








1. Vrste crta

Svaki crtež na tehničkom crtežu prikazan je različitim vrstama i širinama linija kako bi bio jasan i pregledan. Vrste, kao i širine linija, propisane su standardom:

Naziv crte	Oblik crte	Primjena
puna široka		vidljivi bridovi i konture objekata, završetak navoja i sl.
puna tanka		kotne i pomoćne kotne linije, šrafure, pokazne linije i sl.
isprekidana		nevidljivi bridovi i konture i bridovi zaklonjeni prozirnim materijalom i sl.
crta- točka- crta široka		tok zamišljenog presjeka i oznake dužine pri površinskoj obradi i sl.
crta- točka- crta tanka		glavna i pomoćna simetrala, dodaci obrade, dodatak na obradbu i sl.
slobodnom rukom		prijelom i prekid metala, kamena, izolacijskih materijala i sl.
crta- dvije točke- crta tanka		konture susjednih dijelova

Zbog bolje preglednosti crteža i zahtjeva za izradu mikrofilmova sve vrste linija na jednom crtežu crtaju se u tri stupnja širine. To ovisi o veličini formata papira i mjerila u kojem se crta. Zbog toga su određene slijedeće širine linija:

Naziv linije	Linijske skupine					
puna široka	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4
puna tanka	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7
isprekidana	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0
crta- točka- crta široka	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4
crta- točka- crta tanka	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7
slobodnom rukom	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7
crta- dvije točke- crta tanka	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7

Omjer između debele i tanke crte nikad ne bi smio biti manji od 2:1.

Minimalni razmak između paralelnih crta, uključujući i šrafuru, ne bi smio biti manji od 0,7 mm.

2. Vrste i formati papira

Za crtanje tehničkih crteža upotrebljava se meki bijeli papir, tvrdi bijeli papir (hamer), te prozirni papir (paus).

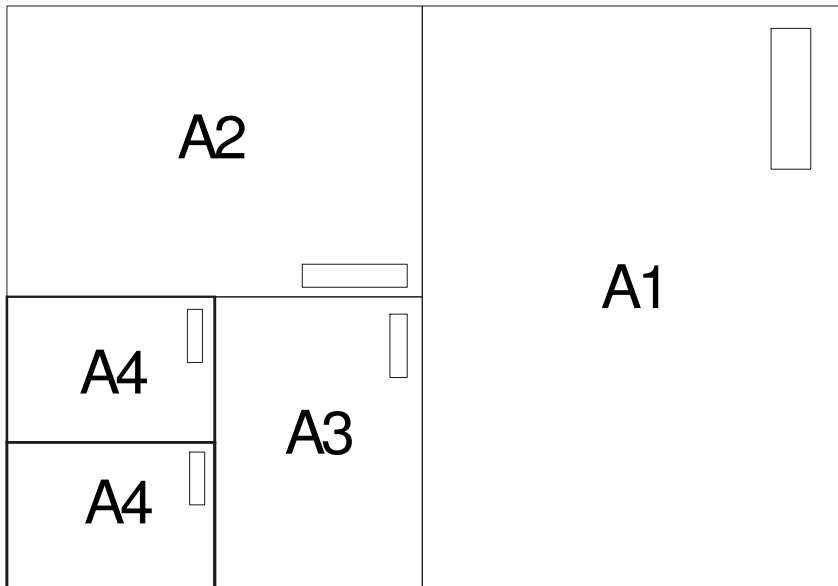
Za crtanje olovkom ili tušem papir mora biti gladak i tvrd, a izvučene crte moraju biti jednolične širine i oštih rubova. Ako je crtež potrebno umnožiti, original se najprije crta olovkom na hamer- papiru, a zatim se crta tušem na prozirnom paus- papiru. Obje vrste papira osjetljive su na svjetlost i preveliku ili premalu vlažnost, pa treba voditi računa o mjestu gdje ga čuvamo. Naime, dugotrajnim djelovanjem svjetla hamer- papir potamni, dok paus- papir se smežura na prevelikoj vlazi, a na premaloj vlazi postane krut i lomljiv.

Veličina papira je propisana standardima, tako da postoje gotovi i sirovi (potrebno ih je obrezivati do gotovog formata) formati papira za crtanje (A, B, C i D reda).

Formati papira A- reda primjenjuju se za sve tehničke crteže, za tiskane skice s kotama, tiskane crteže, listove standarda i razne obrasce. Mogu se upotrebljavati uzdužno ili poprečno. Za crtanje dugačkih objekata dopušta se upotreba produženog formata sastavljenog od jednakih ili susjednih formata.

Osnovna karakteristike formata A- reda su slijedeće:

- kraća prema dužoj stranici odnosi se kao $1 : \sqrt{2}$,
- dijeljenjem po dužoj stranici dobivamo 2 formata A- reda niže vrste.



$$A0 = 1 \text{ m}^2$$

Normalan položaj sastavnice uvijek je donji desni kut crteža. Veličine papira formata A - reda su:

A0	1189 × 841 mm
A1	841 × 594 mm
A2	594 × 420 mm
A3	420 × 297 mm
A4	297 × 210 mm
A5	210 × 148 mm
A6	148 × 105 mm

Pri radu s velikim formatima papira važno je znati da je dozvoljeno presavijati samo kopije crteža, tj. samo prozirni paus- papir, dok se original ne smije presavijati. Kopija se presavija uvijek na format A4 i to tako da ima sastavnicu okrenutu prema gore tako da se ona uvijek može vidjeti bez obzira na to što je crtež presavijen. Bušeni dio mora imati lijevo, da bi se crtež mogao rasklopiti i složiti bez vađenja iz mehanizma.

3. Okvir i zaglavlje crteža

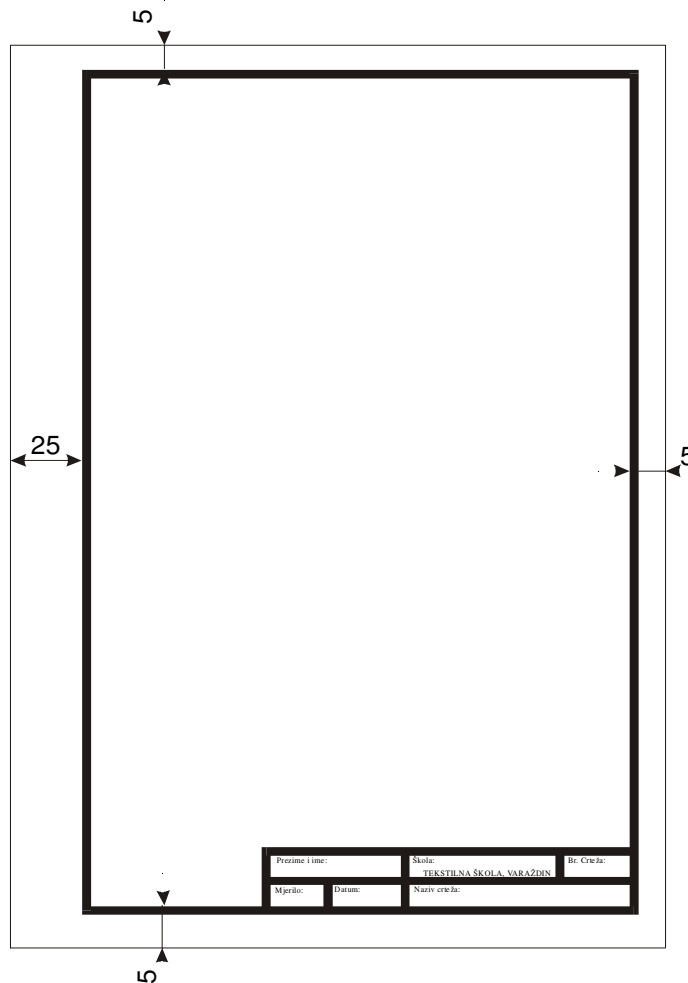
Zaglavlje je omeđeno mjesto na crtežu u koje se upisuju podaci o podrijetlu i uporabi predmeta. Sastoji se od osnovnog dijela i, prema potrebi, dodatnih polja za dopunske podatke.

Sastavnica je popis sviju predmeta, odnosno sklopova, dijelova i materijala potrebnih za sastavljanje ili izradbu jedinice prikazane crtežom. Ona može biti na crtežu ili odvojena. Ukoliko je na crtežu, može se dodati zaglavlju, a ako je odvojeni dokument (na formatu A4), označava se istom oznakom kao i osnovni crtež. Sastavnica na crtežu popunjava se odozdo prema gore, a samostalna sastavnica odozgo prema dolje.

Primjer zaglavlja:



Okvir i zaglavlje na formatu papira A4



4. Kotiranje

Kotirati crtež znači unijeti sve izmjere i znakove prema kojima će se izraditi nacrtani predmet.

Elementi kote su:

- mjernica,
- strelica,
- pomoćna mjerna crta,
- mjera (mjerni broj, kotni broj) s eventualnim oznakama (promjer, polumjer, kvadrat, tolerancija, stupanj, navoj).

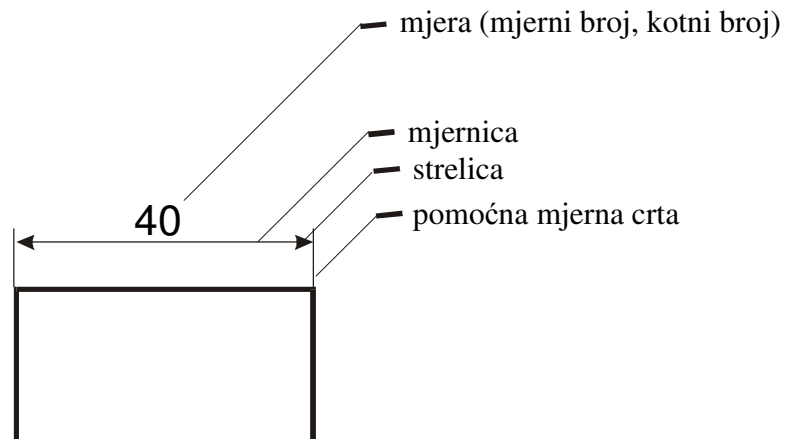
Sve izmjere su u milimetrima i bilježe se iznad u sredini mjernica tako da se čitaju odozgo i s desna.

Mjerni broj je stvarna mjera predmeta bez obzira na mjerilo.

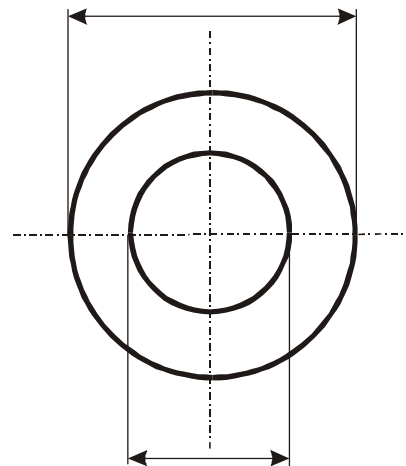
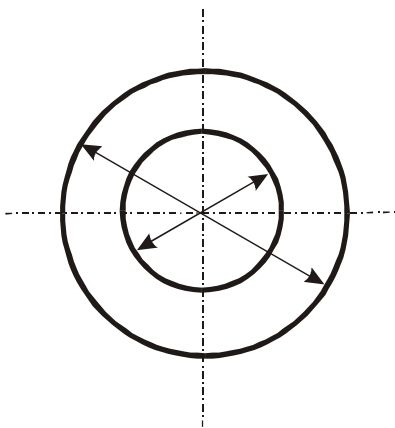
Mjernice su usporedne crte s mjernim bridom i crtaju se redovito izvan slike 6 do 8 mm.

Pomoćne mjerne crte okomite su na bridove i prelaze mjernicu 1 do 2 mm.

Oznake promjera i kvadrata stavljaju se ispred mjere.



Kotiranje kružnice

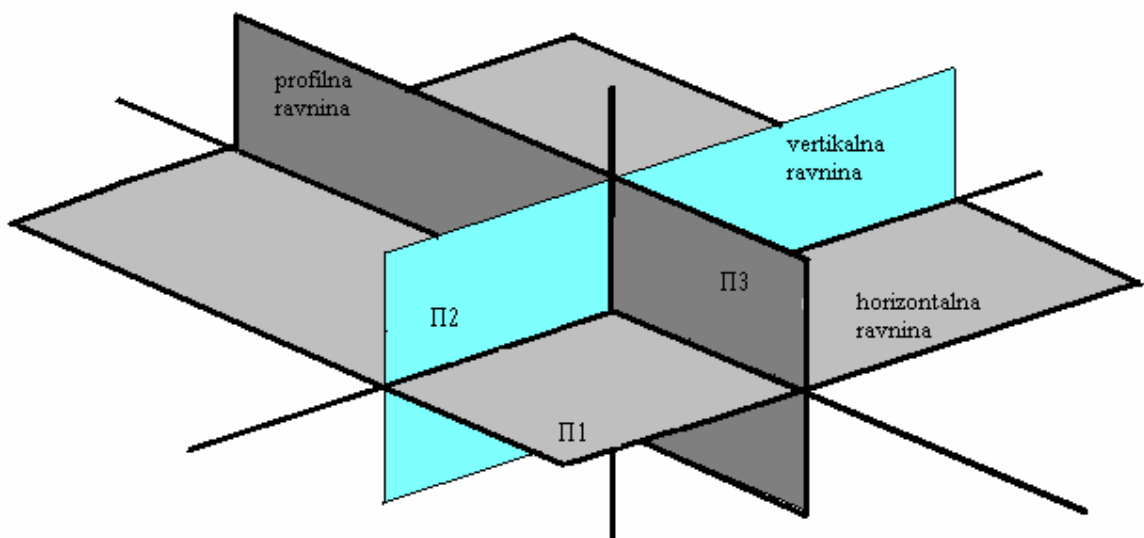


5. Ortogonalno projiciranje

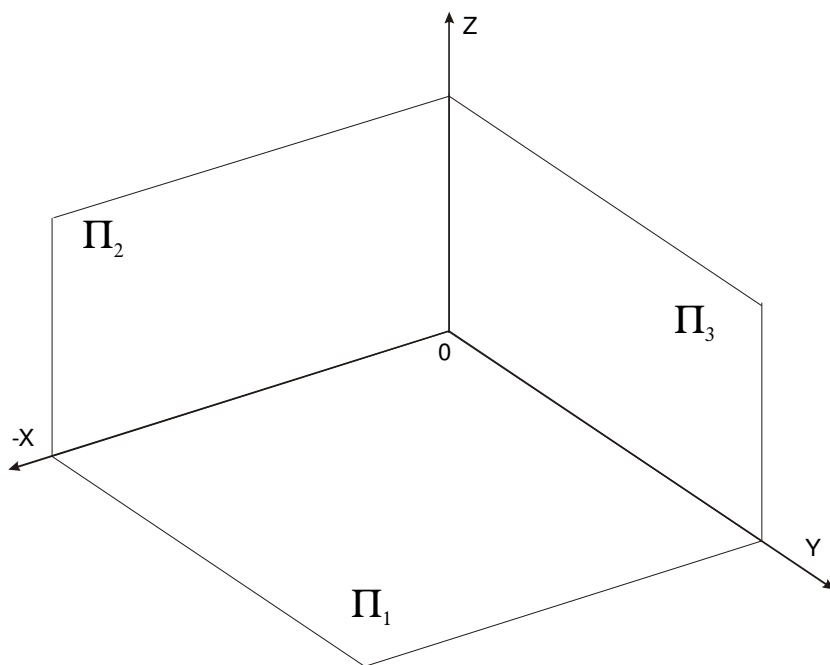
U tehničkom crtanju predmeti se prikazuju tako da bez naročitog napora možemo utvrditi sve njihove dimenzije. Zbog toga se predmet najčešće prikazuje u tlocrtu (osnova, pogled odozgo ili prva projekcija), nacrtu (lice, pogled sprijeda ili druga projekcija) i bokocrtu (profil, pogled slijeva ili treća projekcija). Pri tom zamišljamo da se predmet nalazi u petom prostornom oktantu.

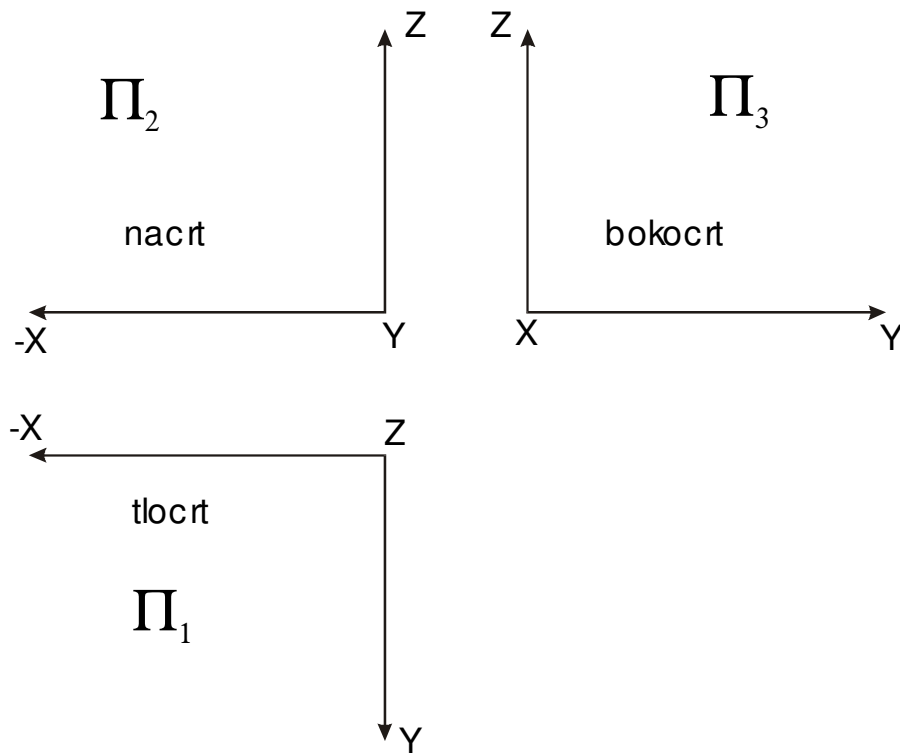
Neomeđene zamišljene ravnine projekcija ili slika dijele prostor na osam dijelova koji se zovu oktanti. Ravnine projekcija sijeku se u osima x, y, z koje idu ishodištem O i međusobno su okomite.

Na horizontalnoj ravnini π_1 (osnova 1 ili tlocrtna ravnina) crta se tlocrt (pogled odozgo), na okomitoj ravnini π_2 (osnova 2 ili nacrtna ravnina) crta se nacrt (pogled sprijeda) i na ravnini π_3 (osnova 3 ili bokocrtna ravnina) crta se bokocrt (pogled slijeva).

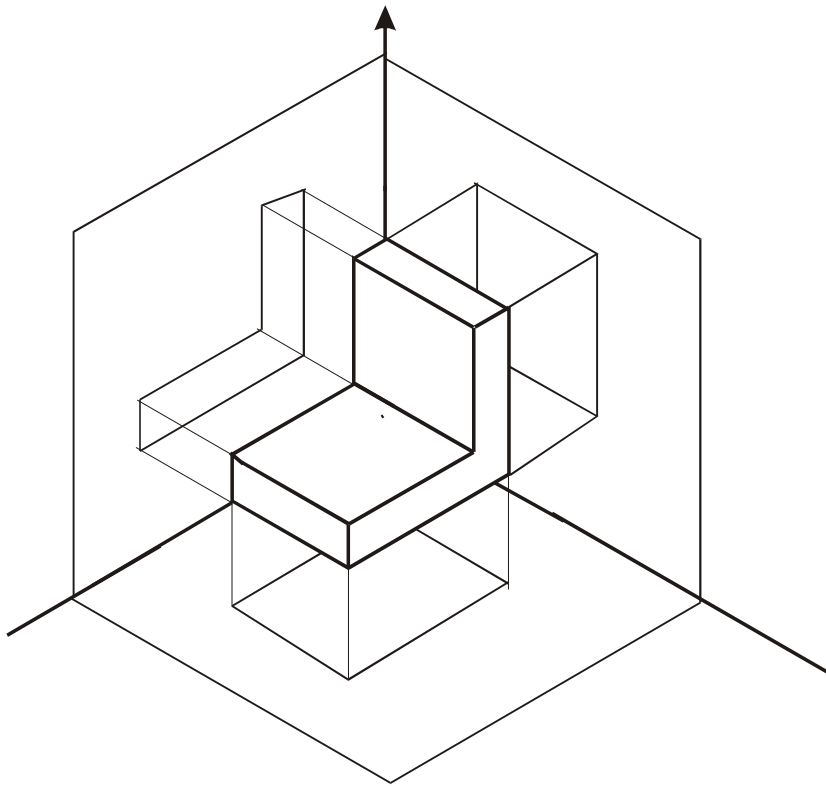


Na slijedećoj slici je istaknut 5. prostorni oktant s pravilnim rasporedom ravnina π_1 , π_2 i π_3 za prikazivanje, tj. crtanje objekata koje zamišljamo da se nalaze u 5. prostornom oktantu:





Prostorna predodžba objekta u petom prostornom oktantu i njegovih slika, tj. projekcija na ravnine π_1 , π_2 , π_3 iz koje se vidi međusobna povezanost objekta s projekcijama kao i projekcija među sobom:



6. Prostorno prikazivanje predmeta

Svaki predmet se može prikazati prostorno ili plošno. Prostorni prikaz daje zorniju sliku predmeta i gotovo se redovito primjenjuje kada je predmet složenijeg oblika.

Predmet može biti prikazan pomoću slijedećih prostornih projekcija:

- kosa projekcija,
- dimetrija,
- izometrija,
- perspektiva.

Koja će projekcija za prikazivanje nekog predmeta biti upotrijebljena visi o složenosti i obliku samog predmeta. Uvijek se bira ona projekcija koja će dati najzorniji prikaz predmeta.

Kosa projekcija

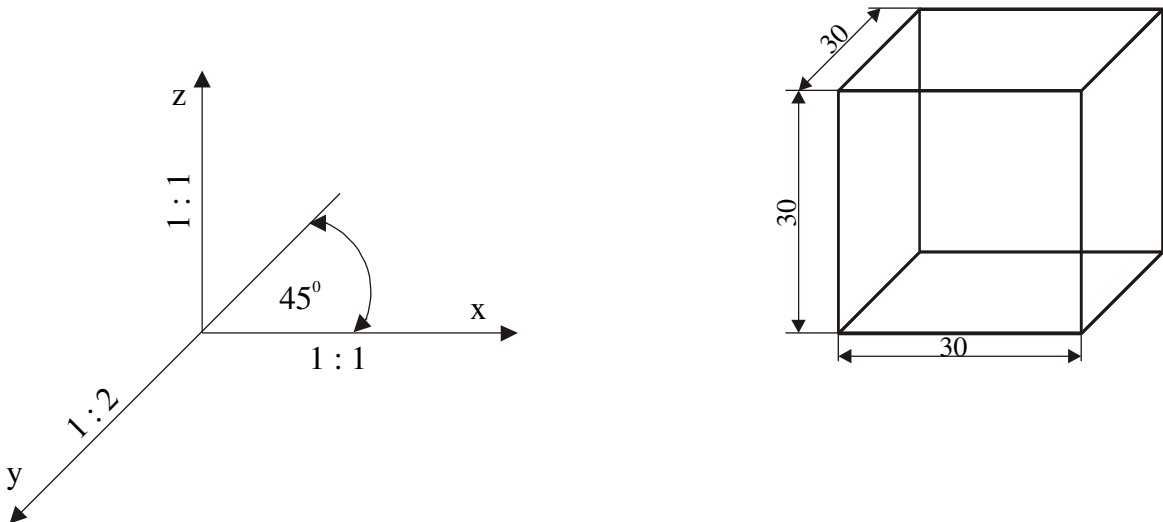
Dužina i visina tijela koje želimo prikazati u kosoj projekciji crtaju se u pravoj veličini, a širina predmeta crta se pod kutom od 45° i skraćena na polovicu.

Prikratu određene dimenzije tijela označavamo slovom n i izražavamo razlomkom. Tako u slučaju kose

projekcije prikrata iznosi $n = \frac{1}{2}$.

Vrlo rijetko se mogu susreti i crteži na kojima je u kosoj projekciji širina predmeta nacrtana pod kutom od 30° s prikratom $n = \frac{2}{3}$.

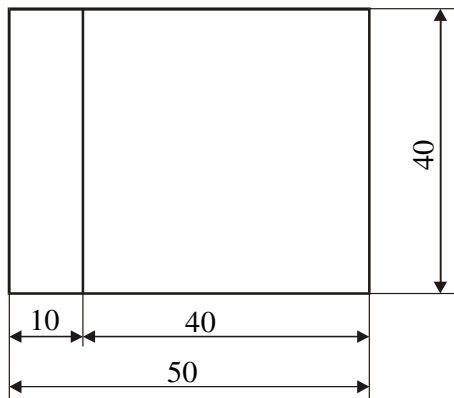
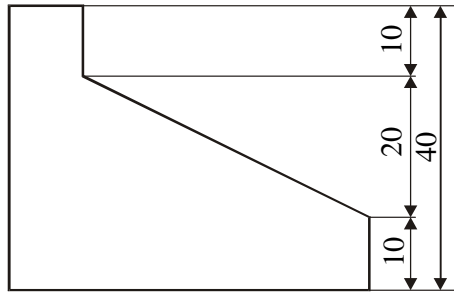
Kosa projekcija kocke



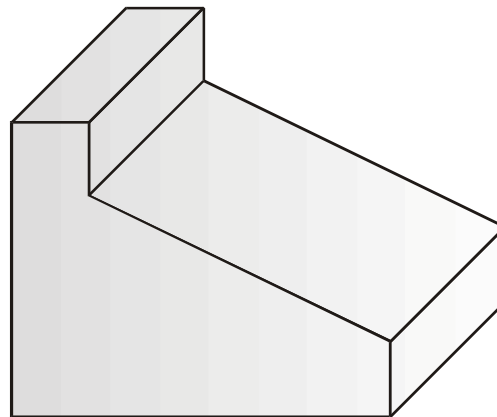
Iako smo prema pravilu o crtanju kose projekcije njenu širinu smanjili na polovicu (15 mm), kotirati treba njenu pravu širinu (30 mm) bez obzira na upotrijebljenu prikratu.

Zadatak:

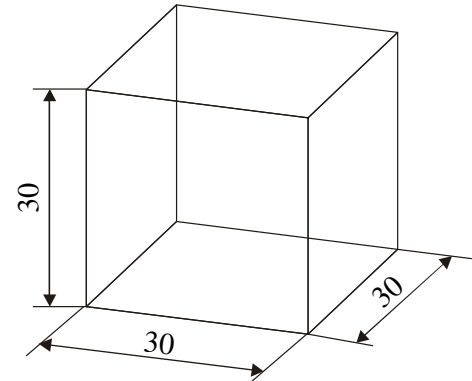
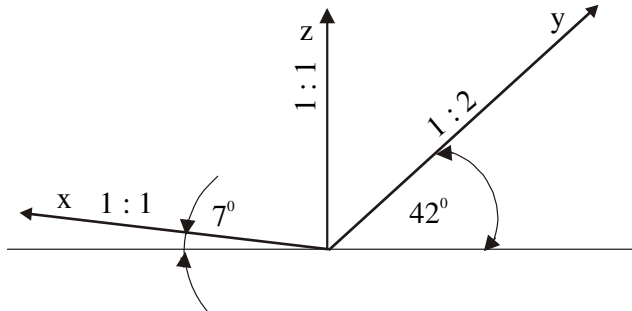
Pomoću nacрта i tlocrta slijedeće tijelo prikaži u kosoj projekciji u mjerilu 1 : 1.



Rješenje:



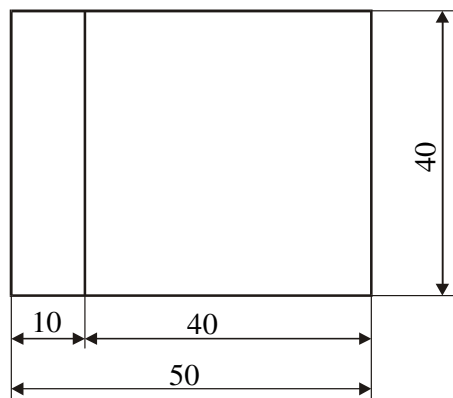
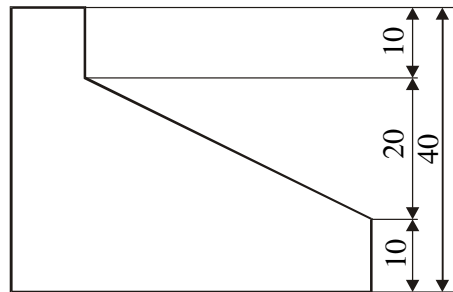
U ovoj projekciji dužina i visina se prikazuju u pravoj veličini, dok je širina skraćena na polovicu, tj. kažemo da prikružina iznosi $n = \frac{1}{2}$. Dužina se crta pod kutom od 7° prema horizontali, a širina pod kutom od 42° prema horizontali. Na slijedećoj slici prikazana je kocka duljine stranice 30 mm u dimetrijskoj projekciji.



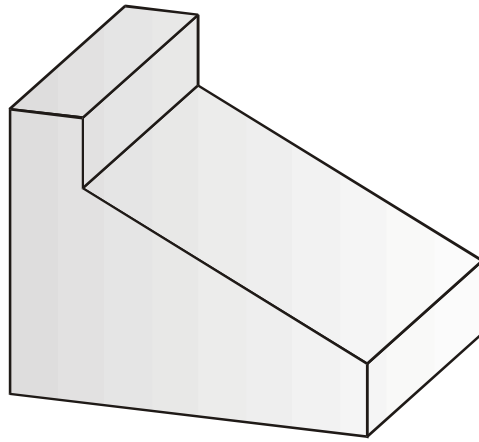
Predmet koji prikazujemo uvijek je potrebno postaviti tako da prednja strana (dužina koju crtamo pod kutom od 7°) bude složenijeg oblika kako bi se bolje istaknula i kako bi crtež bio razumljiviji. I ovdje je potrebno napomenuti da se pri kotiranju predmeta sve dimenzije upisuju s pravim vrijednostima bez obzira na prikružina širine predmeta.

Zadatak:

Pomoću nacрта i tlocrta slijedeće tijelo prikaži u dimetriji u mjerilu 1 : 1.

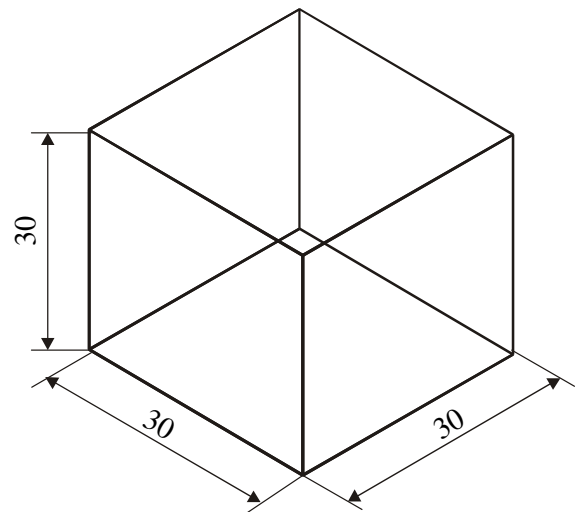
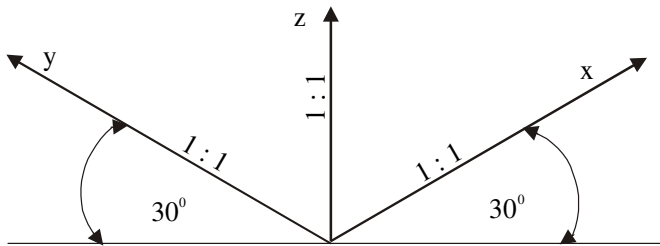


Rješenje zadatka:



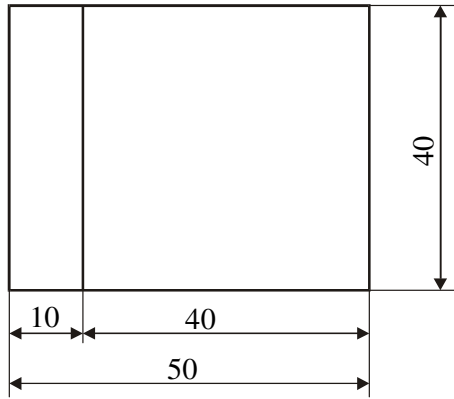
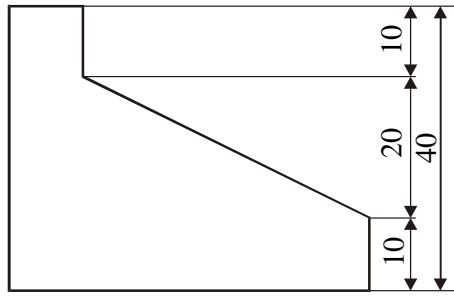
Izometrija

Izometrijska projekcija prikazuje tijelo u tri bitna pogleda. Nijedna od triju dimenzija tijela nije skraćena, pa ih je moguće kotirati. Dužina i širina predmeta crtaju se pod kutom 30° prema horizontali. Na slijedećoj slici prikazana je kocka duljine stranice 30 mm u izometriji.

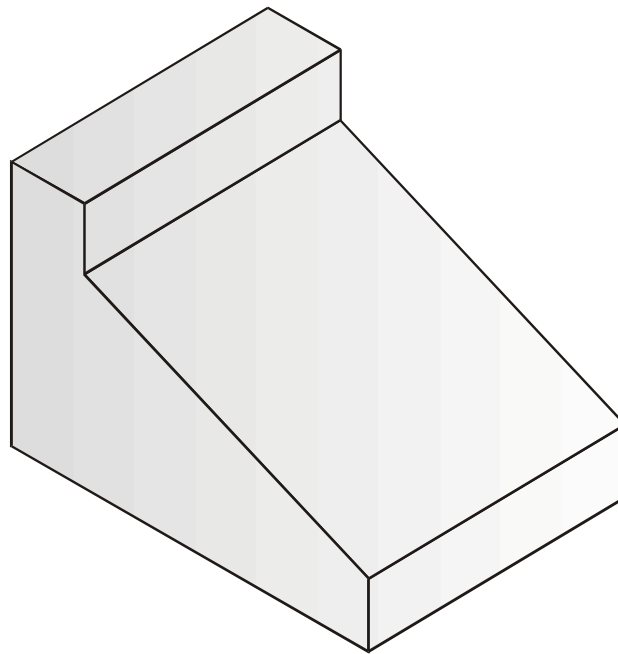


Zadatak:

Pomoću nacrtu i tlocrta slijedeće tijelo prikaži u dimetriji u mjerilu 1 : 1.



Rješenje zadatka:



8. Nerazdvojive veze

U nerazdvojive ubrajaju se spojevi dobiveni zavarivanjem, spojevi dobiveni lemljenjem, spojevi dobiveni lijepljenjem, spojevi dobiveni zakivanjem i stezni spojevi.

Zavarivanje

Zavarivanje je jedan od najvažnijih postupaka spajanja materijala. Njime se postiže:

- ušteda troškova za modele i alate,
- manji trošak nasuprot kovanim i lijevanim dijelovima,
- zavareni dio uz spretno oblikovanje može biti bez gubitka na čvrstoći i do 50% lakši,
- zbog jednostavnijeg oblika zavarene konstrukcije su bolje od onih dobivenih zakivanjem.

Zavarivanje je postupak spajanja dijelova varenjem.

Zavareni dio se sastoji od više pojedinačnih dijelova koji su međusobno zavareni.

Zavareni sklop se sastoji od više zavarenih dijelova koji su također međusobno zavareni.

Zavarivati se može sa ili bez dodatnog materijala.

Neki od važnijih i danas češće upotrebljavanih postupaka zavarivanja metala taljenjem su:

- plinsko zavarivanje,
- elektrootporno zavarivanje,
- elektrolučno zavarivanje,
- zavarivanje plazmom,
- zavarivanje elektronskim snopom,
- zavarivanje svjetlosnim snopom (laserom).

Kod plinskog zavarivanja dijelove koje želimo zavariti zagrijavamo plamenikom na tekući plin ili kisik. Nakon toga dijelovi se lokalno rastale i uslijed primijenjenog pritiska na oba zagrijana dijela zavare.

Elektrootporno zavarivanje može biti točkasto, bradavičasto ili šavno. Dijelovi koje treba zavariti se stavljaju u kliješta, te ujedno služe da bi kroz njih vrlo kratko potekla električna struja. Zbog pružanja otpora prolasku električne struje dijelovi se lokalno rastaljuju i na taj način međusobno zavaruju.

Kod elektrolučnog zavarivanja toplina se stvara električnim lukom koji gori kratkotrajno između elektrode i dijelova koje želimo zavariti. Na taj način dolazi do čeonog rastaljivanja dijelova koji se primjenom pritiska zavaruju.

Kod ultrazvučnog zavarivanja dijelovi se zavaruju toplinom proizvedenom pomoću mehaničkih titraja u strukturi materijala koje varimo nakon što su izloženi izvoru ultrazvuka.

Pri zavarivanju plazmom materijale rastaljujemo toplinskom energijom plazmenog toka. Plazma nastaje disocijacijom i ionizacijom plina.

Kod zavarivanja elektronskim snopom kinetička energija ubrzanih elektrona pri udaru o kovinu pretvara se u toplinu i na taj način tali materijal. Pod utjecajem pritiska rastaljeni dijelovi se zavaruju.

Pri zavarivanju svjetlosnim snopom, odnosno laserom, laserski snop svjetlosti usmjeruje se na mjesto zavarivanja. Na taj način proizvodi se visoka temperatura zbog koje se materijal lokalno tali i zavaruje. Laserski zavarivati se ne može bez prekida, već samo u točkama. Prednost laserskog načina zavarivanja je što se mogu zavarivati vrlo sitni predmeti.

Najvažniji metali koji se mogu zavarivati su čelici s do 0,3% ugljika.

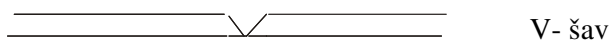
Nepovoljno pri zavarivanju čelika djeluju slijedeći elementi legiranja: silicij, mangan, sumpor i fosfor. Elementi legiranja koji su neutralni u pogledu zavarivanja, odnosno ne štete su: bakar, nikal, krom, molibden, i vanadij.

Najvažniji neželjezni materijali koji se mogu zavarivati su: bakar, mjed, bronca, cink i aluminij.

Također, i dijelovi od termo- plastičnih masa, tzv. obični i tvrdi PVC mogu se međusobno zavarivati. Postupci kojima se vrši njihovo zavarivanje su:

- vrućim plinom,
- grijačim tijelima (frikciono),
- kemijskim dodacima koji se spajaju.

Dva osnovna oblika šava pri zavarivanju su V- šav i X- šav. Standardima je točno propisan i način pripreme šava, kao i koji šav treba u određenom slučaju primijeniti.



Lemljenje

Lemljenje je postupak spajanja metalnih materijala pomoću rastaljenog dodatnog materijala, tj. lema, čija je točka taljenja niža od točke taljenja osnovnih materijala dijelova koje želimo spojiti.

Razlikujemo dvije vrste lemljenja:

- meko lemljenje (temperatura taljenja je niža od 450°C),
- tvrdo lemljenje (temperatura taljenja je viša od 450°C).

Površine koje se leme moraju obavezno biti glatke i čiste od oksida, masti i sl. Čišćenje spojnih mjesta obavlja se premazivanjem pastom ili otopinama soli. Osim toga, lemiti se može u atmosferi zaštitnih plinova (poput argona) koji sprečavaju ili barem reduciraju mogućnost oksidacije lemljenih površina.

U najznačajnije postupke lemljenja ubrajamo:

- plameno lemljenje,
- lemljenje pomoću lemila,
- lemljenje uranjanje u lemnu masu,
- lemljenje u peći,
- otporno lemljenje.

Za meko lemljenje teških metala poput željeza, bakra ili nikla upotrebljavaju se lemovi dobiveni slitinom olova i kositra, s različitim omjerima udjela olova odnosno kositra.

Za meko lemljenje lakih metala poput aluminija i raznih aluminijskih slitina upotrebljavaju se lemovi dobiveni slitinom kositra, cinka i kadmija.

Za tvrdo lemljenje teških metala koriste se srebrni lemovi, bakreni lemovi ili mjedeni lemovi. Za tvrdo lemljenje lakih metala koriste se aluminijski lemovi i aluminijsko-silicijski lemovi.

Lijepljenje

Lijepljenje je postupak međusobnog spajanja dijelova prijanjanjem uz pomoć lijepila. Lijepljeni spojevi upotrebljavaju se pri spajanju kovina i nekovina poput drveta, umjetnih tvari, gume, stakla, porculana i sl. Za spajanje kovine s kovinom lijepljenje dolazi u obzir samo u onim slučajevima gdje treba spriječiti gubitak svojstava kovina zbog termičke obrade ili kada su dijelovi koji se spajaju vrlo tanki. U strojarstvu posebnu važnost ima čvrsto lijepljenje kojim se ostvaruju nerastavljivi spojevi.

Čvrsta lijepila se izrađuju od umjetnih smola na bazi fenola, melamina, epoksida, poliestera i sl. Lijepila su obično u tekućem stanju, u obliku paste ili u čvrstom stanju kao folije.

Prema načinu otvrđivanja lijepila dijelimo na hladna i topla. Hladna lijepila otvrđuju na sobnoj temperaturi, dok topla lijepila otvrđuju na temperaturama između 80 i 200 °C. Toplim lijepljenjem ostvaruje se veća čvrstoća lijepljenog spoja, ali su troškovi takvog lijepljenja višestruko veći (peći za sušenje, sušione,...).

Lijepila se prema broju komponenata koje čine lijepilo dijele na jednokomponentna i dvokomponentna.

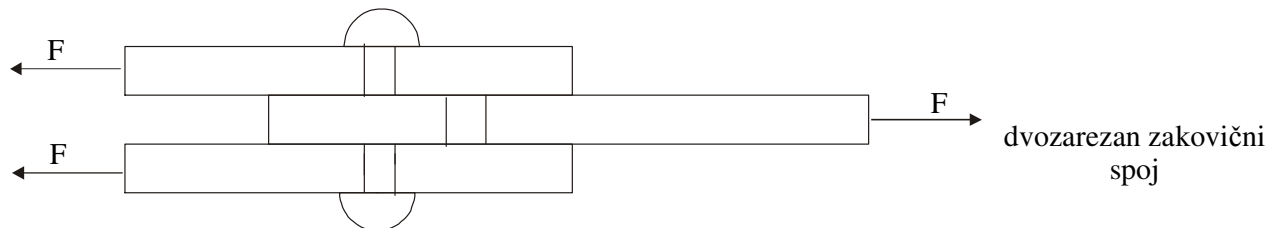
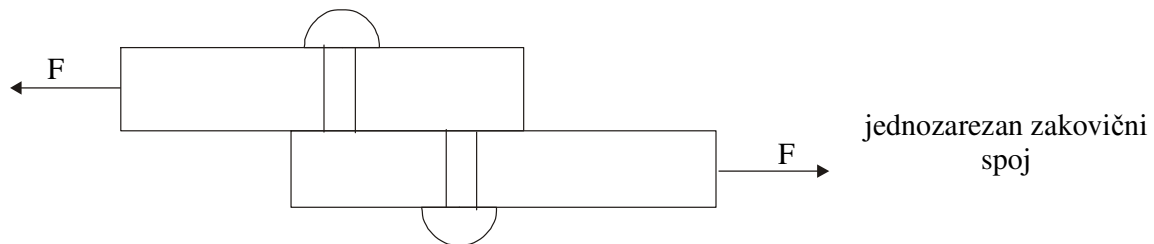
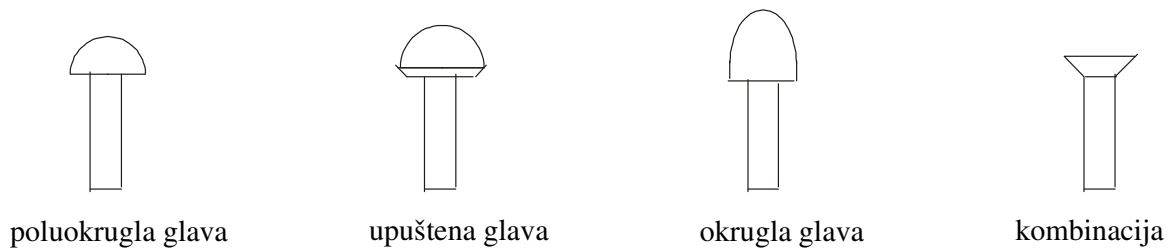
Površine koje se lijepe moraju biti čiste i odmašćene. Sloj lijepila mora biti što tanji, a idealno bi bilo kada bi mogao biti debljine jednake veličini jedne molekule. Čvrstoća lijepljenog spoja naglo opada s porastom debljine lijepljivog sloja. Najveća čvrstoća postiže se slojem debljine 0,1 do 0,3 mm. Ako je sloj lijepila debljine 1 mm čvrstoća opada čak za 60%. Porastom temperature čvrstoća lijepljenog spoja opada i to je više izraženo kod hladnih lijepila. Također, čvrstoća lijepljenog spoja se smanjuje tokom vremena, tj. starenjem i to maksimalno do 70% početne čvrstoće spoja. Zbog svega toga lijepljene spojeve je uvijek potrebno oblikovati tako da budu izloženi naprezanju na smik.

Najveću čvrstoću daju lijepljeni spojevi sastavljeni od aluminijskih dijelova, a iza njih slijede čelični, bakreni i mjedeni dijelovi.

Zakivanje

Zakovični spojevi čeličnih konstrukcija se danas pokušavaju što je moguće više izbjegavati zbog velike prednosti zavarenih spojeva. Zavareni dijelovi su lakši, jednostavnijeg su oblika, nisu oslabljeni rupama i zahtijevaju manje rada.

Oblici sirove zakovice

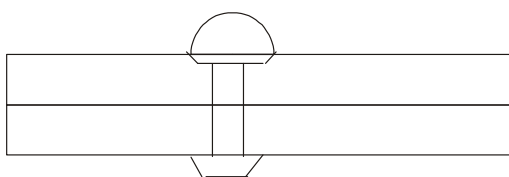


Zakovični spojevi se jedino češće upotrebljavaju pri spajanju lakih metala koje nije moguće zavarivati. Naime, kod njih zavarivanje djeluje nepovoljno na svojstva zavora, pa su zakovani spojevi sigurniji od zavarenih bez obzira na visoka zarezna naprezanja.

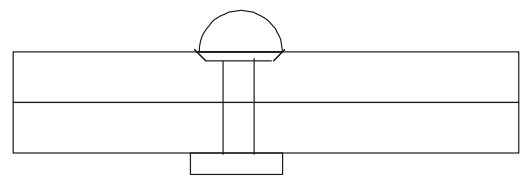
Prednosti zakovanih konstrukcija lakih metala pred čeličnim konstrukcijama su mala težina, približno jednaka čvrstoća i otpornost na koroziju.

Nedostaci zakovanih konstrukcija lakih metala u odnosu na čelične konstrukcije su visoka cijena i niži modul elastičnosti.

Oblici završne glave zakovičnog spoja



lončasta glava



plosnata glava

Posebno dvije važne skupine zakovica su slijepe zakovice i zakovice s eksplozivom.

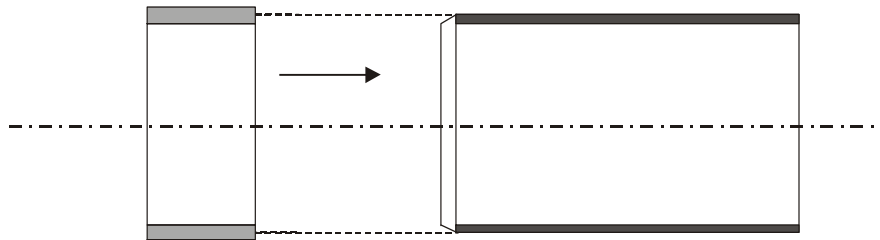
Slijepe zakovice omogućuju zakivanje i onih dijelova koji su pristupačni samo s jedne strane.

Zakovice s eksplozivom u struku sadrže eksploziv koji se pali kada se glava zakovice dodirne posebnim alatom. Tlak koji proizvede eksplozija proširuje struk zakovice i na taj način ostvaruje spoj. Najviše se upotrebljavaju u proizvodnji aviona.

Kada se upotrebljavaju zakovice koje su proizvedene od različitog materijala od osnovnog materijala kojeg zakivamo potrebno je voditi računa o elektrokoroziiji. Nju je moguće spriječiti premazivanjem zakovice raznim premazima koji mogu spriječiti elektrolitsko djelovanje spoja.

Stezni spojevi

Stezne spojeve dobivamo navlačenjem vanjskog obruča određenog unutarnjeg promjera na rukavac koji ima veći vanjski promjer. Steznim spojevima ostvaruju se sigurni spojevi koji mogu biti izloženi vibracijama i udarcima promjenljiva opterećenja. Na taj način najčešće se spajaju rotirajući dijelovi poput kotača, turbinskih rotora, rotora ventilatora i drugi razni dijelovi na vratilima i osovinama.



Navučeni stezni spojevi povezuju se tako da se vanjski dio skuplja ili unutarnji rasteže. Skupljanje materijala postiže se hlađenjem do temperatura od -190°C , dok se rastezanje postiže grijanjem materijala do temperatura od $+350^{\circ}\text{C}$.

Važno je istaknuti da je čvrstoća prvog spajanja najveća, dok sa svakim slijedećim spajanjem čvrstoća opada jer dolazi do zaglačavanja površina koje se nalaze u kontaktu.

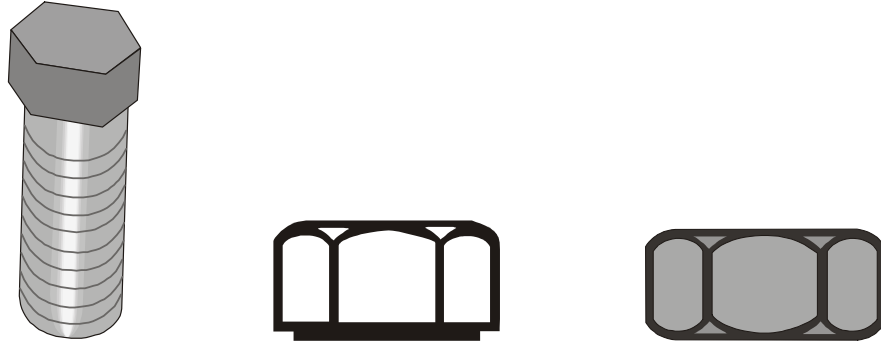
9. Razdvojive veze

U razdvojive veze ili spojeve ubrajamo:

- vijčane spojeve,
- spojeve klinovima i
- spojeve utorima.

Vijčani spojevi

Postoji vrlo mnogo standardiziranih vijaka i matica, no najčešće se upotrebljavaju vijci sa šesterokutnom glavom i maticom (ISO).



Osnovne vrste navoja koji se najčešće upotrebljavaju su metrički navoj, obli navoj, te Whitworth ili cijevni navoj.

Materijali vijaka i matica su čelici, raznih svojstava, čvrstoće i rastezanja. Nemetalni spojevi se zaštićuju organskim premazom, uranjanjem u rastaljeni metal, galvanskom prevlakom ili upotrebom nerđajućeg materijala. Pri izboru kvalitete vijka i pripadajuće matice uvijek je potrebno odabrati maticu koja je za jednu klasu niže kvalitete od kvalitete vijka tako da se uvijek prvo istroši matica, jer je trošak izmjene matice manji od troška izmjene vijka.

Da bi se izbjeglo povećanje potrebnog momenta pritezanja, ako je površina nalijeganja neravna kao kod lijevanih, kovanih i valjanih proizvoda, tada se pod glavu vijka i matice koji se pritežu stavlja podloška. Također, podloške se ulažu kada su površine nalijeganja mekše od vijaka ili kada su površine nalijeganja kose u odnosu na os pritezanja.

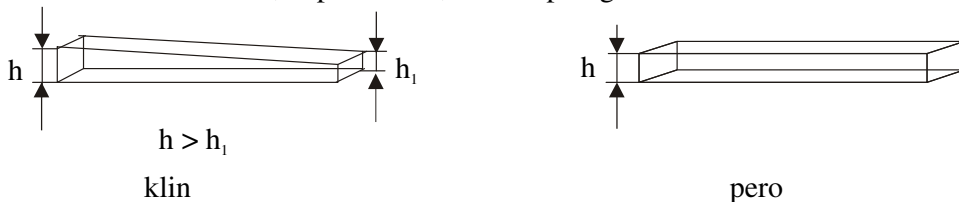
Pravilno pritegnuti vijci ne odvijaju se sami od sebe ni pri titrajnim ili udarnim pogonskim opterećenjima, jer je trenje u navojima i na površini nalijeganja glave dovoljno veliko (samokočno).

Kod prejakog pritezanja može doći u spoju do plastične deformacije koja se povećava u pogonu i dovodi do popuštanja prenaprezanja i labavljenja spoja. Za odvrtanje pravilno pritegnutog spoja treba ostvariti moment da bi se veza rastavila.

Do samorastavljanja dolazi samo ako se prenaprezanje zbog pojave sjedanja potpuno izgubilo.

Spojevi klinovima

Postoje klinovi s nagibom i klinovi bez nagiba koji se nazivaju i pera. Spoj uzdužnim klinom koristi se pri spajanju vratila s remenicama, zupčanicima, raznim polugama i sl.



Pero je klin bez nagiba i ulaže se u utor svojim bokovima i na taj način stvara čvrsti dosjed.

Klinovi također mogu biti tangencijalni i udubljeni.

Zatici služe za spajanje zupčanika i remenica sa vretenima, osovinama i sl., te su uvijek opterećeni na tlak.

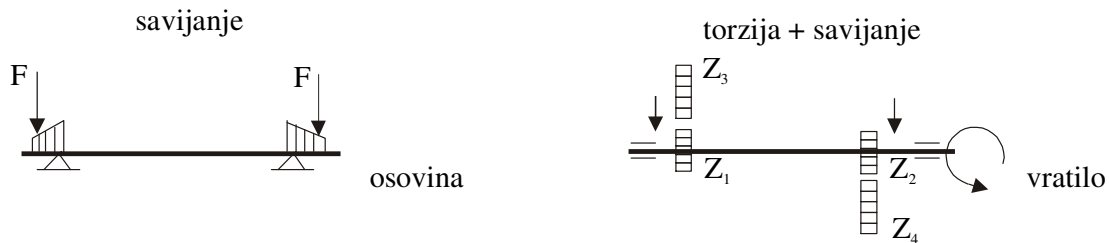
10. Svornjaci, osovine i vratila

Svornjaci su za razliku od zatika opterećeni na odrez, savijanje ili kombinirano.

Opruge služe za akumulaciju energije ili za ublažavanje udara. Postoje lisnate opruge koje se upotrebljavaju kao amortizeri na kamionima, zatim torzione opruge, tanjuraste opruge i cilindrične opruge.

Osovine su elementi koji služe za prijenos gibanja, dok su vratila elementi koji služe za prijenos momenta i gibanja.

Zbog toga je osovina opterećena samo na savijanje (jer se ne okreće s kotačem), dok je vratilo opterećeno i na savijanje i na torziju ili uvijanje, jer prenosi i moment.



Rukavci su dijelovi osovina i vratila na kojima se oni oslanjaju preko ležaja na konstrukciju. Razlikuju se radijalni i potporni rukavci.

Između svaka dva tijela koja su u međusobnom dodiru javlja se trenje. Trenje u strojarstvu dijelimo na:

- suho trenje,
- mješovito trenje i
- tekuće trenje.

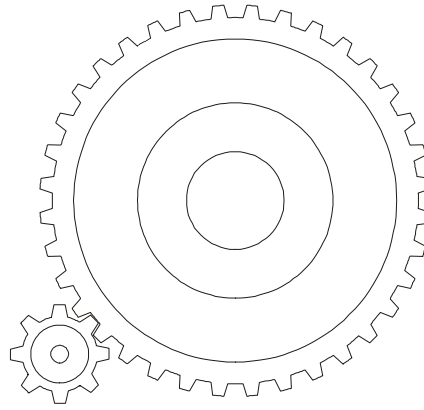
Trenje koje nastaje između dijelova ili elemenata u dodiru između kojih nema maziva nazivamo suho trenje. Ono je najnepovoljnije, jer na taj način dobivamo najveći mogući koeficijent trenja koji je uzrok zagrijavanju, povećanoj potrošnji energije, te brzom trošenju dijelova koji su u dodiru. Zbog toga se upotrebljava samo u kočnicama, gdje je upravo i potrebno neki dio u pokretu zaustaviti u vrlo kratkom vremenu.

Mješovito trenje je ustvari kombinacija suhog i tekućeg trenja. Nastaje kada se između dijelova rotirajućeg i mirujućeg tijela mjestimično nalazi sloj maziva, a mjestimično su u suhom dodiru.

Trenje je tekuće ako se između dijelova pokretnog i nepokretnog tijela u potpunosti nalazi sloj maziva odnosno ulja. Ono daje najmanji koeficijent trenja, pa je i potrošnja energije i dijelova u dodiru najmanja. Kao maziva mogu poslužiti masti i mineralna ulja životinjskog ili bilo kojeg drugog porijekla. Ujedno tekućim trenjem postiže se i hlađenje dijelova u dodiru, te sprečavanje oksidiranja i korozije.

11. Zupčani prigoni

Zupčanici prenose okretno gibanje s jednog vratila na drugo vezom oblika, tj. zahvatom zubi. Zupčanim prijenosnicima zbog toga nije potreban poseban prijenosni element poput remena ili lanca.



Postoje prijenosnici sa stalnim prijenosnim omjerom i prijenosnici s promjenljivim prijenosnim omjerom. Kao primjer prijenosnika sa stalnim prijenosnim omjerom možemo uzeti pogonski stroj, dok kao primjer prijenosnika sa promjenljivim prijenosnim omjerom možemo uzeti mjenjač brzina. Razdjelni prijenosnici su takvi prijenosnici koji služe za prijenos okretnog gibanja na više vratila.

Zupčanici se dijele prema vrsti i obliku zubaca na:

- zupčanike s ravnim zupcima,
- zupčanike s kosim zupcima i
- zupčanike sa strelastim zupcima.

Zupčanici s kosim zupcima bolje prijanjaju jedni uz druge, pa rade s manje šumova i tiše nego zupčanici s ravnim zupcima. Osim toga rad im je mirniji i mogu podnijeti veća opterećenja jer osim radijalne na sebe preuzimaju i aksijalnu silu.

Prijenosni omjer pokazuje odnos broja okretaja pogonskog i gonjenog zupčanika. Tako na primjer, prijenosni omjer 2 : 1 znači da se pogonski zupčanik okrene 2 puta dok se gonjeni zupčanik pri tome okrene 1 puta.

Formula pomoću koje se može izračunati broj okretaja bilo pogonskog ili gonjenog zupčanika uz zadani broj zubaca glasi:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}, \text{ gdje je:}$$

n_1 - broj okretaja pogonskog zupčanika,

n_2 - broj okretaja gonjenog zupčanika,

z_1 - broj zubaca pogonskog zupčanika,

z_2 - broj zubaca gonjenog zupčanika.

Primjer:

Izračunaj koliko zubaca mora imati gonjeni zupčanik kako bi se okrenuo 50 puta u minuti, ako se pogonski zupčanik sa 400 zubaca okrene 200 puta u minuti.

$$n_1 = 200 \text{ [okr/min]}$$

$$n_2 = 50 \text{ [okr/min]}$$

$$z_1 = 400 \text{ [zubaca]}$$

$$z_2 = ?$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \Rightarrow z_2 = z_1 \cdot \frac{n_1}{n_2}$$

$$z_2 = 400 \cdot \frac{200}{50}$$

$$z_2 = 1600 \text{ [zubaca]}$$

Zupčanici mogu biti izrađeni od različitih materijala što ovisi o tome kolikom silom će biti opterećeni, te u kakav stroj će biti ugrađeni. Tako se zupčanici izrađuju od lijevanog željeza, čelika, mjedi, tekstolita, raznih plastičnih masa itd.

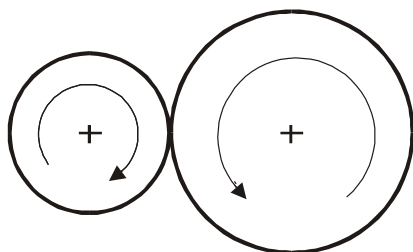
Zupci zupčanika koji su jako opterećeni moraju biti posebno otvrdnuti kako bi im se što je moguće više smanjilo trošenje. Postupak otvrdnjavanja površine zubaca naziva se cementiranje. To je postupak u kojem se površina čelika dodatno legira ugljikom.

Ako je razlika u promjerima između malog i velikog zupčanika velika, tada se redovito mali zupčanik mora izraditi od boljeg materijala.

Za smanjivanje trenja između zubaca, a time i njihova trošenja, zagrijavanja i buke koju pri radu proizvode, zupčanike je potrebno podmazivati strojnim uljem.

12. Tarni prigoni

Kod tarnog prijenosa vrtnja s pogonske tarenice na gonjenu tarenicu postiže se trenjem. Tarnim prijenosom je moguće promijeniti broj okretaja i smjer vrtnje, a istovremeno se može postići i jedno i drugo.



Kako se tarenice međusobno ne klišu, to znači da njihovi opsezi moraju opisati jednake putove. Koliko je puta promjer jedne tarenice manji od druge, toliko se puta ta tarenica brže okreće. Matematički se to može zapisati slijedećom formulom:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}, \text{ gdje je:}$$

n_1 - broj okretaja pogonske tarenice,

n_2 - broj okretaja gonjene tarenice,

d_1 - promjer pogonske tarenice,

d_2 - promjer gonjene tarenice.

Primjer:

Pogonska tarenica čiji je promjer 150 mm učini 450 okretaja u minuti. Izračunaj broj okretaja gonjene tarenice ako je njezin promjer 50 mm.

$$n_1 = 450 \text{ [okr/min]}$$

$$d_1 = 150 \text{ [mm]}$$

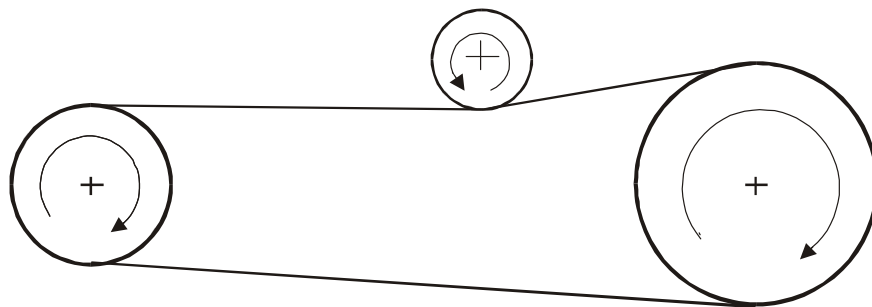
$$d_2 = 50 \text{ [mm]}$$

$$n_2 = ?$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow n_2 = n_1 \cdot \frac{d_1}{d_2}$$
$$n_2 = 450 \cdot \frac{150}{50}$$
$$n_2 = 1350 \text{ [okr/min]}$$

13. Remenski prigoni

I kod ove vrste prijenosa snage koristi se trenje između remena i remenica. Kada je trenje između remena i remenice premalo za prijenos snage, remen kliže po remenici. Trenje se može povećati pravilnim napinjanjem remena bilo pomoću zateznih remenica ili pak povećavanjem razmaka između remenica.



Remen koji povezuje remenice može biti plosnati, klinasti ili zupčasti. Plosnati remeni izrađuju se od kože ili gume. Za prenošenje velikih snaga potrebni su široki remeni i velike remenice koje zauzimaju puno prostora. Zbog toga se vrlo često upotrebljavaju klinasti remeni. Klinasti remen se izrađuje od gume protkane platnom. Kada se presiječe ima oblik klina, pa se zbog toga i naziva klinasti remen.



Uz istu silu klinasti remen može prenijeti trostruko veći okretni moment i može raditi s manjim obuhvatnim kutom i to gotovo bez proklizavanja. Klinasti remen radi mirnije i tiše, može prenijeti veće snage, zauzima manje prostora i nije potrebna velika napetost remena.

Zupčasti remen može biti nazubljen s jedne ili s obje strane. Primjenjuju se svugdje tamo gdje je potrebna visoka sigurnost prijenosa i gdje nije dozvoljeno proklizavanje.

Ako između remena i remenica nema proklizavanja, tada i njihovi opsezi moraju opisati jednake putove. Koliko je puta promjer jedne remenice manji od druge, toliko se puta ta remenica brže okreće. Matematički se to može zapisati slijedećom formulom:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}, \text{ gdje je:}$$

n_1 - broj okretaja pogonske remenice,

n_2 - broj okretaja gonjene remenice,

d_1 - promjer pogonske remenice,

d_2 - promjer gonjene remenice.

Primjer:

Pogonska remenica čiji je promjer 300 mm učini 90 okretaja u minuti. Izračunaj promjer pogonske remenice ako ona mora učiniti 200 okretaja u minuti.

$$n_1 = 90 \text{ [okr/min]}$$

$$d_1 = 300 \text{ [mm]}$$

$$n_2 = 200 \text{ [okr/min]}$$

$$d_2 = ?$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow d_2 = d_1 \cdot \frac{n_1}{n_2}$$

$$d_2 = 300 \cdot \frac{90}{200}$$

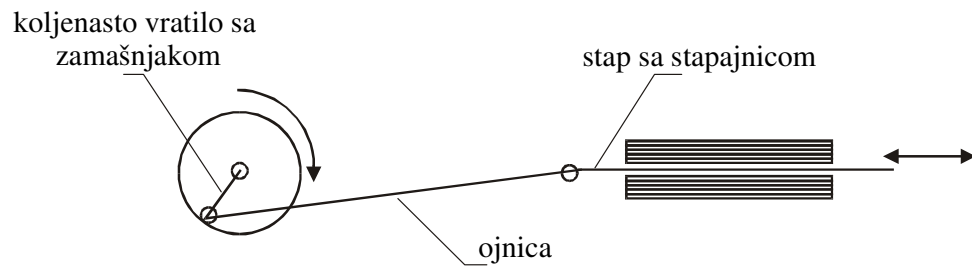
$$d_2 = 135 \text{ [mm]}$$

Remenskim prijenosom se osim prijenosa okretanja, tj. momenta i snage, može promijeniti i broj okretaja, smjer vrtnje ili i jedno i drugo istovremeno.

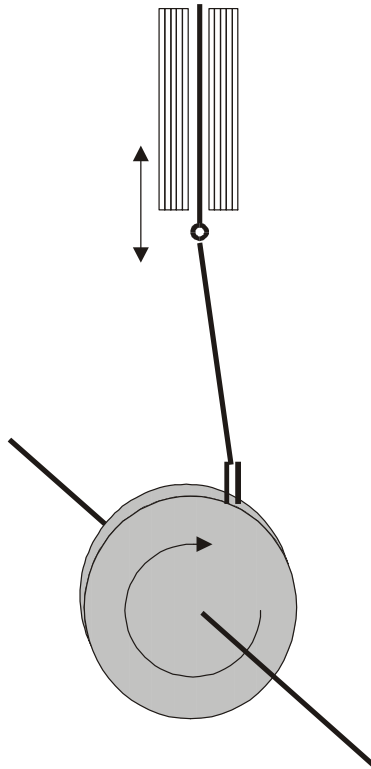
14. Krivuljni i polužni prigoni

Elementi koji pretvaraju kružno gibanje u pravocrtno i obrnuto, te elementi koji kružno gibanje pretvaraju u gibanje po nekoj krivulji nazivaju se strojni mehanizmi.

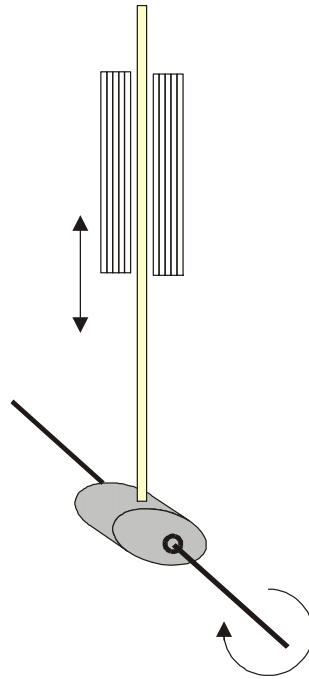
Jedan od najjednostavnijih i najstarijih mehanizama je stapni mehanizam. On služi za pretvaranje pravocrtnog gibanja (lijevo - desno) u kružno gibanje, a po prvi put se upotrebljava kod parnih strojeva, odnosno parnih lokomotiva. Sastoji se od stapa sa stapajnicom, ojnice i koljenastog vratila sa zamašnjakom.



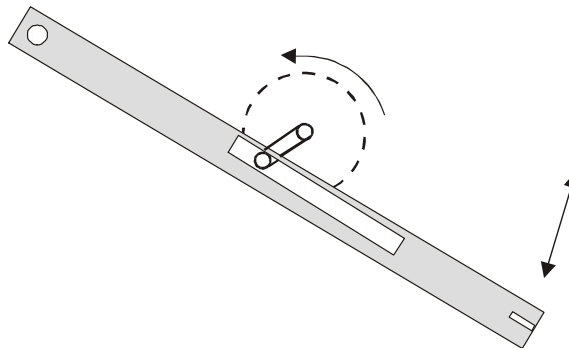
Najčešće upotrebljavani mehanizam koji kružno gibanje pretvara u pravocrtno je ekscentar. Po konstrukciji ovaj je mehanizam vrlo sličan stapnom mehanizmu, ali ima potpuno suprotnu zadaću.



Slijedeći vrlo često upotrebljavan mehanizam je mehanizam bregastog vratila. Primjenjuje se kod motora s unutrašnjim sagorijevanjem za podizanje i spuštanje ventila. Naime, brijeg na vratilu podiže ventil čime se ventil otvara, a zatim ga opruga vraća natrag u početni položaj čime se ventil ponovno zatvara. Ventil se giba samo dok ga brijeg podiže i opruga vraća.



I kulisni mehanizam također služi za pretvaranje kružnog gibanja u pravocrtno. Osim toga pomoću ovih mehanizama može se mijenjati hod.



Zglobno - polužni mehanizam sastavljen je od štapova koji su međusobno spojeni pokretnim zglobovima. Služi za prenošenje i istovremeno i za pretvaranje gibanja. Obično se upotrebljavaju kombinirani s nekim drugim mehanizmom. Jedna od vrlo česte primjene je kod automobilskih brisača automobila gdje je potrebno kružno gibanje rotora elektromotora pretvoriti u gibanje lijevo - desno.

