakog metala 1264/1266
Presovani I-profili od lakog metala, površine preseka, težine, momenti 1266
Presovani L-profili od lakog metala, površine preseka, težine, momenti 1264
Presovani ⊥-profili od lakog metala površine preseka, težine, momenti 1265

Presovani U - profil od lakog metala 1266
Presovano staklo 1123
Presovanje čelika 1015
Prespan 965
Pretopljen cink 1056
Pretvaranje brzina i frekvencija 1476
Pretvaranje engl. funta/kub. stopa u kg/m³ 1476
Pretvaranje engl. palaca Hg u fizičke atmosfere 1474
Pretvaranje engl. troygraina u grame 1464
Pretvaranje engleskih yarda u met. 1441, 1449, 1453
Pretvaranje jedinica mera i tegova, tablice 1432 i dalje
Pretvaranje kubnih metara/h u kub. stope/min 1478
Pretvaranje stopa u metarske mere 1438, 1439, 1442, 1443
Previjeni crepovi, minimalna nosivost 1094
Prevlačenje olovom prskanjem 982, 1062
Prevlačenje olovom putem potapanja 1062
Prevlačenje olovom u vatri 982
Prevlačenje posuda 985
Prevlačenje srebrom 1074
Prevlake od aluminijuma 982
Prevlake od bakra 982
Prevlake od cementa 985
Prevlake od hroma 982
Prevlake od kadmijuma 982
Prevlake od kalaja 982, 1064
Prevlake od metala 981, 982
Prevlake od nemetalnih, anorganskih jedinjenja 985
Prevlake od nikla 982
Prevlake od olova 982
Prevlake od olova, za kablove 1062
Prevlake od organskih jedinjenja 982
Prevlake prskanjem 982
Prevlake za grebene od kože 1200
Prevlake za vratila na brodovima 1006
Prevojne tačke dijagrama transverzalne sile 793
Pribor za spasavanje i za disanje 1297
Prigušivanje u materijalu 790
Prigušivanje udara 1208
Prijava patenta 1502
Primanje vode, stena 1080
Primarni ter 1169
Prinos koksa 1163
Priprema ruda bakra 1039
Prirodna gasovita goriva 1173
Prirodna smola, presovane materije od 1144
Prirodna tečna goriva 1165
Prirodna voda 1158
Prirodne smole 1143
Prirodne smole, veštačke materije od 1142
Prirodni asfalt 1189
Prirodni cement 1102, 1105
Prirodni grafit 1210
Prirodni kamen i zemlje 1080
Prirodni kaučuk 1206
Prirodni pucolani 1107
Prirodni uglovi nagiba raznih materijala 973
Pritisak, čist, stanje napona 781
Pritisak, dinamički 1304
Pritisak dva tela 898
Pritisak i savijanje 844
Pritisak i savijanje, materijal otporan i prema zatezanju i prema pritisku 844
Pritisak i savijanje, materijal otporan samo prema pritisku 851
Pritisak, indicirani, srednji 1322
Pritisak, kritičan, vode 1156
Pritisak, merenje 1300
Pritisak sa torzijom 860
Pritisak stvarni 1312
Pritisak, zaustavni 1303
Pritisci na oslonac, nosači 811/816
Pritisci na oslonce 829
Pritisci na oslonce, kranski nosač 820
Pritisci na zemljište, dozvoljeni 946, 947
Pritisci, oznake 1300
Pritisci, specifični 1468
Pritisnuti pravi štapovi 791
Pritisnuti štapovi, praktične formule za dimenzionisanje, (izvijanje) 872
Prizma, petostrana 1345
Prizma, trostrana 1346
Prizma za obeležavanje uglova određene veličine 1344
Prizma za strme vizure, Schellenova 1347
Proba autoklava za staklo 1128
Proba dokimastična 1073
Probna tela za ispitivanje cementa 908
Probni motori za određivanje oktanskog broja 1166
Probni štap, oblici 907
Probojci, čelici za 1023
»Proces sirovo gvožđe-ruda« 1011
Prodorit 934
Produžne cevi 1272, 1282
Profilen 971
Profilen, čelične boce za 1297
Profili od mesinga, puni 1050, 105
Profili od kalajnih bronzi 1046

Profili od lakog metala (L, ⊥, I. ⊏), površine preseka, težine, momenti 1264
Profili od trakastog čelika, površine preseka, težine, momenti 1259
Profili sa rubom, pljosnati, valjani 1258
Profili, statičke vrednosti 805
Profili za brodogradnju 1258
Profili za valjani čelik, normalni nemački 1248/1258
Profilisane cevi, mesing za 1051
Profilisane cevi od točenog čelika 1282
Profilisane opeke 1093
Profilisane šipke od obojenih metala 1262
Program valjanja 1243
Proizvodi čelični i valjaonički 1240
Proizvodi od čelika 1021
Proizvodi od čelika i gvožđa, standardizovani 1240
Proizvodi od gipsa 1101
Proizvodi od gline 1092
Proizvodi od grafita 1210
Proizvodi od ugljenika 1210
Proizvodi vatrostalni 1095
Proizvodi od zemlje — građevinski materijali 1092
Proizvodni postupci, standardizacija 978
Projekciski tahimetri 1360
Prolazno izduženje gume 1207, 1208
Promena elemenata 952
Promena oblika, rad pri 779
Promena viskoznosti 1176
Promena zapremine gasa, brojne vrednost $p_1/p_2$ i $T_2/T_1$ 1488
Promena zapremine, rad pri 779
Promenljiv poprečni presek nosača 800
Pronalazačko svedočanstvo 1501
Prony-ova kočnica 1319
Propan 968, 971, 1173
Propan, čelične boce za 1297
Propisi o žigosanju plemenitih metala 1074
Propisi sigurnosti, standardizacije 978
Propisi za gradnju preliva za merenje 1308
Propisi za pogon, standardizacija 978
Propisi za transmisije 1204
Proračun otpornosti nekog konstruktivnog elementa 937
Prosečna vrednost toplotne moći čistog uglja 1162
Proso 973
Prostirke za pod, Li- 1205
Prostorne zavojne fleksione opruge 883
Prostorne zavojne torzione opruge 884
Protein 1129
Proticanje, neporemećeno, potrebne dužine cevi 1315
Protok 1306
Protok težinski 1306
Protok zapreminski 1306
Prototip metar 1408, 1076
Provodljivost bakra 1042
Provodljivost bronze 1048
Provodljivost silicijum karbida 1217
Provodnici, bronze za 1047
Provodnici za telekomunikacije, bronze za 1048
Provrtači, čelici za 1023
Prozorsko staklo, trgovačka roba 1120
Prsten, koji se slobodno obrće, naponi usled centrifugalnih sila 894
Prsten končanični 1349
Prstenaste opruge 886
Prstenasti poprečni presek, određivanje napona analogijom sa strujanjem fluida 920
Prstenovi za izvlačenje, čelici 1022, 1023
Prstenovi za spojnice 1216
Psihrometar 1331
Pšenica 973, 975
Pucolani 1105, 1107
Pud, pretvaranje u kilograme 1464
Pudlovan čelik 1011
Puh vuna 1193
Pukotine za viziranje kod dioptra 1344
Pukotinske stene 1081, 1082
Pumpe, indiciranje 1324
Pun tvrdi liv 1013
Puni profili od mesinga 1050, 1051
Punila za boje 1181
Punila za gumu 1206
Punila za premaze 983
Punila za veštačke materije 1140
Punjenje suda gasom pomoću crpki 1312
Puščani eksplozivi, vrste 1220
Pušljiva azotna kiselina 1224
Pušljiva sumporna kiselina 1222

R

Računska jačina 783
Račve, keramičke cevi 1289
Rad, jedinice 1319
Rad, jedinice, upoređenje 1481, 1482
Rad na standardizaciji, pregled 977
Rad opruge 878
Rad pri promeni oblika 779
Rad pri promeni oblika, najveći (hipoteza o slomu) 784

Rad pri promeni zapremine 779
Rad pri promeni zapremine i oblika 779
Rad smičućih napona 836
Rad spoljnih sila pri izvijanju 866
Radijalni presek drveta 1129
Radijum 951, 988
Radilice, čelici za 1018
Radioaktivni elementi 952
Radna žilavost materijala 782
Radni učin eksploziva 1219
Radon 951
Rafinacija 1165
Rafinati 1174
Rafinisani cink 1056, 1057
Rafinisano olovo 1060
Rafinovanje bakra 1039
Rajnit 1072
Ramija 1192, 1193
Ranarex, ispitivač gasa 1338
Rano (prolećnje) drvo 1129
Raonici, čelici za 1020
Raspadanje atoma 952
Rast, ekscentričan, drveta 1130
Rastop metala 981
Rastvarači 1181, 1235
Rastvarači, rastvorljivost u vodi 1237
Rastvarači, svojstva 1236
Rastvarači, upaljivost 1237
Rastvor nišadora $NH_4Cl$ 968
Rastvor olovo acetata 968
Rastvor kalijuma nitrata 968
Rastvor natrijuma nitrata 968
Rastvor plave galice 968
Rastvor šećera 969
Rastvori potaše, relativna težina 1227
Rastvori sode, relativna težina 1226
Rastvori vodenog stakla 985
Rastvorljivost organskih rastvarača 1237
Rastvorljivost šalitre u vodi 1229
Raščupavljena vuna 1194
Ravne ploče, 887, 888, 889, 890
Ravne zavojne opruge 889
Ravni limovi 1023
Ravno stanje napona 780
Ravnomernost debljine drveta 1130
Razaranje drveta 1134
Razaranje materilaja 979
Razbijanje atomskog jezgra 952
Razbijanje tečnog metala u prah 1007
Razblažena azotna kiselina 1224
Razblažena sirćetna kiselina 1226
Razblažena sumporna kiselina 1223
Razblaženi rastvor amonijaka 1229
Razblaženi rastvor kalijum hidroksida 1228
Razblaženi rastvor kamene sode 1228
Razblaženi rastvor potaše 1227
Razblaživač 1182
Razdeljivač trake, koža za 1199, 1200
Razmere, karata i planova 1341
»Razvučeni metal« 1262
Raž 973, 975
Rđanje 1016, 1101
Redestilacija 1166
Redni broj elementa 951, 953
Redreser 1382
Reduktivni tahimetar 1360
Reduktori, keramičke cevi 1290
Refrakcija, eliminacija uticaja 1377
Regeneratorsko loženje 1011
Regenerisanje upotrebljenog ulja 1179
Registrirajući merač tečnosti 1317
Relativna isparljivost organskih rastvarača 1236
Relativna masa 959
Relativna težina 959
Relativna težina azotne kiseline 1224
Relativna težina gasova i para 970, 971
Relativna težina organskih rastvarača 1236
Relativna težina pare organskih rastvarača 1236
Relativna težina rastvora amonijaka 1229
Relativna težina rastvora kalijum hidroksida 1228
Relativna težina rastvora kamene sode 1228
Relativna težina rastvora potaše 1227
Relativna težina rastvora sode 1226
Relativna težina sirćetne kiseline 1226
Relativna težina sone kiseline 1224
Relativna težina sumporne kiseline 1223
Relativna vlažnost vazduha 1331
Renijum 951, 988
Rentgenografija 916
Repa 973
Repelit 1155
Reperni nivelman 1375
Repetirani teodolit 1352, 1353
Repetiranje uglova 1352
Repetit 965
Reverzivna libela 1374
Rezista staklo 1126
Rezistin 1048
Rezol 1150
Rezopal ploče 1150
Reynoldosv broj 1313, 1318
Ribe 975
Riblja koža 1199
Riblji lepak 1182
Rio-Tinto-ruda bakra 1039

Roba, utovar u železničke vagone 976
Rockwell, ispitivanje tvrdoće 910
Rodijum 951, 989, 1076
Rodijum, primena 1076
Rokovi za skidanje oplate za armirano betonske konstr. 1117
Röntgen-zraci, talasne dužine 1480
Roman kreč, cement 1102
Roštilji, čelici za 1018
Rotacione ljuske, tanke 890
Rozete od livenog gvožđa za ukotvljenje 1262
Rožasta stena 1087
Ručica krivaje 856, 858
Ručica krivaje, ukupni uporedni napon 858, 859
Ručni instrumenti za merenje uglova 1355, 1356
Rudarski eksplozivi 1222
Rudarski koks 1162, 1164
Rude 973, 975
Rude bakra 1039
Rude bakra iz Rodezije 1039
Rudni cement 1105
Rudno zlato 1074
Rukavci osovina, čelici za 1018
Rum 975
Runo 1194
Rupe, koncentracija napona 901, 902
Rupe, naponi u materijalu kod 938
Ruske mere za dužinu, pretvaranje u metarske 1446, 1447, 1448
Ruske mere za površinu, pretvaranje u metarske 1451, 1452
Ruske mere za težinu po jedinici dužine 1466
Ruske mere za težinu po jedinici površine 1468
Ruske mere za težinu po jedinici zapremine 1474
Ruske mere za težinu, pretvaranje u metarske 1464, 1465
Ruske mere za zapreminu, pretvaranje u metarske 1455, 1456, 1458, 1459
Rute 1434
Rutenijum 951, 965
Rutherford-a i Soddy-a, teorija 952

S

Sabijeni gasovi, bakarne i čelične boce za 1297
Sabijeno drvo 1130
Sabljast rast drveta 1130
Sačma olovna 1063
Sagorljivi sastojci čvrstog goriva 1162
Salicilna kiselina 965
Samarijum 965
Samotne tkanine 1197
Sandučasti poprečni presek, statičke vrednosti 805
Sandučasti presek, izložen torziji, raspodela napona 920
Sanduk za gašenje kreča 1108
Sanitarna keramika 1094
Saponifikacioni broj 1176
Saponifikat glicerin 1232
Sapuni 1238
Sapunske pahuljice 1238
Sapunski lepak 1238
Sapunski prašak 1238
Saraks 1155
Sarski masni ugalj 1162, 1165
Satensko vezivanje 1197
Sauggas 1173
Savijanje drveta po Thonet-ovom postupku 1136
Savijanje i pritisak 844
Savijanje i smicanje 832, 855
Savijanje i torzija 856
Savijanje i zatezanje 844
Savijanje krivih štapova 874, 875, 876
Savijanje, krt materijal 787
Savijanje pravih štapova 792
Savijen klizni kontaktni ugalj 1215
Savijeno drvo 1137
Savijeno staklo 1122
Saženji, pretvaranje u metarske mere 1447, 1451, 1455
Schellen-ova prizma za strme vizure 1347
Sedimenti, hemiski 1081, 1086
Sedimentne stene 1081, 1084 1085
Seger-piramide 1330
Seignette-ova so
Seitz filter 1160
Seizmometri 1324
Sekcije (topografske karte) 1341, 1371
Seksagezimalna uglovna podela 1344
Sekstant sa ogledalima 1356
Selen vodonik 971
Semiš štavljena koža 1199
Seno 973, 975
Separacija mazivnog ulja od metalnih strugotina 1179
Sepia 1181
Serpentinski azbest 1194
Serpentin 965
Sfalerit 1056
Shaku kane, pretvaranje u metre 1448
Shoddy vlakna 1194
Shore, ispitivanja tvrdoće po 910
Siderit 965
Siemens-Martinov točen čelik 1011
Siemens staklene opeke 1123
Sigurnosni eksplozivi 1221
Sigurnosno staklo 1127
Sigurnost, stepen 786, 787
Silenit 944

Sika 1217
Sikativi 1184
Sila pritiska između dva tela 898
Sileks staklo 1126
Silicijum 951, 989, 1009
Silicijum-bronze 1047
Silicijum-čelici 1022
Silicijum čelični liv 1014
Silicijum fluorid 971
Silicijum karbid 1217, 1235
Silicijum karbid, provođenje toplote 1217
Silicijum-špigl 1010
Silicijumova kiselina 957, 965
Silikagel 1239
Siliko špigl 1010
Silimanit 965
Silit 1217
Silocel opeka 965
Silumin 929, 940, 965, 997
Silumin-legure 1001, 1002
Silundum 1217
Simboli za cevovode 1273
Sinterovanje, dobivanje tvrdih metala 1071
Sinterovani proizvodi 1092, 1098
Sinterovani tvrdi metali 1071
Sintetička vlakna 1195
Sintetički gas 1173
Sintetički kaučuk 1208
Sintetički lepkovi 1186
Sinteza fenolnih veštačkih smola 1144
Sinteza jedinjenja ugljovodonika 1170
Sinteza karbamidnih veštačkih smola 1144
Sinteza pod velikim pritiskom 1171
Sinteza polivinil jedinjenja 1144
Sinteza ugljovodonika 1170
Sinteza ulja po Fischer-u i Tropsch-u 1170
Sipani beton 1115
Sirće 957
Sirće iz drveta 957
Sirćetna kiselina 1225
Sirćetni estar 1237
Sirćetni etar 1237
Sirijski asfalt 1189
Sirolit 1149
Sirov nikal, trgovačke vrste 1067
Sirova guma 1206
Sirova koža 1200, 1202
Sirova koža za pikere 1199, 1201
Sirova koža za zupčanike 1201
»Sirove šipke« 1011
Sirovi benzin 1165
Sirovi cink 1056, 1057
Sirovi mrki ugalj 1162, 1164
Sirovi ugalj 1162
Sirovo gvožđe, vrste 1010 1011
Sirovo tanko staklo 1121
Sirovo ulje 1165
Sirovo ulje asfaltno 1167
Sisak i blenda, poređenje 1315
Sisak, standardni 1312
Sisak, standardni, tolerancije za 1315
Sita 1195, 1198
Sitan lomljeni kamen 1112
Sitan novac 1396
Sitaste tkanine 1198
Sitna granjevina 1131
Sitne kože 1198
Sitni pesak 1112
Situacioni plan, izrada 1382
Sivi antimon 965
Sivi kreč 1102, 1109
Sivo sirovo gvožđe 1099
Sizal 976
Sizal vlakno 965, 1192
Sjaj stena 1080
Sjajna pozlata 1076
Skale tvrdoće, mineraloške 1431
Skale za dimenzije žice i lima 991, 992
Skandijum 951
Skladištenje mazivnog ulja 1179
Skladištenje uglja, način 1163
Sklop stena 1080
S-komadi, fasonski 1274
Skrob (štirak) 965, 966, 976, 1182
Skrobni lepak 1185
Skupljanje drveta 1131, 1132
Skupljanje livenog komada 995
Slaba struja, frekvencije 1480
Slad 973
Slaganje normalnih i smičućih napona 780
Slanina 976
Slobodne libele sa nosačima ili sa vešaljkama 1348
Slobodni provodnici, karakteristike bakra za 1043
Slobodno oslonjen nosač 811/818
Slom, dinamički 789, 858
Slom, hipoteze 784
Slom usled kidanja 776, 782
Slom usled klizanja 776, 782
Slonova kost, slonovača 965
Složena ležišta od olovne bronze 1047
Složeno drvo 1138
Složeno naprezanje 842
Složeno opterećenje nosača 819
Složeni štapovi, izvijanje 873
Slučajevi izvijanja prema Euler-u 864
Smeljivi gas 958
Smicanje, čisto, stanje napona 781
Smicanje i savijanje 832, 855
Smičući napon 776
Smičući napon, krivni štapovi 877
Smičući napon najveći (hipoteza o slomu) 784, 858
Smičući napon, I - profil 833

Smičući napon, kružni poprečni presek 832
Smičući napon, kružni prsten 833
Smičući napon, merenje 915
Smičući napon pravougaoni poprečni presek 832
Smičući napon ručice krivaje 859
Smičući napon usled torzije, dozvoljeni, raznih poprečnih preseka 837/839
Smith, dijagrami za jačinu pri dinamičkom opterećenju 911
Smola za briket 1188
Smolne kesice, drvo 1130
Smreka 1132, 1134
Snaga, jedinice 1319
Snaga, jedinice, upoređenje 1481, 1482
Sneg, lanjski, spec. težina 1157
Sneg uljane kiseline 965, 973
Snimanje busolom 1370
Snimanje iz vazduha 1382
Snimanje na podlozi poligonske mreže 1362, 1365
Snimanje na podlozi trigonometriske i poligonske mreže 1365
Snimanje uzdužnog profila 1376
Snimanje za horizontalnu pretstavu 1361
Snopovski škriljac 1081, 1087
So kamena 965, 973, 976
So za površinsko otvrdnjavanje 1230
Sočivo od stakla 1349
Soda 956, 965, 968, 976, 1159, 1226
Soda bikarbona 954
Soda kamena 1227
Soda kaustična (kamena) 1227
Soddy-a, teorija 952
Soja 976
Sojino ulje 1182
Solestin 1237
Solnhofer krečnjak 933
Sona kiselina 958, 969, 993, 1224
Sona kiselina, relativna težina, sadržaj 1224
Sopstveni napon, materijal 913, 917
Spachtel 1184
Spajanje aluminijum-legura 1028
Spajanje olovnog lima 1061
Sparkalk 1101
Spatna cinkova ruda 962
Specifična promena zapremine, lopte 778
Specifična težina 959
Specifična težina elektroda 1212
Specifična težina gasova i para 970, 971
Specifična težina gvožđa 1009
Specifična težina leda 1156
Specifična težina mešavina glicerin-voda 1233
Specifična težina mešavine metil-alkohol-voda 1232
Specifična težina metala 988, 989
Specifična težina plute 1209
Specifična težina stakla 1119
Specifična težina tečnih tela 967
Specifična težina tehničkih vlakana 1192
Specifična težina uglja 1164
Specifična težina ugljenika 1210
Specifična težina vezivnih sredstava ugljenika 1210
Specifična težina vodenih rastvora alkohola 1232
Specifična težina žive 1470
Specifična toplota metala 988, 989
Specifična toplota stakla 1119
Specifične težine čvrstih tela 960
Specifične težine, engl., metarske, ruske, USA, jedinice 1474
Specifične težine, tablice za pretvaranje 1474
Specifične toplote gvožđa 1008
Specifični električni otpor, bakar 1043
Specifični električni otpor elektroda 1212
Specifični električni otpor jakih otpornika 1217
Specifični električni otpor stakla 1120
Specifični električni otpor ugljenih dirki 1215
Specifični pritisci, engleske, metarske, ruske, USA jedinice 1468
Specifični pritisci, tablice za pretvaranje 1468
Specijalan čelični liv 1014
Specijalna cementna opeka od plovućca 1089
Specijalna hemiska sredstva za prečišćavanje vode 1159
Specijalna opeka od šljake 1089
Specijalna stakla 1126, 1127
Specijalna topionička porozna opeka 1089
Specijalni cement 1105
Specijalni čelici za beton 1247
Specijalni čelici za zavarivanje 1258
Specijalni profili, Klöckner-Mannstaedt 1258
Spravljanje betona 1113
Sprežnjaci, standardi za bakar 1040, 1042
Sprung-ov obrazac za razliku psihrometra 1331
Srča proizvoda od gline, priroda 1092
Srebro 951, 965, 980, 989, 1072

Srebrne folije 1268
Srebrne žice 1195
Srebrni doublé 1074
Srebrni lem 1050, 1055, 1073
Srebrni listovi 1268
Srebrni novac 1073, 1396
Srebrni tripol 1235
Srebro, elektrotehničko 1074
Srebro, finoća 1074
Srebro hromat 966
Srebro, jedinjenje 966
Srebro, oksidno (tula-) 1073
Srebro, trgovačka roba 1074
Srebro u šipkama 1074
Središni deo (leđa) kože 1199
Srednje crven tombak 1050, 1052
Srednje-evropsko vreme 1431
Srednje ulje, frakcija katrana 1168
Srednji lim 1260
Srednji lim, standardi za čelik 1242
Srednji talasi, elektromagnetske oscilacije 1480
Sredstva koja sprečavaju starenje gume 1208
Sredstva za apsorpciju gasova 1336
Sredstva za atsorpciju 1238
Sredstva za brušenje 1235
Sredstva za gašenje požara 1239, 1240
Sredstva za glačanje 1235
Sredstva za nagrizanje gvožđa i čelika 993
Sredstva za nagrizanje metala i legura 993
Sredstva za natapanje, zaštita od korozije 985
Sredstva za obaranje boje 1181
Sredstva za omekšavanje (za premaze) 983
Sredstva za premazivanje 1183
Sredstva za punjenje (za premaze) 983
Sredstva za rastvaranje boja 1182
Sredstva za rastvaranje (za premaze) 983
Sredstva za razblaživanje (za premaze) 983
Sredstva za razvlačenje (za premaze) 983
Sredstva za stvrdnjavanje tutkala 1185
Sredstva za sušenje 1238
Sredstva za vezivanje (za premaze) 983
Sredstva za vezu u zgradarstvu, dozvoljeni naponi 941
Sredstva za zaštitu drveta od vatre 1135
Sredstva za zaštitu od požara 1239
Srpovi, čelici za 1020
Staklena prediva 1127
Staklena svila 1127
Staklena vlakna 1192
Staklena vuna 1127
Staklene cevi 1290
Staklene opeke 1123
Staklene ploče za podove 1123
Stakleni blokovi za zidanje 1123
Stakleni crep 1123
Stakleni kamen 1123
Stakleni pamuk 1127
Stakleno sočivo 1349
Staklo 966 976, 1117
Staklo, antik 1121
Staklo armirano 1131
Staklo, barit-flint 1125, 1126
Staklo Bios 1126
Staklo, bistro 1121
Staklo, bojenje 1118
Staklo, borosilikatni kron 1125
Staklo, Brephos 1128
Staklo, Corex 1126
Staklo, dozvoljeni naponi 947
Staklo, flint 1125, 1126
Staklo, fluor-kron 1126
Staklo, građevinsko, tehničko, elastičnost i čvrstoća 1124
Staklo, hemisko ispitivanje 1128
Staklo, jednoslojno 1127
Staklo, jensko 1126
Staklo kao građevinski materijal 1123
Staklo koeficijent linearnog toplotnog širenja 1119
Staklo, kron 1125
Staklo, kvarcno 1127
Staklo, nagrizanje 1225
Staklo neofan 1127
Staklo optičko 1125
Staklo otporno prema toploti 1126
Staklo, otpornost prema habanju 1125
Staklo postojano prema vodi 1128
Staklo sa ledenim cvetovima 1121
Staklo, sastav 1118
Staklo, savijeno 1122
Staklo, sigurnosno 1127
Staklo, sirovine za 1118
Staklo, sirovo 1121
Staklo specijalno 1126, 1127
Staklo svojstva 1119
Staklo, tehničko 1118, 1120
Staklo, teški baritni kron 1125
Staklo, tvrdo 1126
Staklo, umbral 1126
Staklo, Uviol- 1126
Staklo, višeslojno 1127
Staklo, Vita 1126
Staklo, Vitreosil 1127
Staklo, vodeno 1127, 1230
Staklo za aparate 1118, 1128
Staklo za boce 1118
Staklo za građevinske svrhe 1120
Staklo za hemiske aparate i posuđe 1118, 1126
Staklo za hemisko posuđe 1118
Staklo za ogledala 1118, 1122

Staklo za prozore 1118, 1120, 1121
Staklo za ultraljubičaste zrakove 1126
Staklo za vodokaze 1126
Standard-srebro 1073
Standard-zlato 1390
Standard-zrnasta proba stakla 1128
Standardi 978
Standardi o kakvoći 978
Standardi za bakar 1043
Standardi za cement 1106
Standardi za cevi od livenog gvožđa 1270, 1271
Standardi za cink, predlog 1056
Standardi za čelik i liveno gvožđe 920, 1241, 1242
Standardi za goriva 1164
Standardi za ispitivanje boja 1184
Standardi za ispitivanje maziva 1176
Standardi za kalaj 1064
Standardi za kreč, izvod 1103
Standardi za maziva 1176, 1177, 1178
Standardi za vatrostalne opeke 1096
Standardizacija, međunarodna 978
Standardizacija, radno područje 977
Standardizovane opeke od plovućca 1090
Standardizovane profilisane šipke od obojenih metala 1263
Standardizovani cementi 1102, 1105
Standardizovani trgovački proizvodi 1240
Standardna dijafragma (blenda) 1308, 1312
Standardni sisak 1308, 1312, 1315
Stanična popravka barometra 1301
Staniolne folije 1268
Stanja napona, istovredna 784
Stanje napona 776, 777
Stanje napona, čist pritisak 781
Stanje napona, čisto smicanje 781
Stanje napona, linearno 777
Stanje napona, prostorno 777
Stanje napona, ravno 777, 780
Stapel (dužina vlakna) 1191
Starenje gume, sredstva koja sprečavaju 1208
Starenje limova za dinamo i za transformatore 1020
Stari bakar 1040
Stari pesak 996
Staro gvožđe (otpaci čelika) 1011
Statičko ispitivanje čvrstoće 906
Statičko opterećenje 937, 940
Statistička srednja vrednost napona materijala 790
Steatit 966, 1092, 1099
Stena, čvrsta, dozvoljeni pritisak 947
Stene 1081/1088
Stene, ocena postojanosti 1080
Stene, otpornost prema udaru 1080
Stene, težina 1088
Stepen gustine 959
Stepen, Kelvin-ov 1326
Stepen korisnosti 1322
Stepen sigurnosti 775, 784, 787
Stepen sigurnosti pri izvijanju 864, 871
Stepen vlažnosti vazduha 1331
Stereo-autokartograf 1382
Stereo-fotogrametrisko snimanje 1342, 1382
Stereo-komparator 1382
Stereo-planograf 1382
Sterling-srebro 1073
Stibnit 966, 1064
Stipsa 958, 966
Stipsom štavljene kože 1199
Stirofleks 1147
Stockes-ov stav 840
Stolarsko drvo 1139
Stolarsko tutkalo 1184
Stopa, engl. i američka 1432
Stopa, ruska 1439
Stope, predašnje mere evropskih zemalja 1432
Stoppani, areometar skala 1475
Strela elastične linije 800, 835
Strižom dobivena vuna 1194
Stručni standardi 978
Strugana građa 1139
Strugotine, odvajanje mazivnog ulja sa 1179
Struk od žice 1293
Struk, užad 1196, 1293
Struktura, kristalasta tela 787, 789
Struktura, livačkog peska 996
Struktura materijala 789
Struktura stena 1080
Stubovi, betonski dozvoljeni naponi pritiska 945, 946
Stubovi od livenog gvožđa 1262
Stubovi od livenog gvožđa, dimenzionisanje 873
St. Venant-ov problem 794, 798
Stvaranje obojenih lakova 1181
Stvaranje rđe u vodi 980
Stvaranje šupljina pri livenju 995
Stvaranje zgure 1163
Stvarni pritisak 1312
Sublimat 1079
Sud, punjenje gasom pomoću crpke 1312
Sudovi, otpornost 887
Sudovi za cementiranje, čelici za 1018
Sulfat olova, bazični 1180
Sulfidna ruda 1067
Sumpor 951, 966, 1009
Sumporasta kiselina 1223
Sumporasta kiselina, čelične boce za 1297
Sumporna kiselina, 958, 969, 1222
Sumporna kiselina, relativna težina 1223

Sumporni etar 1233, 1237
Sunce, dimenzije težina 1430
Sunfiks prizme 1123
Sunđerasto gvožđe 1009
Super benzin 1166
Supstrati 1181
Sušenje drveta 1135
Sušila 1184
Sušljiva uja 1182
Suva destilacija čvrstih goriva 1172
Suva trulež 1134
Suve boje 1180
Suvi malter 1111
Suvi postupak, dobivanje veštačke svile 1195
Suvi termometar 1331
Suvo gašenje kreča 1108
Svetlac 958
Svetleće boje 1183
Svetlocrveni tombak 1050
Svetlosna godina 1430
Svetlosne materije, dodaci elektrodama za lučne lampe 1214
Svetlosni izvori, za merenje dužina talasne dužine 1409
Svetlosni talasi, frekvencije oscilacija 1480
Svila 976, 1192, 1194
Svila, acetatna 1195
Svila, bakarna 1195
Svila divlja 1194
Spila pitoma 1192, 1194
Svila tusa 1192, 1194
Svila veštačka 1195
Svila viskozna 1195
Svilene tkanine tehničke 1198
Svinjska koža 1199
Svojstva drveta 1130, 1131, 1132, 1133, 1134
Svojstva koksa 1162, 1163
Svojstva suvih boja 1180
Svrdla za bušenje tla, čelici za 1020
S - žice 1196
Synourin-ulje 1182

## Š

Šalitra 1229
Šalitra, čilska 1229
Šalitra, rastvorljivost u vodi 1229
Šamotni kamen 966
Šareni klinker 1098
Šatori, platna 1197
Šećer 966, 973, 976
Šećerna repa 966, 973
Šećerna repa, rezanci 973
Šedit 1219
Šelit 966, 1077
Serardiziranje 982
Šestougaoni čelik, valjan 1243
Šestougaoni čelik, težine 1247
Šestougaoni poprečni presek, statičke vrednosti 804
Šestougaoni poprečni presek, torzija 839
Šestougaono gvožđe 1021
Šine, čelici za 1023
Šine železničke 976
Šine, železničke, statičke vrednosti 806
Šipkasto gvožđe 1240
Šipke, bronze za 1046
Šipke, čelici za 1020
Šipke od aluminijuma i aluminijum-legura 1034
Šipke od mesinga 1050
Šipke od točenog čelika, pljosnate, težine 1244/1245
Šipovi, čelični 1258
Širenje drveta, toplotno 1131
Široki pljosnati čelik 1243
Širokotrakasti čelik 1262
Školjčani krečnjak 944, 966
Škriljac, amfibolni 1082, 1087
Škriljac, kristalasti 1081, 1087
Šljunak 947, 966, 973, 976, 1081, 1085, 1107, 1112
Šper ploče 1136, 1185
Špigl gvožđe 1010
Špiritni lak 1181
Špiritus 1171, 1232
Špiritus, denaturisani 1171
Štamparske boje 1183
Štap, dugi, opterećen aksijalnom silom 849
Štap, dugi, opterećen aksijalnom i transverzalnom silom 849
Štap, dužina kidanja 791
Štap izložen torziji, raspodela smičućih napona 919
Štap koji se obrće, naponi usled centrifugalnih sila 894
Štap koji se slobodno obrće 894
Štap kriv, deformacija 876
Štap, kriv, savijanje 874, 875, 876
Štap kriv, torzija 877
Štap na dva oslonca, opterećen aksijalnim silama i koncentrisanim teretom 851
Štap na dva oslonca, opterećen aksijalnim silama i podeljenim teretom 850
Štap, njegova osa 792
Štap, poprečni presek 791
Štap, prav, proračun 791
Štap probni, dug 907
Štap probni, kratak 907
Štap probni, normalan 907
Štap probni, proporcionalan 907
Štap, složeni, izvijanje 873
Štapovi, krivi, sa blagom krivinom 874

Štapovi, krivi, sa jakom krivinom 874
Štapovi, krivi, sa rupom, najveći napon 876
Štapovi, pravi, pritisunti 791
Štapovi, pravi, zategnuti 791
Štavljenje 1198
Štednja mazivnog ulja, mere i uređaji za 1179
Štetočine drveta 1134, 1135
Štirak 966, 976, 1182
Šuplje elektrode 1211
Šuplje opeke 1093
Šuplje staklo, sastav 1118
Šuplji blokovi za zidanje, betonski 1089
Šuplji crep 1091
Šuplji stakleni blokovi za zidanje 1123
Švajcarski standardi za merenje vode prelivanjem 1309
Švajnfurtsko zeleno 958, 1181
Švedsko zeleno 958
Švelovanje 1172

T

Tabačka vuna 1194
Tablica podmazivanja 1179
Tablica potrebnog prostora za skladištenje 974/976
Tablica sa uputstvima za cevovode 1273
Tablice upoređenja mera i tegova raznih zemalja 1408 i dalje
Tablice za pretvaranje mera i tegova 1432 i dalje
Tablice za upoređivanje mera i tegova 1432 i dalje
Tačka ključanja metala 988/989
Tačka konture jezgra 846, 847
Tačka mržnjenja vode 1156
Tačka na terenu, obeležavanje 1343
Tačka topljenja metala 988/989
Tačka topljenja Seger piramida 1330
Tačke na krivini, obeležavanje 1383
Tačnost kod livenja brizganjem, ostvarljiva 1004
Tačnost kod livenja presovanjem, ostvarljiva 1004
Tačnost kod livenja u kokilama 1000
Taft 1197
Tahimetar, reduktivni 1360
Tahimetri sa razmernicima 1360
Tahimetrija 1380, 1381
Tahimetriski nivelman 1342
Tahografi 1303
Tanometri 1303
Takse, za patente, prijavne i godišnje 1496/1500, 1504
Talasi, nosilački po žicama, frekvencije 1480
Talasne dužine svetlosnih izvora 1409
Talasne dužine oscilacija 1480
Talasasti crep 1091
Talasasti limovi 1024
Talasasti limovi, normalni profili, površine preseka, težine, momenti 1261
Talasasti limovi od cinka 1269
Talasasti limovi, statičke vrednosti 806
Talasasti limovi za roletne 1261
Talk 958, 966
Taložnice za prečišćavanje vode 1159
Talpe, drvene 1139
Tamno crveni tombak, primena 1052
Tangencijalan napon 776
Tangentni presek drveta 1129
Tanki lim, standardi za čelik 1242
Tanke rotacione ljuske 890
Tanko drvo 1138
Tanko sirovo staklo 1121
Tantal 951, 988, 1079
Tantal-elektrode 1079
Tantal karbid 936
Tantal-ova kiselina 1079
T - čelik sa širokom nožicom, normalni profili, površine preseka, težine, momenti 1256
T - čelik sa visokim rebrom, normalni profili, površine preseka, težine, momenti 1255
Tečni vazduh, eksplozivi sa 1220, 1221
Tečnosti, merenja brzine 1303
Tečnosti, specifične težine 967
Tego-film lepak 1186
Tegovi koji se mogu baždariti 1418
Tegovi, tablice za upoređivanje i pretvaranje 1432
Tehnička analiza gasova 1335
Tehnička koža 1199, 1200
Tehnička stakla 1120
Tehnička vlakna dobivena rastresanjem 1190
Tehnička vlakna, svojstva 1192
Tehničke karakteristike uglja 1165
Tehničke kože, količina sadržane masnoće 1202
Tehničke kože, svojstva 1201
Tehničke tkanine 1197
Tehnički čelik, vrste 1016
Tehnički materijali, korozija 979
Tehnički podaci za pogonske kaiševe 1202
Tehnički upotrebljivo drvo 1138
Tehnički uslovi za isporuke valjaoničkih proizvoda od gvožđa i čelika 1243
Tehnički važne hemiske materije 1222
Tehnički važno kamenje 1088

Tehničko gvožđe, sastav, svojstva 1011
Tehničko staklo, sastav 1118
Tehnika merenja, pregled 1298
Tekstilna užad 1295
Tekstilne boje 1183
Tekstilne materije 1190
Tekstilni kaiševi 1203, 1204
Tekstura materijala 789
Teleća koža 1198
Telekomunikacija, bakar za slobodne provodnike 1043
Telo, plastično 776
Temperatura eksplozije raznih eksploziva 1219
Temperatura gasova, merenje 1329
Temperatura kapanja mazivnih masti 1175, 1178
Temperatura ključanja organskih rastvarača 1236
Temperatura kritična, vode 1156
Temperatura livenja za livenje brizganjem 1004
Temperatura livenja za livenje presovanjem 1004
Temperatura normalna 1325
Temperatura omekšavanja vezivnih sredstava ugljenika 1210
Temperatura paljenja maziva 1175, 1176, 1177, 1178
Temperatura paljenja tečnog goriva 1169
Temperatura topljenja vezivnih sredstava ugljenika 1210
Temperatura za tehnička i industriska merenja 1409
Temperatura zgušnjavanja mazivnog ulja 1175
Temperature visoke, merenje 1329
Temperaturni koeficijent električnog otpora metala 988/989
Temperliv 921, 966, 1012
Temperliv, koeficijenti elastičnosti i čvrstoće 921, 922
Temperliv, standardi za 1242
Tenzometar, Huggenberger-ov 914, 1325
Tenzometar po Okhuizenu 914
Tenzometri 914, 1325
Teodolit 1351, 1352, 1353
Teodolit za merenja dužina 1360
Teorija elastičnosti, vrednosti i granice važnosti 789, 790
Teorija elastičnosti, zadatak 775
Teorije sloma materijala 785
Teoriski potrebna količina vazduha pri sagorevanju uglja 1165
Tepisi 1179
Ter iz drveta 1170
Ter iz kamenog uglja 969, 1169
Ter iz kamenog uglja, dobiven švelovanjem 969, 1169
Ter iz škriljaca 969, 1170
Ter iz treseta 1170
Ter mrkog uglja dobiven švelovanjem 969, 1169
Ter primarni 1169
Ter srednji 1169
Ter unutrašnji 1169
Teraco-mozaik 1092
Teraco-ploče 1091
Terakote 1093
Tercijarne eruptivne stene 1081
Teret koji konstrukcija može podneti 783
Teret razvlačenja 782
Termička obrada aluminijum legura 1026
Termička obrada čelika 1015
Termobimetali 1069
Termo drvo, poprečni preseci 1139
Termo-elektromotorna snaga parova metalnih žica 1328
Termoelement 1327
Termoelement, Le Chatellier-ov 1328
Termometar, baždarenje 1328
Termometar električni sa otporom 1327
Termometar, instrumenti za merenje u pogonu 1329
Termometar Mahlke-ov 1327
Termometar, metalni 1329
Termometar sa vlažnom krpicom 1331
Termometar sa živom i oprugom 1329
Termometar sa živom, običan 1327
Termometar, ugrađivanje 1328
Termometar za merenje pritiska pare 1329
Termometri aspiracioni 1329
Termometri na štapu, dugi 1327
Termometri platinski 1327
Termometri za merenje niskih temperatura 1327
Termoplastične mase, svojstva 1145, 1146
Termos-boce 1073
Termosila bizmut-srebra 1064
Termotehnička merenja 1334
Terra di Siena 1180
Test-benzin 1166
Teško parafinsko ulje 1169
Teško ulje 1168, 1169
Tetivni presek drveta 1129
Tetmajer, ispitivanja savijanjem 834, 835
Tetmajer-ova prava 869
Tetraform 1237
Tetrahloretan 1236
Tetrahlormetan 1234
Tetrakol 1237
Tetranitrometilanilin 1219
Tetranitropentaeritrit 1219

Tetril 1222
Težina kovanog novca 1396
Težina pljosnatih šipaka od točenog čelika 1244/1245
Težina, relativna 959
Težina, relativna, pare organskih rastvarača 1236
Težina suvog drveta 1130
Težina traka od točenog čelika 1244/1245
Težina zapreminska 959
Težina žice 989, 990
Težine bešavnih vučenih bakarnih cevi 1284
Težine bešavnih vučenih mesinganih cevi 1285
Težine cevi od livenog gvožđa za pritisak i cevi sa prirubnicama 1270, 1271
Težine čeličnih kvadratnih cevi 1258
Težine čelika za oblaganje 1257
Težine fasonskih cevnih komada od livenog gvožđa 1276
Težine gasova i para, specifične i relativne 970, 971
Težine I - čelika 1252, 1253
Težine I - čelika za vagone 1253
Težine kvadratnog čelika 1247
Težine lakih profila od trakastog čelika 1259
Težine lima od cinka 1268
Težine limova od točenog čelika 1260
Težine metalnih ploča 990
Težine naslaganih i nabacanih tela 972/973
Težine nemačkih normalnih profila za valjani čelik 1248/1258
Težine okruglog čelika 1247
Težine olovne žice 1269
Težine olovnih cevi 1286/1287
Težine olovnog lima 1269
Težine pljosnatih šipki od točenog čelika 1244/1245
Težine po jedinici površine, tablice za pretvaranje 1468
Težine po jedinici težine, tablice za pretvaranje 1466
Težine presovanih L, ⊥, I, ⊏ profila od lakog metala 1264
Težine profila od valjanog čelika, 1248/1258
Težine ravnokrakog L - čelika 1248/1249
Težine raznokrakog L - čelika 1250/1251
Težine specifične, čvrstih tela 960/966
Težine specifične, tečnosti 867/970
Težine šestougaonog čelika 1247
Težine talasastih limova 1261
Težine traka od točenog čelika 1245
Težine ⊥ - čelika sa širokom nožicom 1256
Težine ⊥ - čelika sa visokim rebrom i širokom nožicom 1255
Težine U - čelika 1254, 1255
Težine uglja 1164
Težine, zapreminske, čvrstih tela 960
Thalpotasimetar 1329
Therm 1481
Thomas-ov točen čelik 1011
Thonet-ov postupak, savijanje drveta 1136
Tigl, platinski 1075
Til 1197
Tinjac 958
Tipiziran gas 1172
Titan karbid 1072
Titanit 1072
Titanovo belilo 1180
Tkanina, osnova i potka 1187
Tkanina tvrda 1142
Tkanine 1197, 1198
Tkanine, kožne 1205
Tkanine od azbesta, tehničke 1198
Tkanine od kudelje, tehničke 1198
Tkanine od metala, tehničke 1198
Tkanine od veštačkih vlakana 1198
Tkanine od vune, tehničke 1198
Tkanine sa glatkim vezivanjem 1197
Tkanine u vidu cevi 1197
Tkanine, vezivanje 1197
Tkanine, voštane 1205
Tkanine za balone 1198
Tkanine za kaiševe 1197
Tkanine za izolaciju 1198
Tkanine za padobrane 1198
Tlo naneto bagerom 976
Točak, za merenje dužine 1358
Točen čelik, standardi 1241
Točen čelik, težina ploča 990
Točen čelik, težina žice 989/990
Točen čelik, trgovački proizvodi 1243
Tok izvijanja 862, 863
Tolerancije za standardne siskove i standardne blende 1315
Tombak 1049, 1052, 1053
Tombak za emajliranje 1052
Tona/cm², pretvaranje u engl. tone/kvadratni palac 1468
Tone engl., pretvaranje u metarske tone 1460
Tone/h, pretvaranje u kg/s 1477
Tonska milja, engl. 1481
Tonski kilometar 1481
Topla voda, korodiranje metala 1160
Toplo uobličavanje ovčje vune 1194
Toplota eksplozije raznih eksploziva 1219
Toplota, merenje količine 1330
Toplota, pojave akumulacije 1330
Toplota stvrdnjavanja vode 1157

**Toplota** topljenja metala 988, 989
**Toplota**, uticaj na izbor pogonskih kaiševa 1203
**Toplota**, uticaj na vezivanje cementa 1115
**Toplotna** moć čvrstih goriva 1162, 1165
**Toplotna** moć čvrstih goriva, određivanje 1334
**Toplotna** moć drveta 1133
**Toplotna** provodljivost gvožđa 1008
**Toplotna** provodljivost veštačkih materija 1145
**Toplotni** koeficijent širenja stakla 1119
**Toplotni** talasi, frekvencije oscilacija 1480
**Topljeni** cement 1105
**Topljeni** čelik, koeficijenti izvijanja 871
Topljeni čelik, naponi izvijanja 869
**Topljeni** čelik, praktične formule za dimenzionisanje pritisnutih štapova 872
Topografska pretstava terena 1342
**Topografske karte** 1341
**Topola** 1129, 1132
**Tor**, jedinica pritiska 1470
Torijum 951, 966
**Torzija** (uvijanje) 835
**Torzija** i pritisak 860
**Torzija** i savijanje 856
**Torzija** i zatezanje 860
Torzija, koeficijent rada 836/839
**Torzija** krivih štapova 877
Torzija, kružni prsten 809, 836
**Torzija** štapa sandučastog preseka, raspodela napona 919
**Torzione** opruge 884
**Torzioni** dinamometar, Föttinger-ov 1320
**Torzioni** dinamometar, Vieweg-ov 1320
**Torzioni** štapovi, pravi 884
**Tovarna** težina železničkih vagona 976
**T-presek**, statičke vrednosti 805
**T - račve**, fasonski komadi 1274, 1282
**Trajektorija** glavnog napona 780
**Trajektorija glavnog smičućeg napona** 780
Trajna dilatacija, nien tok 907
**Trajna jačina materijala na povišenoj temperaturi** 913
Trajni magneti, materijali za 1018, 1019
Traka, aluminijumska 1267
Traka, bakarna 1267
Traka, bronze 1046
Traka, mesingana 1267
Traka od Al-legura 1267
Traka od obojenih metala 1267
Traka za opruge od legura bakra 1267
Trakasti čelik 1262
Trake od točenog čelika, težine 1244/1245
Transformatorski limovi, sastav 1020
Transformisane stene 1081, 1086
Transparent golica (koža) 1199
Transportne trake 1293
Transverzalna sila 792
Transverzalna sila, dijagram 792, 793
Transverzalna sila i elastična linija 834
Transverzalna sila, uticaj na izvijanje 865
Trapezni čelik 1247
Trapezni poprečni presek, statičke vrednosti 804
Trapezni poprečni presek, torzija 838
Tras cement 1105
Trasni malter, jačina 935
Trava 973
Tremiranje materijala 970
Trenje između traka složenog gibnja 880
Trenje, unutrašnje 1175
Treset 966, 973, 1162, 1163
Trgovački gvozdeni liv 1013
Trgovački proizvodi od aluminijuma, standardi 1031
Trgovački proizvodi od gvožđa i čelika, standardizovani 1240
Trgovački proizvodi od livenog gvožđa 1262
**Trgovački proizvodi od obojenh** metala 1262
Trgovački proizvodi od točenog čelika 1243
Triacetat 1146
**Triangulacija** 1367
Triangulacija nižeg reda 1366
Triangulacija oblasna, državna 1367
Triasni peščar 1085
Trigonometriske tačke u triangulaciji 1371
Trigonometrisko određivanje visina 1342, 1376
Trinidad-asfalt 1189
Trinitroanisol 1219
Trinitrobenzol 1219
Trinitrokrezol 1219
Trinitrometilnitroanilin 1222
Trinitrofenol 1221
Trinitrotoluol 1219, 1222
Triofan 1146
Tripel 1235
Tripol 1235
Troivičasta užad 1196
Trolit 966
Trolit BC 1146

Trolit F 1145
Trolit W 1146
Trolitaks 1155
Trolne žice, bakar za 1043
Trolon 1154
Trona 1227
Trostrana prizma 1346
Trougao-ravnjača 1347
Trougaoni poprečni presek, krivi štap 875
Trougaoni poprečni presek, statičke vrednosti 804
Trougaoni poprečni presek, torzija 838
Trougaoni preliv 1309
Troygrain/kv. palac, pretvaranje u g/dm² 1470
Truljenje drveta 1134
Truljenje drveta na stovarištu 1134
Truljenje drveta u zgradama 1134
Truljenje stabla 1134
Tucanik 973
Tucanik od diabaza 973
Tucanik od krečnjaka 973
Tuf-opeke 1093
Tuf, vulkanski, kvaderi od 944
Tula srebro 1073
Turbaks 1155
Turbonit 1155
Tusa svila 1192
Tutkalo 963
Tutkalo, Camanal- 1185
Tutkalo iz kostiju 1185
Tutkalo, Ormyd 1185
Tutkalo od krute kože 1185
Tutkalo od pokožice 1185
Tutkalo, sredstva za stvrdnjavanje 1185
Tvrd mesing, oblik isporuke, primena 1054
Tvrda guma 1208
Tvrdi alabaster 1101
Tvrdi beton 1116
Tvrdi lemovi 1055
Tvrdi liv, obrada deformacijom 1012
Tvrdi metal 994
Tvrdi metali 1071
Tvrdi metali, legure 1072
Tvrdi parafin 1235
Tvrdi ugalj, materijal za dirke 1215
Tvrdo lemljenje aluminijum legura 1028
Tvrdo olovo 1061
Tvrdo staklo 1126
Tvrdoća 905
Tvrdoća, ispitivanje 905, 909, 910
Tvrdoća, mineraloške skale 1431
Tvrdoća stena pri zarezivanju 1080
Tvrdoća po Brinell-u 909, 910
Tvrdoća po Brinell-u, metala 988, 989
Tvrdoća stakla 1119
Tvrdoća ugljenih dirki 1215
Tvrdoća veštačkih materija 1141
Tvrdoća vode 1158
Tvrdoća vode za instalacije sa toplom vodom 1161
Tvrdoća vode za napajanje kotlova 1161

U

Ubbelohde, određivanje temperature kapanja maziv. masti 1175
Ubrizgani beton 1115
U - čelik, poprečni preseci, težine, momenti 1254, 1255
Udarni kaiševi, koža za 1199, 1200
Udarne kapisle 1222
Ugalj 973, 976, 1162
Ugalj, amorfni homogeni 1214
Ugalj čisti 1162, 1213
Ugalj, efektni 1213
Ugalj, elementarna analiza 1165
Udalj, fini 1164
Ugalj, foto- 1214
Ugalj, grafitni 1214
Ugalj, hemiske i tehničke karakteristike 1165
Ugalj, higroskopna vlaga 1163
Ugalj, homogeni 1213
Ugalj, klasiranje 1163, 1164
Ugalj, kockasti 1164
Ugalj, količina dimnih gasova 1165
Ugalj, sadržaj ugljene kseline 1165
Ugalj, skladištenje 1163
Ugalj, težine 1164
Ugalj, toplotne moći 1162
Ugalj, uglovi nagiba 1164
Ugalj u komadima 1164
Ugalj, ukupna vlaga 1165
Ugalj utovarne količine 1164
Ugalj u vidu praha 1164
Ugalj, veličina komada 1164
Ugalj, veličine graška 1164
Ugalj, veličine griza 1164
Ugalj, veličine oraha 1164
Ugalj, veličine zrna 1164
Ugalj za fitilje 1213
Ugalj za kinoprojektore 1214
Ugalj za medicinske aparate 1214
Ugalj za mikrofone 1215
Ugalj za sinterisanje 1162, 1163
Ugalj životinjski 1239
Ugao, merna jedinica 1344
Ugao nagiba elastične linije 798
Ugao nagiba elastične linije konzole sa pravom osom 800
Ugao, oštar na krivom 876
Ugao, poziciski, merenje 1356
Ugao torzije 836, 909
Ugao torzije specifičan 836, 909
Ugao torzije specifičan, dozvoljeni, raznih poprečnih preseka 837/839
Ugaoni aluminijum 1031

Ugaoni čelik, profili, površine preseka, težine, momenti 1248/1251
Ugaoni presovani profili od lakog metala, površine preseka, težine, momenti 1264
Ugaonik, statičke vrednosti 805
Ugib, konzole 800
Ugib, najveći, ekscentrično opterećenog štapa 849
Ugibi nosača 811/816, 823
Ugibi opruge 878, 879
Ugibi ploče 888, 889
Ugibi složenog gibanja 880, 881, 882
Uglovi, merenje 1352, 1367
Uglovi nagiba, prirodni 973
Uglovi nagiba, prirodni, ugljeva 1164
Uglovna mešovita podela 1344
Uglovna podela 1344
Ugljendisulfid 1234, 1236
Ugljendisulfid, para 971
Ugljen monoksid, sadržina u dimnom gasu 1335
Ugljen-tetrahlorid 1234, 1236, 1240
Ugljena kiselina, agresivna 1161
Ugljena kiselina, čelične boce za 1297
Ugljena kiselina sadržina u dimnom gasu 1335
Ugljena prašina 973, 1164
Ugljena šljaka, spec. težina 1107
Ugljena dirka 1215
Ugljene elektrode 1211, 1212, 1213, 1214
Ugljene elektrode za električno lučno zavarivanje 1214
Ugljene elektrode za elektrolizu 1213
Ugljene elektrode za lučne lampe 1213, 1214
Ugljene membrane 1215
Ugljeni filtri 1160
Ugljeni griz 1215
Ugljeni otpornici 1216
Ugljeni otpornici za grejače 1216, 1217
Ugljeni pritisni regulator 1216
Ugljeni proizvodi za delove mašina 1215
Ugljeni štapići za lučno osvetljenje 1213, 1214
Ugljenični čelik 1019
Ugljenik 951, 966, 1012, 1172, 1181, 1210
Ugljenik, proizvodi 1210
Ugljenisanje drveta 1136
Ugljovodonici, sinteza 1170
Ugrađivanje termometra 1328
Ugušćeno riblje ulje 1182
Ugušćeno ulje 1182
Ugušivanje kreča 1108
Ukliješten nosač 812, 814, 816, 818
Ukrasni kamen, betonski 1092
Ukrasni limovi 1021
Ukrsne libele 1348
Ukrštena ogledala 1345
Ukrštene prizme 1346
Ukrštene prizme, Hensoldt-ove 1346
Ukrštene račve, kose 1274, 1282
Ukršteni čvor, vezivanje užadi 1293
Ukršteni elastični rad, najveći (hipoteza o slomu) 784
Ukršteni uporedni napon 860
Ulančavanje kod triangulacije 1369
Ulivak 995
Ultra crveni talasi 1480
Ultra kratki talasi, 1480
Ultraljubičasta svetlost, 1480
Ultramarin plavo 1181
Ultrazvuci 1480
Ulja 969, 970, 1182
Ulja, biljna 970
Ulja emulgirana 1174
Ulja, mineralna za podmazivanje 969
Ulja prerađena 1174
Ulja sušljiva 1182
Ulja za loženje 969, 1168
Uljana čađ 1218
Uljane boje 1181
Uljane pogače 976
Ulje, antracensko 1168
Ulje arahida 970
Ulje borovo 970
Ulje ćilibarno 970
Ulje drvno 970, 1182
Ulje gasno 1173
Ulje iz kokosovog oraha 970
Ulje iz limuna 970
Ulje iz palmovih koštica 970
Ulje iz pamukovog semena 970
Ulje izolaciono 1177
Ulje kamforovo 970
Ulje kreozotno 970, 1169
Ulje lako iz tera dobivenog švelovanjem kamenog uglja 970
Ulje laneno 970, 983, 1182
Ulje, ležišno 1176
Ulje, makovo 970
Ulje, mineralno 969
Ulje od repe 970
Ulje, prečišćavanje 1179
Ulje, regenerisanje 1179
Ulje sezamovo 970
Ulje sinteza, 1170
Ulje, srednje 1168
Ulje, transformatorsko 1179
Ulje, ugušćeno 1182
Ulje, vidi i ulje za podmazivanje 976
Ulje Voltol 1174
Ulje za bušenje 1178
Ulje za cilindre, emulgirano 1174
Ulje za gasne motore 1177
Ulje za hlađenje 1177

Ulje za hlađenje pri obradi metala 1178
Ulje za kaljenje 1178
Ulje za loženje 1169
Ulje zamašćeno 1174
Ulje za mašine za hlađenje 1177
Ulje za oplemenjavanje 1178
Ulje za parne turbine 1177
Ulje za podmazivanje, vidi i ulje 976, 1165, 1170
Ulje za prenosnike 1177
Ulje za sečenje 1177, 1179
Ulje za vodene turbine 1177
Ulje za zaštitu protiv rđe 1178
Ulje zemno 969, 1165
Ulje žuto 970
Uljeni lakovi 1182
Uljenisano drvo 1137
Uljna maziva 1176/1178
Uljna maziva, izdavanje 1179
Uljna maziva, primena 1176
Uljna maziva, skladištenje 1179
Uljna maziva za cilindre parnih mašina 1177
Uljna maziva za finu mehaniku 1176
Uljna maziva za gasne motore 1177
Uljna maziva za kompresore 1177
Uljna maziva za mašine za hlađenje 1177
Uljna maziva za motore 1177
Uljna maziva za osovine 1177
Uljna maziva za podmazivanje mašinskih delova 1176, 1178
Uljna maziva za prenosnike 1177
Uljna maziva za turbine 1177
Uljna maziva za vodene turbine 1177
Uljni separatori 1179
Umbra 1181
Umbra staklo 1126
Umetanje kod triangulacije 1369
Umetanje tačaka i mreža kod triangulacije 1368, 1369
Umivaonici, teraco za 1092
Unija, međunarodna za zaštitu industriske svojine 1495
Union-kalorimetar 1335
Unograf 1338
Unutrašnje trenje (viskoznost) 1175
Unutrašnji ter 1169
Uobličavanje drveta 1136
Uobličeni ugalj 1216
Upaljivost organskih rastvarača 1237
Upletena užad 1196
Upotrebljeno mazivno ulje, prečišćavanje i regenerisanje 1179
Upredanje prediva 1196
Upredanje prediva, desno i levo 1196
Uporedni napon, dozvoljeni 786
Uporedni napon (hipoteza o slomu) 784
U - profil, statičke vrednosti 805
Uranova smolna ruda 966
Uređaj za merenje dilatacija po Berg-u, Dietrich-u i Lehr-u 914
Uređaj za podmazivanje 1179
Uređaji sa registrovanjem 1299
Uređaji za merenje 1299
Uređaji za merenje zaustavnog pritiska 1303
Usisni pirometri 1329
Uske trake, bakarne, mesingane, obojenih metala 1267
Uslovne jednačine, račun izravnavanja 1390
Uslov za izvijanje 866, 867
Uslovi isporuke čelika 1243
Uslovi isporuke pogonskih kaiševa 1202
Uslovi za isporuke aluminijuma za elektrotehniku 1034
Uticaj mraza na beton 1113, 1115
Uviol-staklo 1126
Užad 1196, 1293, 1294, 1295
Užad, čelična, nad zemljom, pregled 1295
Užad, čelična, trgovački proizvodi, pregled standarda 1295
Užad četvrtasta 1196
Užad od konoplje, dozvoljena opterećenja 1294
Užad od manile, dozvoljena opterećenja 1294
Užad od žice, dozvoljena opterećenja 1294
Užad tekstilna 1295
Užad trovičasta 1196
Užad za dizanje tereta, dozvoljena opterećenja 1294
Užad za elektrotehniku, pregled standarda 1295
Užarski proizvodi 1196
Užarski sto 1196

V

Vaga, pregled, baždarenje 1305
Vaga sa pokretnim tegom 1305
Vaga sa polugama 1305
Vaga sa prstenom 1317
Vaga sa trakama 1306
Vaga za odredivanje gubitka gasova 1337
Vaga za silose 1306
Vage, automatske 1305
Vage, bunkerske, transportne 1305
Vage, centezimalne 1305
Vagoni, I-čelik za 1257
Vagoni sa obrtnim postoljem (železnički) 977
Vagoni sa poklopcima 976
Vagoni sa stranicama 976
Vagoni, tovarna težina 976, 977
Vagoni za robu 976
Vagoni, železnički, tovarne težine 976, 977

Vajarski gips 1100
Vakuum metri 1300
Vakuum pumpe 1079
Vakuum vodovi, obeležavanje bojenim premazom 1272
Valentnost elemenata 952
Valjana žica, standardi 1241
Valjani bakar 1041
Valjani čelični profili, Klöckner-Mannstaedt 1258
Valjani čelik, laki profil 1259
Valjani čelik, normalni profili, nemački 1248/1258
Valjani čelik, podaci o 1021
Valjani nosači, dimenzionisanje 823
Valjani profili (I, ⊏, L, +) dozvoljeni momenti torzije 839
Valjani profili (I, ⊏), nemački normalni, približne formule za $W_x$ 806
Valjani profili za brodogradnju 1258
Valjanje, obrada čelika 1015
Valjaonički proizvodi, podela 1240
Valjci, sile pritiska 900
Valjci za ležišta, čelici za 1023
Valjci za pritisak od bakra i bronze 1007
Vanadijum 951, 989, 1011
Vanerit 1155
Vario-motor (oktanski broj) 1166
Vatrogasna odela 1198
Vatrostalan liv, sastav 1013
Vatrostalne mase 985
Vatrostalne opeke 1094
Vatrostalne opeke, standardi 1096
Vatrostalne opeke, svojstva 1097
Vatrostalni malteri 1098
Vatrostalni materijali 1095
Vazduh 970, 971
Vazduh, količina vlage u stanju zasićenosti 1333
Vazdušna fotogrametrija 1382
Vazdušni pritisak, merenje 1377
Vazelin, premaz metala 983
Važnije odredbe inostranih zakona o patentima 1496
Važnije odredbe jugoslovenskog zakona o pronalascima 1500
VDI-pravila za kompresore 1300
Vedro (rusko), pretvaranje u litre 1459
Velike čelične konstrukcije, čelik za 1016
Veliki ugljeni 1216
Venci zupčanika, specijalna bronza za 1007
Venturi-cev 1304, 3107, 1315, 1317
Venturi kanal 1310
Veoma laki sapuni 1238
Verst, pretvaranje u kilometre 1446
Veršok, pretvaranje u metarske mere 1448, 1352, 1456
Vertikalni limbus 1354
Vertikalni (visinski) uglovi, merenje 1354, 1355
Vertikalno livenje centrifugiranjem 1006
Vestfalska skala za žicu 991/992
Vestron 1237
Veštačka gasovita goriva 1171
Veštačka koža 1204
Veštačka rožina 1149
Veštačka smola 983, 984, 1182
Veštačka tečna goriva 1165, 1168
Veštačka vlakna 1195
Veštačke fenolne smole, laminirane 1155
Veštačke materije od acetilne celuloze 1146
Veštačke materije od belančevine 1150
Veštačke materije od benzil-celuloze 1146
Veštačke materije od ftalna kiselina-glicerin-veštačke smole 1155
Veštačke materije od hidro-celuloze 1147
Veštačke materije od karbamid-formaldehida-masa za presovanje 1150
Veštačke materije od termoplastičnih masa 1144
Veštačke materije od termostabilnih masa 1149
Veštačke materije od visokopolimerizovanih jedinjenja vinila 1147, 1148
Veštačke materije, podela prema čvrstini oblika 1140
Veštačke materije, podela prema sastavu 1142
Veštačke materije, podela prema sklopu 1140
Veštačke materije, podela prema sirovinama i konzistenciji 1142
Veštačke materije, svojstva 1144
Veštačke materije, trgovački oblici i primena 1144
Veštačke plastične materije, ispitivanje čvrstoće 905
Veštački asfalt 1189
Veštački kamen 1088, 1092
Veštački kamen, dozvoljeni naponi 944, 945
Veštački konci 1195
Veštački peščar, jačina 934
Veštački smolni lepak 1186
Veza zrna kod stena 1080
Veze zakivcima u zgradarstvu, dozvoljeni naponi 941
Veze zavrtnjima u zgradarstvu, dozvoljeni naponi 941
Veziva za malter i beton 1199
Vezivanje cementa 1106
Vezivanje kod tkanja 1197

Vezivanje toplote postrojenja za hlađenje, primer 1333
Vezivanje užeta, čvorovi 1293
Vezivna sredstva, za livački pesak 996
Vezivno sredstvo za premaze 1181, 1182
Vibrirani beton 1115
Vibrometri 1324
Vickers, ispitivanje tvrdoće 909
Vidia, tvrdi metal 1072
Vieweg-torzioni dinamometar 1320
Vile, čelici za 1020
Vilemit 1056
Vinifol 1148
Vinil jedinjenja, veštačke materije 1147
Vino, 970, 976
Vinska kiselina 994
Vinski kamen 958
Vinsko kameno ulje 1227
Visak 1347
Visina ispupčenja složenog gibanja 880
Visina vodenih padavina 1157
Visinski plan, za pretstavu terena u visinskom pogledu 1340
Visinski zraci, frekvencije 1480
Viskozimetar, Engler-ov 1175
Viskozna celulozna vuna 1195
Viskozna svila 1192, 1195
Viskoznost 1175
Viskoznost, apsolutna ili dinamička 1175
Viskoznost, kinematička 1175
Viskoznost, indeks, polna visina promena 1175
Viskoznost stakla 1119
Visoke temperature, merenje 1320
Visoki talasasti limovi 1261
Visoko polimerizaciona jedinjenja vinila 1142, 1147
Vita-staklo 1126
Vitkost pritisnutog štapa 864
Vitkost pritisnutog štapa i napon izvijanja, 868
Vitoperenje poprečnog preseka 834 841
Vitreosil 1127
Viziranje neke tačke 1350
Vizurna ravan 1344
Vlaga čvrstih goriva, higroskopna 1163
Vlaga u vazduhu u stanju zasićenosti 1333
Vlaga, uticaj na izbor pogonskih kaiševa 1203
Vlakna, agava 1193
Vlakna, biljna 1190
Vlakna biljna, svojstva 1192
Vlakna hartije 966
Vlakna iz like 1191, 1192
Vlakna iz lista 1192, 1193
Vlakna iz stabljike 1191
Vlakna kapoka 966, 1191, 1192
Vlakna, karakteristika 1192
Vlakna, kokosova 1193
Vlakna mineralna 1192, 1194
Vlakna od kaučuka 1195
Vlakna pite 1193
Vlakna sa plodova 1192, 1193
Vlakna sa semena 1191, 1192
Vlakna sintetička 1195
Vlakna veštačka 1195
Vlakna životinjska 1192, 1193
Vlaknasta tekstura 789, 790
Vlakno, manila- 1192, 1193
Vlakno, sisal- 1192, 1193
Vlažnost drveta 1130
Vlažnost relativna, vazduha 1331
Vlažnost uglja 1165
Voće 973
Voda, alkalnost 1160
Voda, barska, izdvajanje organskih materija 1159
Voda, destilisana 970
Voda, hloriranje 1160
Voda, industriska, uslovi za 1158
Voda, ispitivanje 1161
Voda, izdvajanje gvožđa 1159
Voda, izdvajanje karbonata 1159
Voda, izdvajanje kiselina 1160
Voda, izdvajanje mangana 1159
Voda, izdvajanje masti 1160
Voda, izdvajanje soli 1160
Voda, izdvajanje ulja 1160
Voda, kritična temperatura 1156
Voda, meka 1161
Voda, metali i malter koje korodira voda 1160, 1161
Voda, morska 970 1157
Voda, omekšavanje 1160
Voda, otstranjivanje gasova 1159
Voda, pijaća, uslovi za 1158
Voda, prečišćavanje 1159
Voda, svojstva 1156
Voda, teška 970, 1157
Voda, tačka mržnjenja 1156
Voda, tvrdoća 1158, 1161
Voda, ubijanje klica 1160
Voda, upotreba 1161
Voda, viskoznost 1072
Voda za instalacije sa toplom vodom 1161
Voda za napajanje kotlova 1161
Voda za napajanje kotlova, merenje 1316
Voda za zamesivanje betona 1115
Vode mineralne 1157
Vodena para 971, 1171, 1173
Vodeni kreč 1102, 1103, 1109
Vodeni otpornici za merenje snage električnim putem 1321
Vodeni rastvori sode, relativne težine 1226

Vodeni rastvori alkohola, specifična težina 1232
Vodeno staklo 1127, 1230
Vodeno staklo sa punilom 1143
Vodokazi, staklo za 1126
Vodonik 951, 970, 971, 1012, 1171, 1172
Vodonik superoksid 958, 970
Vodovi, tablice sa uputstvima 1273
Vodovi, obeležavanje bojenim premazima 1272
Vodovodne cevi 1062
Volfram bronza 1078
Volfram čelik za magnete 1018, 1019
Volfram mesing 1078
Volovska koža 1198
Voltol-ulje 1174
Voštane tkanine 1205
Vratilo, izloženo savijanju i torziji 856, 858
Vratilo regulatora turbine, proračun, primer 840
Vreće, pamuk za 1197
Vrednost novca 1396
Vreme, srednje-evropsko 1431
Vreme, mesno 1431
Vretena, čelici za 1022, 1023
Vrh napona (materijal) 782, 788
Vulkanit-staklo 1126
Vulkanisanje 1206
Vulkanski tufovi 1081
Vuna angora 1194
Vuna, celulozna 1195
Vuna od manganovog čelika, prečišćavanje vode 1159
Vuna od zaklanih ovaca 1194
Vuna od zgure 966, 1196
Vuna, ovčija 1192, 1193
Vuna, vrste 1193, 1194
Vunene tkanine, tehničke 1198
Vuneni-filc karton 1189

W

»Waffel«-limovi 1023
Weymouth-ski bor 1132
Wheatston-ov most 1327
Wöhler-ova kriva odnosnog materijala 911
Woltmann-merači 1307
Woltmann-ovo hidrometričko krilo 1310
Wulst gvožđe 1021
Wüst i Berdenheuer, dinamičke metode ispitivanja tvrdoće 910

Y

Yard 1432
Yard engl., pretvaranje u metarske mere 1441, 1449, 1453

Z

Zakivak opterećenje u limenom nosaču 833
Zakivanje aluminijum-legura 1028
Zakivci, 1024, 1290
Zakivci, materijal, pregled standarda 1290
Zakivci, gotove i završne glave 1291
Zakivci, oznake 1291
Zakivci sa polukružnom glavom 1291
Zakivci za poluukopavanje 1291
Zakivci za ukopavanje 1291
Zakivci za ukopavanje sa segmentastom glavom 1291
Zakon elastičnosti 789, 790
Zakon, jugoslovenski, o pronalascima, izvod 1500
Zakon proporcionalnosti, Hooke-ov 778, 783
Zakon za zaštitu industriske svojine 1496/1505
Zakonski propisi za zaštitu industriske svojine 1495
Zamena za pamuk 1191
Zamenjujući poprečni presek 835
Zapaljenje kore drveta 1130
Zapremina gasova, pretvaranje, tablice 1487, 1488/1489
Zapreminska dilatacija 779
Zapreminska težina betona 1114
Zapreminska težina, čvrstih tela 960/066
Zapreminska težina drveta 1130, 1132
Zapreminska težina elektroda 1212
Zapreminska težina kože 1202
Zapreminska težina, vidi i specifična težina 959
Zapreminske težine uglja u nabacanom stanju 1164
Zapreminski metar drva, pretvaranje u kubne metre 1131
Zaptivačke trake 1216
Zaptivački prstenovi 1216
Zarasline, drvo 1130
Zarez, koeficijent dejstva 938
Zarez, koeficijent oblika 938, 939
Zarez, koncentracija napona 901, 902, 903
Zarez, unutrašnji 782
Zasićena para, merenje 1316
Zastakljivanje, elektro 1124
Zaštita cevnih vodovoda elektrolitičkom obradom 986
Zaštita drveta 1134
Zaštita drveta, sredstva 1135
Zaštita hemiskom i elektrohemiskom površinskom obradom 965

Zaštita kondenzatora elektrotehničkom obradom 986
Zaštita od korozije 980, 1213
Zaštitne mere, hemiske 1239
Zaštitni sloj 979
Zaštitni sloj od kreča i rdje 1161
Zatege, standardi 1292
Zategnuti pravi štapovi 781
Zatezanje, čisto 781
Zatezanje i pritisak 844
Zatezanje i savijanje 844
Zatezanje i savijanje, materijal otporan i prema zatezanju i prema pritisku 844
Zatezanje i savijanje, materijal otporan samo prema pritisku 851
Zatezanje sa torzijom 860
Zaustavni pritisak, merenje 1303
Zavareni šavovi u čeličnim zgradama, dozvoljeni naponi 942
Zavojne fleksione opruge 883
Zavojne opruge 877
Zavojne opruge cilindrične 885
Zavojne torzione opruge 884
Zavojno vreteno, izloženo zatezanju i torziji, proračun, primer 861
Završne glave zakivaka na toplo 1291
Zavrtanj korektivni 1351
Zavrtanj, položajni 1351
Zavrtanj, slom 782
Zavrtanj za ankerovanje u temelj, određivanje težine 1024
Zavrtnjevi istegljivi 782
Zavrtnji, 1024
Zavrtnji, dimenzije i težine, pregled standarda 1290, 1292
Zavrtnji, oznake 1291
Zavrtnji, približno određivanje težine 1024
Zavrtnji, standardi za materijal 1241
Zavrtnji, trgovački proizvodi 1290
Zavrtnji za drvo, pregled standarda 1292
Z-čelik, normalni profili, nemački, površine preseka, težine, momenti 1256/1257
Zelene neorganske boje 1181
Zemlja, infuzorna 1239
Zemlja, planeta, dimenzije, težina, brzina 1430
Zemlja, planeta, konstante 1430
Zemlja, planeta, prosečna specifična težina 959
Zemlja, planeta, srednja brzina, kretanje oko Sunca 1430
Zemlja za beljenje 1239
Zemlja za nasipe 973
Zemljina krivina, uticaj na trigonometrisko određivanje visine 1377
Zemljin kvadrant, dužina 1430
Zemljina putanja oko Sunca 1430
Zemljište, dozvoljeni pritisci 946
Zemni asfalt 1189
Zemni gas 1173
Zemno ulje 1165
Zenitna daljina, merenje 1354
Zglavkasti lanci 1293
Zgura iz visoke peći 973, 1107
Zgura iz visoke peći u komadima, jačina 934
Zgura, vrste 1163
Zidne ploče 1090, 1091
Zidne ploče, gledosane 1094
Zidovi, dozvoljeni naponi 944, 945
Zidovi od kvadera, dozvoljeni naponi pritiska 944
Zidovi od lomljenog kamena 944
Zidovi od opeke, jačina pri pritisku 936
Zidovi od opeka, modul elastičnosti 936
Zidovi od tesanika 944
Zlatna žica 1195
Zlatni doublé 1075
Zlatni lemovi 1075
Zlatni limovi 1075
Zlatni tombak 1050, 1052
Zlato 951, 966, 989, 1074
Zlato, finoća 1075
Zlato, legure- 1075
Zlato, standard- 1396
Zlato u šipkama 1075
Zlato za kovanje novca 1075
Zone, časovne 1431
Zrnasta proba stakla 1128
Zupčanici menjača, čelici za 1018
Zvuk, ocena stena 1080
Z-žice 1196

## Ž

Žareni kreč 1228
Zarenje, termička obrada čelika 1015
Želatin-dinamit 1219
Želatinirano ulje, eksploziv 1221
Železničke šine, standardi 1242
Železničke šine, statičke vrednosti 806
Železnički pragovi, drveni 1138
Željeznički vagoni za robu, jako prostrani 976
Žica bronzana 1046
Žica, metalna 1195
Žica obojenih metala 1268
Žica od bronze za provodnike za telekomunikaciju 1048
Žica od mesinga 1050
Žica olovna 1269
Žica pletena 1295
Žica, skale za 991/992

Žica, težina 989, 990
Žica za merenje dužina 1358
Žica za sijalice 1078
Žica, Z i S 1196
Žičane tkanine 1195, 1295
Žičani ekseri 1024
Žilav materijal 782, 788, 908
Žilavost drveta (prelomni rad udarom) 1132/1133, 1134
Žilavost materijala 782, 788
Žilavost oblika 782
Žilavost pri dinamičkom opterećenju 782, 789
Žilavost pri udaru veštačkih materija 1143
Žilne stene 1081, 1082
Živa 951, 970, 979, 989, 1078
Živa, legiranje 1078
Živa, poreklo 1078
Živa, specifična težina 1470
Živa, svojstva, primena 1078
Živin hlorid 966, 985, 994
Živin sulfid 966, 1078
Živin termometar sa oprugom 1329
Živina para 971
Živine soli 979
Životinjska vlakna 1192, 1193, 1194
Životinjski lepkovi 1184
Životinjski ugalj 1239
Žljebast crep 1094
Žljebovi 902, 903
Žljebovi za rasterećenje 903
Žute neorganske boje 1180
Žuti liv 1054
Žuti tombak 1050, 1052

# Ispravke

## primećenih štamparskih i korektorskih grešaka

### Hütte I/1

| Str. | red | stoji | treba |
|---|---|---|---|
| 73 | 8 odozgo | Zove | zove |
| 79 | 16 odozdo | $0 = \circ + z\,q + {}_{\varepsilon}z\,v + {}_{\varepsilon}z$ | $z^3 + a\,z^2 + b\,z + c = 0$ |
| 82 | 13 „ | $\frac{?}{1 - u(? + 1)} = \frac{\lvert u}{s}$ | $s_{\overline{n}\rvert} = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$ |
| 119 | 11 „ | normalan | normalni |
| 153 | 13 „ | $3\pi a^2$ | $8\,a$ |
| 155 | 12 „ | $a^2\,t^2/6$ | $a^2\,t^3/6$ |
| 205 | 18 odozgo | 114 | 118 |
| 209 | 15 odozdo | Quartila. Prva quartila | Kvartila. Prva kvartila |
| 241 | 9 odozgo | 317 | 355 |
| 242 | 11 „ | 1 kilogram - sila | 1 gram - sila |
| 242 | 30 „ | 426,8 kom | 426,8 kgm |
| 245 | 9 odozdo | strujnn | strujni |
| 289 | 3 „ | apsorcija | apsorpcija |
| 511 | 15 „ | Statnje | Stanje |
| 666 | 22 „ | $CO_2$ | $SO_2$ |
| 717 | 4 odozgo | $\frac{Nm^3}{Nm^3\,Gas}$ | $\frac{Nm^3}{Nm^3\,gasa}$ |
| 717 | 25 odozdo | $\frac{Nm^3}{Nm^3\,Gas}$ | $\frac{Nm^3}{Nm^3\,gasa}$ |
| 723 | 11 odozgo | kg dm | kg/dm³ |

### Hütte I 2

| | | | |
|---|---|---|---|
| X | 14 odozdo | zvršno | završno |
| X | 25 „ | obeljka | odeljka |
| XIV | 13 odozgo | diletacija | dilatacija |
| XV | 19 „ | Ggađevinske | Građevinske |
| XV | 24 „ | Steadit | Steatit |
| XXI | 5 i 7 „ | l'Ingeniuer | l'Ingenieur |
| XXII | 13 „ | Ingeniure | Ingenieure |
| XXII | 23 „ | Standardizovanje | Standardizovane |
| XXII | 31 „ | $kg^+ =$ | $kg^+,\ g^+ =$ |
| XXII | 21 odozdo | milimikron $= 10^{-6}$ m | milimikron $= 10^{-9}$ m |
| XXIII | 17 odozgo | $= =$ identički jednako | $\equiv =$ identički jednako |
| XXIII | 16 „ | rpoporcionalno | proporcionalno |
| XXIII | 9 odozdo | gradijant | gradijent |
| XXIII | 3 „ | $(ab/cd =$ | $ab/cd =$ |
| 779 | 4 odozgo | $= \sigma_3 + \sigma_2 + \sigma_1)/3 :$ | $= (\sigma_3 + \sigma_2 + \sigma_1)/3 :$ |
| 780 | 8 odozdo | σ1 | $\sigma_1$ |
| 780 | 10 „ | međusobne | međusobno |
| 782 | 3 „ | utjecaja | uticaja |
| 784 | 12 „ | kod | kad |
| 784 | 21 „ | Karateri- | Karakteri- |

| Str. | red | stoji | treba |
|---|---|---|---|
| 785 | 1 odozgo | Hipoteza | Hipoteze |
| 785 | 13 odozgo | i taj | I taj |
| 790 | 2 „ | Drugi | Dugi |
| 794 | 4 „ | Čelična | Čeličasta |
| 797 | 15 odozdo | savianju | savijanju |
| 799 | 15 „ | $dy^2\,dx^2$ | $d^2y/dx^2$ |
| 810 | 7 „ | nja | njem |
| 812 | 2 „ | $M = \frac{Pl}{2}\left(\frac{3}{4}\;\frac{x}{l}\right)$ | $M = \frac{Pl}{2}\left(\frac{3}{4} - \frac{x}{l}\right)$ |
| 813 | 3 „ | $f^2 = \frac{P}{EJ}\,\frac{(l+c)\,c^2}{3}$ | $f_2 = \frac{P}{EJ}\,\frac{(l+c)\,c^2}{3}$ |
| 873 | 16 odozgo | Koficijenti | Koeficijenti |
| 931 | 4—5 odozdo | za obradu | za obradu deformacijom |
| 932 | 20 odozdo | 925 | 1141 |
| 939 | 6 „ | nor- | nomi- |
| 962 | 15 „ | 3,1 — 3 | 3,1 — 3,2 |
| 980 | 18 „ | korozijüe | korozije |
| 996 | 16 „ | ljiu | liju |
| 1003 | 2 odozgo | Livenje | c) Livenje |
| 1023 | 2 „ | l movi | limovi |
| 1042 | 11 „ | Obrazloženje | Obeležavanje |
| 1074 | 13 odozdo | 0.0001 mm | 0,0001 mm |
| 1078 | 14 odozgo | - wolframit | - volframit |
| 1081 | 20 „ | fronolit | fonolit |
| 1081 | 20 „ | decit | dacit |
| 1088 | 4 „ | rsta | Vrsta |
| 1121 | 19 „ | opalno | opalesentno |
| 1133 | 12 odozdo | $\sigma_{\perp}$ | $\sigma_{\parallel}$ |
| 1134 | 24 „ | Modrenje | Modrilo |
| 1134 | 14 „ | čisto | često |
| 1135 | 28 odozgo | osmozni | osmoziski |
| 1137 | 30 „ | Mineralizirano | Metalizirano |
| 1150 | 8 odozdo | Teškačke | Veštačke |
| 1150 | 8 „ | analin | anilin |
| 1155 | 4 odozgo | hohvot | hohvolt |
| 1161 | 7 odozdo | izrado | izradio |
| 1163 | 12 odozgo | atracitni | antracitni |
| 1171 | 16 odozdo | Otpornost | Otrovnost |
| 1175 | 29 „ | zgrušnjavanje | zgušnjavanje |
| 1175 | 16 „ | centripoise | centipoise |
| 1176 | 9 odozgo | viskznosti | viskoznosti |
| 1180 | 24 „ | belilo | belo |
| 1181 | 2 „ | vožđa | gvožđa |
| 1191 | 10 „ | opnaka | oznaka |
| 1195 | 25 odozdo | Sintetična | Sintetička |
| 1233 | 19 „ | 970 | 971 |
| 1272 | 28 odozgo | Prerađene norme | Prerađeni standardi |
| 1468 | Tabl. 57 b | engl. tona/palac | engl. tona/kvadr. palac |