



UNIVERZITET U NIŠU
FAKULTET ZAŠTITE NA RADU U NIŠU



OSNOVI MAŠINSTVA

- PREZENTACIJA BR. 16 -

Dr Darko Mihajlov, vanr. prof.

SADRŽAJ PREZENTACIJE

- Definicija i klasifikacija mašinskih elemenata;

ELEMENTI ZA VEZU

- **Nerazdvojni spojevi:**

- Zakovani spojevi;
- Zavareni spojevi;
- Zakovani spojevi;



- **Razdvojni spojevi:**

- Navojni spojevi;
- Spojevi klinovima;
- Elastični spojevi (opruge).



Mašinski elementi su opšte stručna disciplina čiji je cilj izučavanje osnovnih komponenata mašina koje ulaze u sastav većine ili svih mašinskih sistema odnosno konstrukcija. Poznavanje mašinskih elemenata treba da omogući konstruisanje, izbor i komponovanje ovih elemenata u složene strukture mašina različitih namena. Inženjer treba da se upozna sa kinematikom i osnovnim elementima proračuna mašinskih elemenata, kako bi sagledao princip rada i izvršio pravilan izbor mašinskih sistema koji se koriste u industrijskoj praksi.

Komponente mašinskih sistema se izučavaju sa gledišta njihove funkcije, namene, odnosno oblasti primene. Proračun koji se zasniva na analizi radnih i kritičnih stanja (napona), stepena sigurnosti i krutosti, izvodi se sa ciljem da se sagledaju postupci za izbor standardnih delova (komponenata), kao i za konstruisanje nestandardnih delova.

Sama mašina se sastoji iz većeg broja funkcionalno povezanih delova. Onaj deo koji se ne može više rastavljati naziva se *osnovni mašinski deo* ili **mašinski deo**. Više tako funkcionalno povezanih delova čine **mašinski sklop**. Više funkcionalno povezanih mašinskih sklopova i delova čine **mašinsku grupu**. Više funkcionalno povezanih mašinskih grupa, sklopova i delova čine **mašinu**.

Mašinski element je mašinski deo, mašinski podsklop ili mašinski sklop koji izvršava elementarnu funkciju na mašini ili u konstrukciji.

Na slici je šematski je prikazana hijerarhija delova u mašini.



Mašinski elementi se dele na **opšte** i **posebne** mašinske elemente.

Opšti mašinski elementi se koriste na svim mašinama ili na većini mašina, dok se posebni ugrađuju samo u nekim mašinama (uređajima). Tako, na primer, vijak i navrtka (navojni spoj) spada u opšte mašinske elemente, dok se klipni mehanizam koristi samo kod klipnih mašina pa spada u posebne mašinske elemente. Međutim, treba imati u vidu da je broj elementarnih funkcija u mašinama znatno veći od broja mašinskih elemenata. Zato se u nedostatku odgovarajućih mašinskih elemenata razvijaju specifični izvršioci date elementarne funkcije. Taj novi izvršilac elementarne funkcije postaje novi mašinski element ako se ponavlja na drugim mašinama u toj užoj ili široj oblasti mašinstva.

Opšti mašinski elementi se dele na:

1. Elemente za vezu (spajanje):

- a) nerazdvojni spojevi: zakovani spojevi, zavareni spojevi, zalemljeni spojevi, presovani spojevi;
- b) razdvojni spojevi: navojni spojevi, spojevi klinovima, elastični spojevi (opruge);

2. Elemente za prenos snage: frikcioni prenosnici, kaišni prenosnici, zupčani parovi, lančani prenosnici, užetni prenosnici.

3. Elemente za obrtno kretanje: osovine i vratila, ležaji: klizni i kotrljajni, spojnice.

4. Elemente za prenos tečnosti i gasova: sudovi pod pritiskom, cevne armature, ventili, razvodnici.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: **Zakovani spojevi**



Zakovani spojevi na železničkom mostu

Autor: Manfred Wassmann, alias BerlinSight - Sopstveno delo, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18858020>

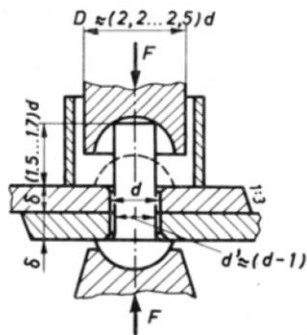


OSNOVI MAŠINSTVA

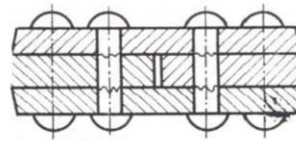
Delovi malih debljina u odnosu na ostale dimenzije (limovi, ploče, profili i sl.) se mogu spajati pomoću zakovica. Pomoću čeličnih zakovica većih prečnika se mogu spajati i čelični profili kod konstrukcija manje nosivosti (nadvožnjaci za pešake, kranovi, sl.), kao i ostvarivati nepropusnost spoja kod: kotlovskih agregata, rezervoara, sudova pod pritiskom i sl.

ELEMENTI ZA VEZU

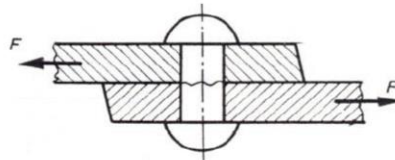
Nerazdvojni spojevi: **Zakovani spojevi**



Postupak zakivanja



Sučeonni spoj



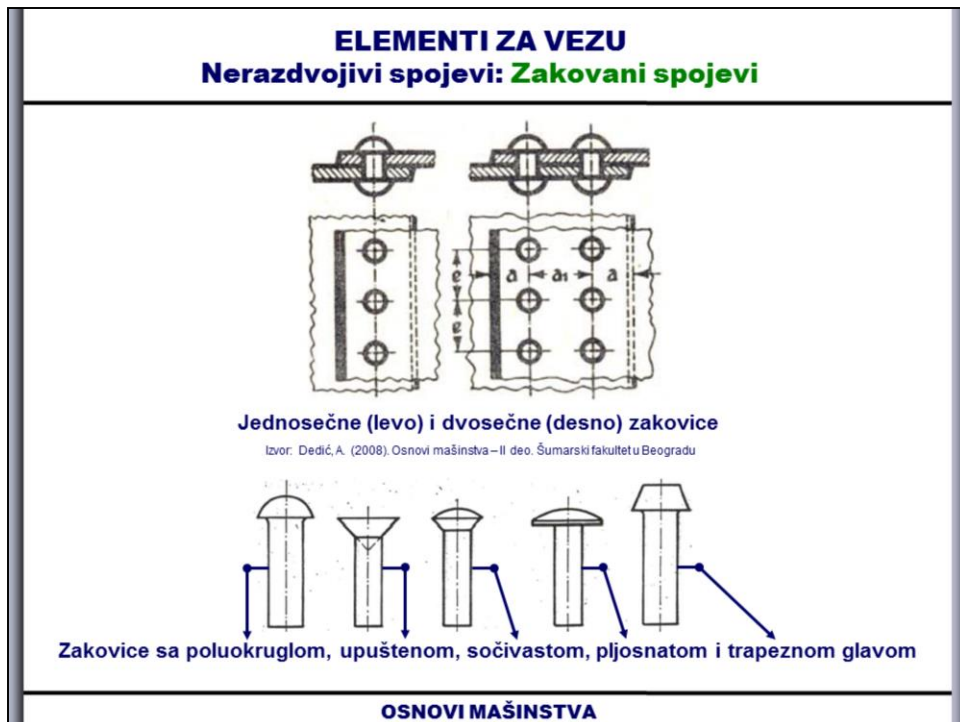
Preklopni spoj

Izvor: Dedić, A. (2008). Osnovi mašinstva – II deo. Šumarski fakultet u Beogradu

OSNOVI MAŠINSTVA

Zakovica se stavlja glavom u otvor delova koji se spajaju (sastavci), i udarcima čekića ili pod pritiskom prese se formira druga glava (slika levo). Novoformirana glava zakovice zajedno sa postojećom steže delove koje spaja i sprečava njihovo relativno pomeranje.

Prema načinu postavljanja sastavaka razlikujemo: **sučeoni** i **preklopni** zakovani spoj. Sastavci se kod sučeonog spoja spajaju celom površinom, a kod preklopnog samo krajevima.



Zakivci mogu biti u jednom ili više redova.

Raspored zakivaka u redovima može biti **paralelan** ili **naizmeničan**.

Prema broju ravni u kojima bi zakovica mogla biti izložena smicanju, pri nedovoljnom otporu klizanja, zakovice se dele na: **jednoredne**, **dvoredne** i **višeroredne**.

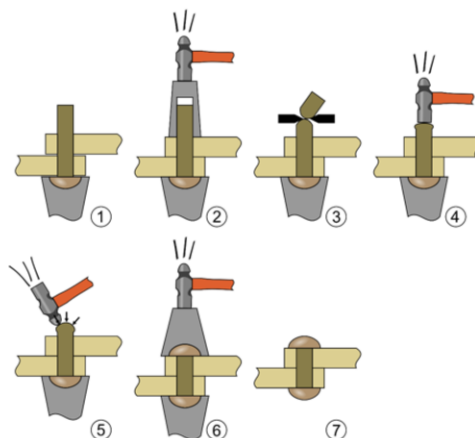
Zakivci su kod jednoredne veze u jednoj ravni, koja je upravna na ravan smicanja i pravac opterećenja, a kod dvoredne u dve međusobno paralelne.

Prema obliku glave, sitne zakovice mogu biti sa **polukruglom**, **pljosnatom**, **sočivastom**, **trapeznom** i **upuštenom** (kao kod zavrtnja) **glavom**.

Spajanje zakovicama može biti prisutno i kod drvnih konstrukcija manje nosivosti (mostova za pešake, krovnih konstrukcija, klackalica, ljučjaški i sl.); dok je kod malo opterećenih delova spoj moguć putem nitne čija se druga glava formira na sličnom principu kao kod zakovice, pod dejstvom specijalnog alata – pištolja.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: **Zakovani spojevi**



Postupak toplog zakivanja

Autor: Tomia - Sopstveno delo, CC BY 2.5,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3209584>

OSNOVI MAŠINSTVA

Sitne zakovice (prečnika tela zakovice do 9 mm) zakivaju se u hladnom, a krupne (prečnika 10÷37 mm) u toplom stanju.

Toplo zakivanje se izvodi čeličnim zakovicama zagrejanim do svetlocrvenog žara (oko 1 000 °C).

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojni spojevi: **Zakovani spojevi**

Prednosti zakovanih spojeva:

- ❖ materijal se ne oslabljuje toplotnim uticajima, a nema niti opasnosti od puzanja;
- ❖ mogu se spajati različite debljine materijala, materijali s presvlakama, kao i različiti materijali;
- ❖ kontrola kvaliteta je jednostavna;
- ❖ trenje u spoju dovodi do prigušenja vibracija i buke;
- ❖ velika brzina izvođenja za neke vrste zakovica, pa kod ugradnje zamenjuje vijke;
- ❖ spoj se ponekad može i rastaviti.

Nedostaci zakovanih spojeva:

- ❖ rupe oslabljuju konstrukciju;
- ❖ neravnomerna raspodela naprezanja;
- ❖ potrebno preklapanje delova spoja;
- ❖ kod različitih materijala se može javiti kontaktna korozija.



OSNOVI MAŠINSTVA

Prednosti zakovanih spojeva:

- ❖ materijal se ne oslabljuje toplotnim uticajima, a nema niti opasnosti od puzanja;
- ❖ mogu se spajati različite debljine materijala, materijali s presvlakama, kao i različiti materijali;
- ❖ kontrola kvaliteta je jednostavna;
- ❖ trenje u spoju dovodi do prigušenja vibracija i buke;
- ❖ velika brzina izvođenja za neke vrste zakovica, pa kod ugradnje zamenjuje vijke;
- ❖ spoj se ponekad može i rastaviti.

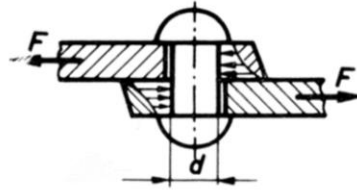
Nedostaci zakovanih spojeva:

- ❖ rupe oslabljuju konstrukciju;
- ❖ neravnomerna raspodela naprezanja;
- ❖ potrebno preklapanje delova spoja;
- ❖ kod različitih materijala se može javiti kontaktna korozija.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: **Zakovani spojevi**

1. Proračunavanje zakovanih spojeva: nenaponska veza zakovicom



a) Sila usled smicanja: $F = n \cdot i \cdot F_1 = n \cdot i \cdot \tau_{sd} \frac{d^2 \pi}{4}$

b) Sila usled površinskog pritiska: $F = n \cdot F_1 = n \cdot p \cdot A_1 = n \cdot p \cdot \delta \cdot d$

n – broj zakovica; i – br. smičućih površina; F_1 – sila po jednoj zakovici;

τ_{sd} – dozvoljeni napon na smicanje zakovice; d – prečnik zakivka;

p – dozvoljeni površinski pritisak; A_1 – dodirna površina zakivka i sastavka.

OSNOVI MAŠINSTVA

Kod nenaponske veze, sastavci koji su u spoju mogu da klizaju jedan u odnosu na drugi. Primeri za ovakvu vezu su kod dizalica, mostova, greda, postolja i sl, gde su usled termičkih i mehaničkih opterećenja prisutne izvesne dilatacije. Ovo je posebno izraženo kod sastavaka od različitog materijala.

Zakivci su opterećeni na:

a) smicanje i

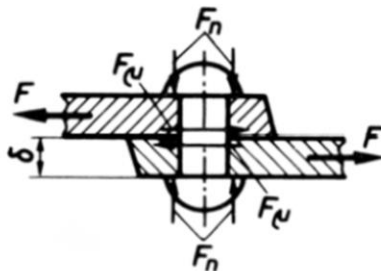
b) površinski pritisak.

U oba slučaja se javljaju određene sile F koje dejstvuju na zakivak.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: **Zakovani spojevi**

2. Proračunavanje zakovanih spojeva: naponska veza zakovicom



$$F = n \cdot i \cdot F_1 = n \cdot i \cdot \mu \cdot \sigma_{zd} \frac{d^2 \pi}{4}$$

μ – koeficijent trenja; σ_{zd} – dozvoljeni napon na istezanje zakivka;

OSNOVI MAŠINSTVA

Kad je spoj ostvaren naponskom vezom, sastavci ne klizaju, već su čvrsto pritisnuti jedan na drugi, pa se sila trenja suprotstavlja poprečnoj sili F čiji je intenzitet dat izrazom na slajdu.

Ovim se obezbedjuje nepropusnost spoja (npr. kod rezervoara, sudova pod pritiskom, i sl.).

ELEMENTI ZA VEZU

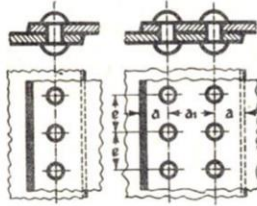
Nerazdvojivi spojevi: **Zakovani spojevi**

Korisni empirijski izrazi za formiranje sastavka

❖ Prečnik zakovice: $d = \sqrt{50 \cdot \delta_{\min}} - 2 \text{ [mm]}$

Ovaj prečnik treba standardizovati na prvu veću standardnu vrednost.

$\delta_{\min}$ [mm] – debljina najtanjeg lima u sastavku;



❖ Korak zakovica (rastojanje između dve susedne zakovice): $e = (2 \div 6) \cdot d$

❖ Odstojanje zakovice od ivice sastavaka koji se spajaju: $a_{\min} = (1.5 \div 4) \cdot d$

❖ Razmak između redova: $a_1 = (3 \div 6) \cdot d$

OSNOVI MAŠINSTVA

Na slajdu su prikazane empirijske vrednosti koje je potrebno znati prilikom formiranja zakovanog sastavka. Odnose se na prečnik zakovice, korak zakovice, odstojanje zakovice od ivice sastavaka i na razmak između redova.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojni spojevi: **Zakovani spojevi**



OSNOVI MAŠINSTVA

Materijal i označavanje zakovica

Materijal za zakovice treba da bude sličnog sastava kao i spojeni delovi zbog približno istih toplotnih dilatacija i zbog eliminisanja pojave elektro-erozije u kojoj se razgrađuje „slabiji“ materijal, bilo zakovica ili sastavak .

Za zakovice se najčešće koristi čelik (dat u standardu SRPS C.B0.506), a takođe je moguće koristiti bakar, mesing i Al-legure, koji se primenjuju kod konstrukcija male mase.

Označavaju se nazivnim prečnikom (d), dužinom (l), standardom kome pripadaju i materijalom.

Na primer, za: $d = 15 \text{ mm}$, $l = 50 \text{ mm}$, i od čelika za zakovice ČZ340, oznaka je: $\emptyset 15 \times 50$ –SRPS M.B3.021 - ČZ340.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojni spojevi: **Zavareni spojevi**

Postupci zavarivanja:

- ❑ topljenjem sa dodavanjem materijala;
- ❑ topljenjem bez dodavanja materijala (pod pritiskom ili punktovanjem).

Načini zavarivanja topljenjem sa dodavanjem materijala:

- gasno zavarivanje,
- elektrootporno zavarivanje,
- elektrolučno zavarivanje,
- zavarivanje plazmom,
- zavarivanje elektronskim snopom,
- zavarivanje svetlosnim snopom (laserkim zracima) itd.



Ručno elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom

Autor: Mgschuler - Sopstveno delo, CC BY 3.0.
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=13321758>

OSNOVI MAŠINSTVA

Zavareni spojevi (sastavci) su mašinski elementi koji spajaju delove mašina u nerazdvojivu vezu. Zavareni sastavak nije poseban mašinski deo, kao što je to zavrtnj ili klin. Zavaren sastavak se dobija određenim tehnološkim postupcima koji izazivaju topljenje materijala, bilo elektroda, bilo materijala dva mašinska dela koji se spajaju zavarivanjem.

Zavareni sastavci se koriste za spajanje vrlo različitih delova mašina i mašinskih konstrukcija. Vrlo su jednostavni i svojom težinom dodatno ne opterećuju konstrukciju. Međutim, kvalitet i nosivost zavarenog spoja je subjektivne prirode jer zavisi od stručnosti i umešnosti varioca. Na zavarenom sastavku se nakon zavarivanja javljaju zaostali naponi koji dodatno, pored spoljašnjeg opterećenja, opterećuju sastavak. Otklanjanje zaostalih napona se postiže termičkom obradom - žarenjem.

Najpogodniji materijali za zavarivanje su čelici i to sve vrste. Mogu se zavarivati i svi ostali tehnički materijali, s tim da se neki zavaruju lakše, neki teže, a neki pod određenim uslovima.

Čelici koji se zavaruju su: sa negarantovanim sastavom Č.0..., ugljenični čelici Č.1... i legirani čelici Č.2... Pored toga, zavaruju se čelični livovi ČL..., zatim obojeni materijali (bakar, bronza, cink, aluminijum) i njihove legure, kao i posebne vrste plastičnih masa. Neki od materijala zahtevaju posebne uslove i postupke pri zavarivanju, što poskupljuje ovakve konstrukcije.

Sam postupak zavarivanja može biti:

- topljenjem sa dodavanjem materijala i
- topljenjem bez dodavanja materijala (pod pritiskom ili tačkastim zavarivanjem).

Načini **zavarivanja topljenjem sa dodavanjem materijala** su: gasno, elektrootporno, elektrolučno, zavarivanje plazmom, zavarivanje elektronskim snopom, zavarivanje svetlosnim snopom (laserkim zracima) itd.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojni spojevi: **Zavareni spojevi**

Zavareni sastavci dobijeni topljenjem sa dodavanjem materijala:

- čeoni,
- ugaoni,
- preklopni.

čeoni ugaoni preklopni

Var nastao topljenjem: 1, 2 – ploče; 3 – var; 4 – uvar; 5 – zona uticaja toplote;

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu <http://poli.uns.ac.rs/sifnode2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Zavareni sastavci dobijeni **topljenjem sa dodavanjem materijala** mogu biti:

- čeoni,
- ugaoni i
- preklopni.

Ako se dve iste ploče (istih dimenzija i od istog materijala) zavare istom debljinom vara, pod istim uslovima, najveće opterećenje nosiće čeoni var, zatim ugaoni i na kraju preklopni var.

Preklopno zavarivanje se najređe koristi jer nosi najmanja opterećenja u odnosu na čeono i ugaono zavarivanje. Preklapanjem delova koji se zavaruju povećava se težina konstrukcije, te se koristi samo kada je to opravdano.

Zavareni sastavak dobijen **topljenjem sa dodavanjem materijala** je prikazan na 1. i 2. slici u donjem redu. Ploče (1) i (2) su spojene varom (3). Usled topljenja materijala, u pločama se javlja uvar (4), a uticaj toplote se prostire dublje u pločama (5). Površina vara je hrapava, te se zbog smanjenja pojave korozije obrađuje brušenjem tako da se površina vara srauni (3. slika) ili udubi (4. slika u donjem redu).

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojni spojevi: **Zavareni spojevi**

Oblici završetaka ploča koje se zavaruju čeono:



Čeono zavarivanje tračne testere sa
ravnim završecima ploča

OSNOVI MAŠINSTVA

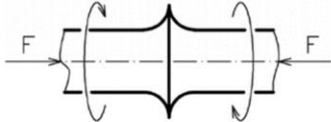
Završeci ploča koje se čeono zavaruju topljenjem sa dodavanjem materijala mogu biti vrlo različiti, što zavisi od debljine ploča koje se zavaruju i od opterećenja kojim će ploče biti izložene.

Kada su završeci ploča ravni (slika levo), simbol su dve paralelne linije. Ako su završeci iskošeni od sredine na obe strane (slika u sredini), oznaka vara je X itd.

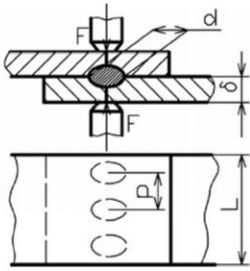
ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojni spojevi: **Zavareni spojevi**

Zavarivanje topljenjem bez dodavanja materijala



**Zavarivanje
pod pritiskom**



**Zavarivanje pomoću
električnog otpora**

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sifnode2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Zavareni sastavak dobijen **topljenjem bez dodavanja materijala** se postiže na dva načina:

- **pod pritiskom**, tako što se krajevi delova koji se spajaju razmekšaju pomoću trenja (slika levo) ili
- **pomoću električnog otpora** (slika desno).

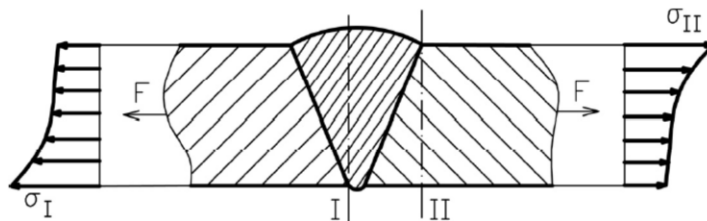
Zavarivanje pod pritiskom (pomoću trenja) se koristi za obrtne delove, tako što se pritisnu jedan prema drugom nekom silom F i obrću u suprotnim smerovima dok se krajevi ne zagreju do usijanja. Delovi se u trenutku razmekšavanja materijala pritisnu još većom silom, kada se plastično deformišu i spoje. Naknadnom obradom se dobija ravna površina. Struktura zavarenih delova je neznatno izmenjena, a nosivost je neznatno smanjena. Na ovaj način se mogu zavarivati samo delovi odgovarajućih oblika. Ovakvi sastavci su male nosivosti.

Ako se kroz dve ploče koje se spajaju propusti struja visoke frekvencije, na tom mestu će doći do topljenja materijala ploča u vidu tačkica. Na ovaj način se preklopno spajaju tanke ploče, debljine do $\delta = 5 \text{ mm}$, na više mesta, na koraku p , što se naziva **tačkasto zavarivanje** ili **punktovanje**. Ako su tačkice na vrlo malom rastojanju, dobija se linijsko zavarivanje. Nosivost tačkasto zavarenih ploča je mnogo manja u odnosu na osnovni materijal ploča.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: Zavareni spojevi

Naprezanje vara



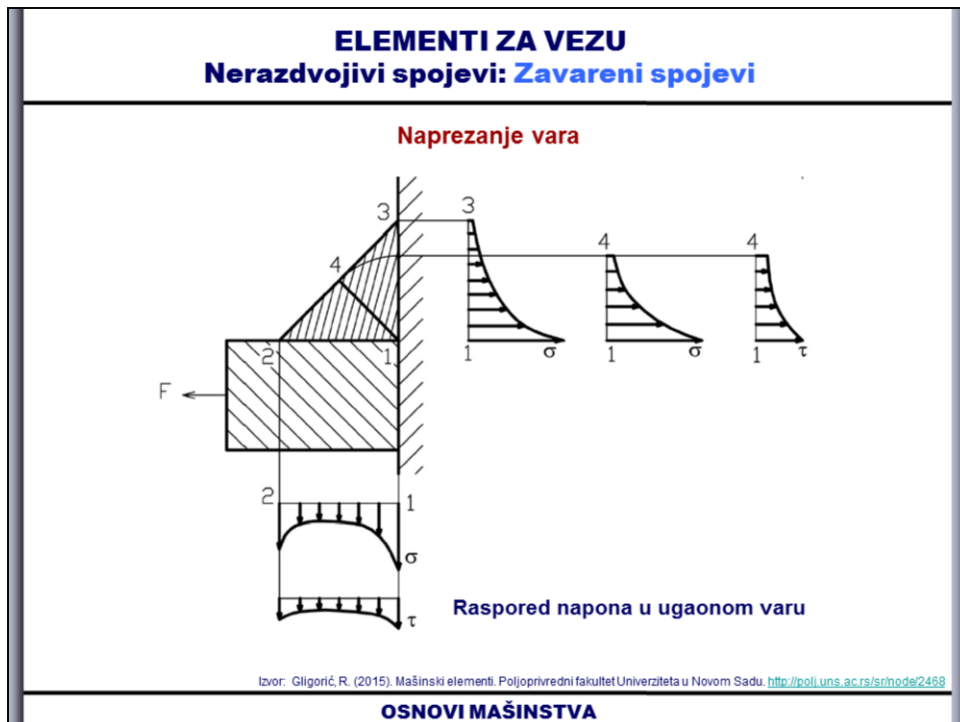
Raspored napona u čeonom varu

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Var predstavlja prelaz između spojenih ploča. Poprečni presek vara je najčešće manji od poprečnog preseka ploča, pa se na mestu vara javlja koncentracija napona. Zbog toga se proračun zavarenih spojeva bazira na naprezanjima vara, a ne na naprezanjima ploča na mestu vara.

Ako su **čeonno zavareni delovi** opterećeni aksijalnom silom F , javlja se naprezanje na istezanje σ koje je različitog intenziteta po debljini ploča. Najveće vrednosti su na mestu spoja sa pločama σ_I i σ_{II} .



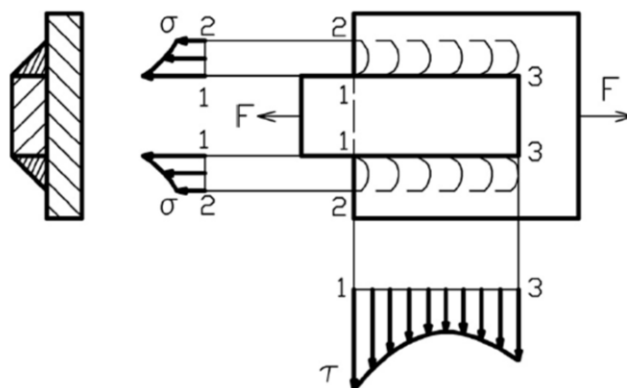
Ugaoni var opterećen silom F izložen je naponima na istezanje σ i naponima na smicanje τ na više poprečnih preseka. Delovi vara u pravcu tačaka 1, 3; 1, 4 i 1, 2 izloženi su naponima na istezanje σ . Pored toga, delovi vara u pravcu tačaka 1, 4 i 1, 2 izloženi su i naponu na smicanje τ .

Naponi na istezanje i smicanje su različitih intenziteta po poprečnim presecima.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojni spojevi: Zavareni spojevi

Naprezanje vara



Raspored napona u preklopnom varu

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Preklopni var opterećen aksijalnom silom F izložen je naponu na istezanje u delu vara označenog tačkama 1 i 2, i na smicanje u delu vara označenog tačkama 1 i 3. I ovi naponi su različitih intenziteta po poprečnim presecima.

Najveće promene napona su kod preklopnog vara, a najmanje kod čeonog. Čeoni var može zbog toga da nosi najveća opterećenja, a preklopni najmanja.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojni spojevi: **Zavareni spojevi**

Odžavanje zavarenih sastavaka



OSNOVI MAŠINSTVA

Zavarene sastavke, kao i sve druge mašinske elemente, treba koristiti **bez preopterećenja**.

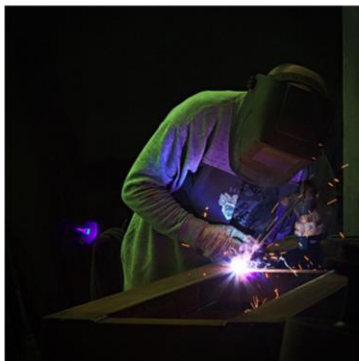
Zavarene konstrukcije treba zaštititi od korozije, jer je var **sklon koroziji**. U tu svrhu var treba obraditi (skinuti zaobljeni vrh) kako bi se otklonile rupice i neravnine nastale varenjem, jer se u njima zadržava vlaga koja pospešuje stvaranje korozije. U cilju zaštite od korozije, var je potrebno zaštititi antikorozivnim prevlakama, npr. od cinka ili uljanom bojom.

Ako dođe do oštećenja, biće u vidu naprslina koje su u početku male, da bi se kasnije proširile i produbile, što dovodi do loma vara.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: **Zavareni spojevi**

Prednosti i nedostaci – elektrolučno zavarivanje



OSNOVI MAŠINSTVA

Razmotrićemo neke od najčešćih tehnika zavarivanja koje se koriste u industriji i gde se tačno primenjuju.

Imajte na umu da se ovde spomenute vrste zavarivanja odnose samo na metale. Slede najčešće metode zavarivanja za obradu metala koje se danas koriste.

1. Elektrolučno zavarivanje je veoma rasprostranjen oblik zavarivanja.

Kao što i samo ime govori, elektrolučno zavarivanje koristi električni luk za topljenje materijala pre nego što ih spoji. Napajanje se koristi za stvaranje električnog luka koji se nalazi između elektrode (koja može biti potrošna ili nepotrošna) i osnovnog metala za topljenje na mestu kontakta.

Područje zavarivanja je obično zaštićeno nekom vrstom zaštitnog gasa ili parom. To je zato što se atmosferski vazduh meša sa zavarenim slojem i uzrokuje oksidaciju.

Ovaj električni luk može stvoriti temperature veće od 3500°C (6300°F), što je više nego dovoljno da rastopi metale poput ugljeničnog čelika.

Postoje različite vrste elektrolučnog zavarivanja, kao što su: zaštićeno zavarivanje metalnim lukom (SMAW), elektrolučno zavarivanje sa fluksom (FCAW), podvodno elektrolučno zavarivanje (SAW), plazma zavarivanje.

Primene elektrolučnog zavarivanja:

- Brodogradnja,
- Automobilska industrija,
- Izrada metalnih konstrukcija,
- Mašinska industrija.

Prednosti:

- ❖ Pogodan za brzo zavarivanje,
- ❖ Jednostavni aparati za zavarivanje,
- ❖ Prenosivost kao rezultat jednostavne opreme,
- ❖ Može raditi u istosmernoj i naizmeničnoj struji,
- ❖ Mogu se postići velike temperature zavarivanja.

Nedostaci:

- ❖ Nije pogodno za zavarivanje tankih metala,
- ❖ Potrebni su kvalifikovani zavarivači,
- ❖ Ne mogu se koristiti za reaktivne metale poput Aluminijuma i Titanijuma.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: **Zavareni spojevi**

Prednosti i nedostaci – MIG zavarivanje



OSNOVI MAŠINSTVA

2. MIG (metal inertni gas) ima više primena

Zavarivanje MIG ili metalnim inertnim gasom je još jedna metoda zavarivanja koja koristi električni luk za stvaranje zavarenih spojeva. Međutim, MIG koristi kontinuiranu elektrodu od pune žice, koja se zagreva i dovodi u zavareni bazen iz pištolja za zavarivanje. Dva osnovna materijala međusobno se tope i čine spoj.

Kod MIG zavarivanja, rastopljena elektroda olakšava spajanje dva metala. Stoga je MIG idealan za spajanje različitih metala. Zaštitni gas se takođe dovodi kroz pištolj za zavarivanje kako bi se osiguralo da se bazen za zavarivanje ne spaja sa atomsferskim vazduhom da se ne bi formirao oksidirani spoj.

Neke od popularnih primena MIG zavarivanja:

- ✓ Koristi se za većinu vrsta zavarivanja limova,
- ✓ Izrada posuda pod pritiskom i izrada gvozdениh konstrukcija,
- ✓ Automobilска industrija i industrija kućnih radova.

Prednosti MIG zavarivanja:

- ❖ Formira kvalitetne varove,
- ❖ Malo prskanje kod zavarivanja,
- ❖ Može se koristiti za spajanje različitih metala,
- ❖ Može biti automatski ili poluautomatski,
- ❖ Dobra brzina zavarivanja.

Nedostaci MIG zavarivanja:

- ❖ Nije prikladan za zavarivanja na otvorenom prostoru,
- ❖ Nije prikladan za zavarivanje debelih metala,
- ❖ Zahteva dobru pripremu metala.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: **Zavareni spojevi**

Prednosti i nedostaci – TIG zavarivanje



OSNOVI MAŠINSTVA

3. Jos jedna bitna zavarivačka tehnologija je TIG (volfram inertni gas) zavarivanje.

Volfram zavarivanje inertnim gasom (TIG) koristi nepotrošnu volframovu elektrodu za stvaranje luka između metala. Područje zavarivanja i elektroda zaštićeni su od oksidacije ili druge atmosferske kontaminacije inertnim zaštitnim gasom, poput argona ili helijuma. Ponekad se koristi i dodatni metal.

TIG zavarivanje može da radi i na naizmeničnim i na jednosmernim izvorima napajanja. Jedna od najvećih prednosti TIG zavarivanja je što se može koristiti za zavarivanje obojenih metala poput aluminijuma, bakra, magnezijuma, nikla, titana itd.

Neke od popularnih primena TIG zavarivanja:

- ✓ Avioindustrija i svemirska industrija,
- ✓ Automobilska industrija,
- ✓ Auto limari.

Prednosti TIG zavarivanja:

- ❖ Vrlo čisti varovi,
- ❖ Nudi visok stepen kontrole zavarivaču,
- ❖ Može se koristiti sa ili bez dodatnog materijala,
- ❖ Može se izvršiti ručnim ili automatskim metodama,
- ❖ Stvara jake zavarene spojeve.

Nedostaci TIG zavarivanja:

- ❖ Dugotrajno zavarivanje,
- ❖ Potrebni su vešti varioci,
- ❖ Ne može se koristiti za deblje metalne spojeve.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: **Zavareni spojevi**

Prednosti i nedostaci – zavarivanje prahom punjenom žicom



OSNOVI MAŠINSTVA

4. Zavarivanje prahom punjenom žicom je veoma dobar način zavarivanja.

Zavarivanje prahom koristi elektrodu sa neprekidnim napajanjem žicom, napajanje za zavarivanje konstantnim naponom i sličnom opremom kao kod MAG zavarivanja. Postoje dve vrste elektrolučnog zavarivanja prahom – **samozaštićeno** i **gasno zaštićeno** zavarivanje.

Proces FCAW se može podeliti u dve vrste, zavisno od načina zaštite; onaj koji koristi spoljašnji zaštitni gas i onaj koji se za zaštitu područja zavarivanja oslanja samo na jezgro fluksa.

Zaštitni gas, gde se koristi, štiti zavareni bazen od oksidacije i obično se isporučuje iz gasne boce visokog pritiska. Metal za zavarivanje je takođe zaštićen stvaranjem troske od samog topljenja.

Tamo gde se ne koristi spoljašnji zaštitni gas, postupak se, umesto toga, oslanja na zaštitu koju nudi sama elektroda. Ova elektroda pruža gasnu zaštitu i takođe stvara trosku koja pokriva i štiti rastopljeni metal u zavarenom spoju.

Neke od popularnih primena elektrolučnog zavarivanja u punom jezgru su:

- ✓ Proizvodni pogoni,
- ✓ Brodogradnja,
- ✓ Industrijski cevovodi,
- ✓ Železnice,
- ✓ Održavanje i popravka.

Prednosti:

- ❖ Odlično prodiranje vara,
- ❖ Pogodno za deblje spojeve,
- ❖ Fleksibilnost u pogledu kretanja i orijentacije gorionika,
- ❖ Najveća stopa taloženja metala.

Nedostaci:

- ❖ Može rezultirati uključivanjem troske,
- ❖ Žice su skuplje,
- ❖ Var često nije estetski uređen.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojni spojevi: **Zavareni spojevi**

Prednosti i nedostaci – gasno zavarivanje



OSNOVI MAŠINSTVA

5. Gasno zavarivanje (oksiacetalninsko zavarivanje).

Upravljanje plamenom se vrši pomoću gorionika za zavarivanje. Rezervoar (posuda) za gas s kiseonikom i rezervoar za gorivo povezan je s gorionikom za zavarivanje. Zavarivač može upravljati plamenom kontrolišući broj gasova koji se dovode u gorionik pomoću regulatora pritiska.

Najčešće vidimo smesu gasova kiseonika i acetilena koja može proizvesti 3200°C (5792°F). Ostali gasovi goriva koji se takođe vide kod zavarivanja gasom su vodonik, butan i propan.

Neke od popularnih primena gasnog zavarivanja su:

- ✓ Izrada lima,
- ✓ Automobilska i avio industrija,
- ✓ Spajanje crnih i obojenih metala,
- ✓ Spajanje tankih metala.

Prednosti gasnog zavarivanja:

- ❖ Lako prenosiva oprema,
- ❖ Vrhunska kontrola plamena,
- ❖ Niska cena i održavanje,
- ❖ Može se koristiti i za gasno rezanje,
- ❖ Jeftiniji trošak opreme.

Nedostaci gasnog zavarivanja:

- ❖ Nije prikladno za vrlo tanke delove,
- ❖ Niže temperature od elektrolučnog zavarivanja,
- ❖ Težak zaštitni štít,
- ❖ Nije pogodno za reaktivne metale.

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: Zalemljeni spojevi

Podela postupaka lemljenja:

- Prema radnoj temperaturi:
 - meko,
 - tvrdo,
 - visokotemperaturno;
- Prema obliku spoja,
- Prema načinu zagrevanja,
- Prema vrsti zaštitne atmosfere,
- Prema načinu uklanjanja oksida tokom lemljenja.

Izvor: [lemljenje - Наставни материјали \(weebly.com\)](http://lemljenje-nastavni-materijali.weebly.com)

OSNOVI MAŠINSTVA

Lemljenje je postupak kojim se metalni ili nemetalni delovi spajaju pomoću rastopljenog dodatnog materijala (lema) u nerazdvojivu celinu.

Pri lemljenju se osnovni materijal ne topi, jer ima višu tačku topljenja od dodatnog materijala (lema).

Bolji rezultati pri lemljenju se postižu primenom „topitelja“ (prašak, pasta za lemljenje) ili zaštitne atmosfere u kojoj se vrši lemljenje.

Postupak lemljenja

Lemilom (lemilicom) se lem rastapa dok je u kontaktu sa lemnim mestom. Rastopljeni lem natapa spoj, lemilo se povlači, a lem posle hlađenja obrazuje električnu i mehaničku vezu komponenti spoja.

Lem mora imati temperaturu topljenja najmanje 50°C nižu od temperature topljenja osnovnog materijala.

Postupci lemljenja se dele prema:

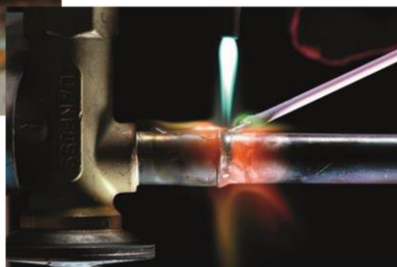
- Radnoj temperaturi (meko, tvrdo i visokotemperaturno lemljenje);
- Obliku spoja (lemljenje u zazoru, lemljenje u žljebu, lemljenje nanošenjem);
- Načinu zagrevanja (gasom, indukcijom, u peći, itd.);
- Vrsti zaštitne atmosfere (vazduh, zaštitni gas, vakuum);
- Načinu uklanjanja oksida za vreme lemljenja (topitelj, reducirajući gas, vakuum itd.).

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: Zalemljeni spojevi



Postupak mekog lemljenja



Tvrdo lemljenje bakarnih cevi

OSNOVI MAŠINSTVA

U zavisnosti od radne temperature, odnosno temperature topljenja lema, lemljenje može biti:

- meko (sa lakotopljivim lemom) koje se odvija na temperaturama do oko 450°C
- tvrdo (sa teškotopljivim lemom) koje se vrši na temperaturama približno $450-900^{\circ}\text{C}$.
- visokotemperaturno, na temperaturama preko 900°C

Topitelji za meko lemljenje su:

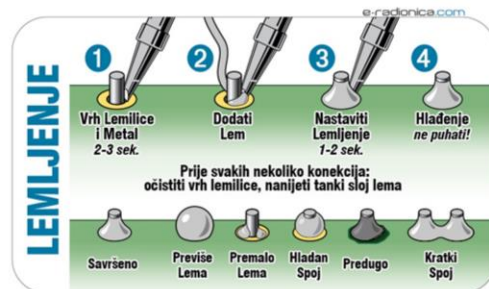
- ✓ sona kiselina (HCl),
- ✓ cink-hlorid (ZnCl_2),
- ✓ mešavina cink-hlorida sa amonijum-hloridom - nišadorom) NH_4Cl .

Topitelji za tvrdo lemljenje su:

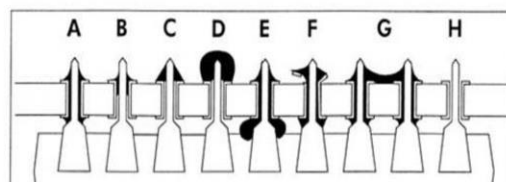
- ✓ natrijunktetraborat (boraks) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$,
- ✓ borna kiselina H_3BO_3 .

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: Zalemljeni spojevi



izvor: Kockica od LEDa ili kako lemiti / e-radionica.com LEARN hrvatski



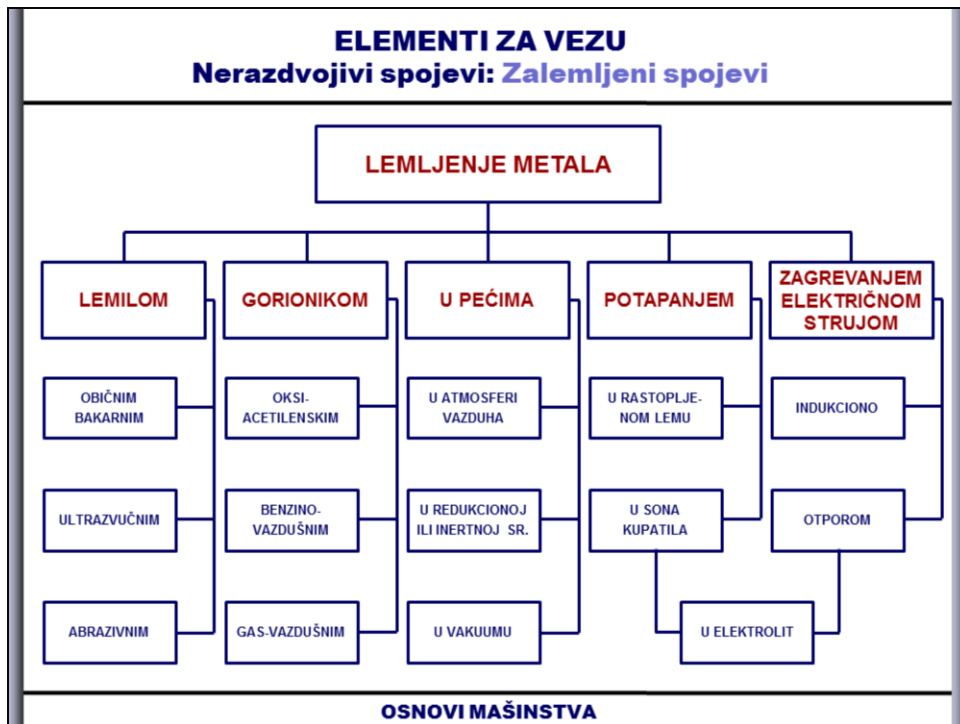
OSNOVI MAŠINSTVA

Greške pri lemljenju:

- A - dobar lem;
- B - premalo tinola;
- C - nedovoljno zagrejan, pa se tinola nije spustila;
- D - nedovoljno zagrejan, pa se tinola nije spustila;
- E - višak (lem nije loš, ali višak može da smeta);
- F - pregrejano i došlo je do odlepljivanja;
- G - kratki spojevi između dve lemne tačke;
- H - potpuno nezalemljen spoj.

Oblikovanje lemljenih spojeva

- Spoj treba prilikom lemljenja oblikovati tako da zazor bude po celoj spoljnoj površini, ravnomeran i neprekinut.
- Treba predvideti da dolazi do povećanja zazora pri zagrevanju.
- Po mogućnosti izbegavati velike spojne površine.
- Omogućiti slobodno oticanje topitelja sa spojnog mesta pri nailasku lema.
- Pri lemljenju metala sa različitim koeficijentima istezanja treba predvideti odgovarajuću veličinu zazora.
- Oblikovati spojeve po mogućnosti tako da se sami centriraju.
- Zagrevanje lema treba da bude indirektno, to jest preko radnog komada.



Prema načinu zagrevanja lema, razlikuju se sledeće metode (postupci) lemljenja:

- ✓ mehaničko,
- ✓ sa lemilom bez stalnog izvora zagrevanja,
- ✓ sa lemilom sa stalnim izvorom zagrevanja,
- ✓ gasno,
- ✓ električnom strujom,
- ✓ u rastopima,
- ✓ u gasnoj atmosferi,
- ✓ specijalni postupci (npr. lemljenje ultrazvukom).

ELEMENTI ZA VEZU

Nerazdvojivi spojevi: Zalemljeni spojevi

Prednosti mekog lemljenja:

- ❖ uticaj temperature na osnovni materijal je manji nego kod zavarivanja;
- ❖ kontrola procesa je vrlo dobra;
- ❖ upotrebom više lemovova mogu se dobiti složene strukture;
- ❖ potrebno je manje energije nego kod zavarivanja;
- ❖ može se koristiti za spajanje delova različite debljine i tankih delova;
- ❖ dobra toplotna i električna provodljivost;
- ❖ moguće spajanje velikih površina;
- ❖ pogodno za serijsku proizvodnju komponenti malih razmera.



Nedostaci mekog lemljenja:

- ❖ čvrstoća spojeva dobijenih mekim lemljenjem je ograničena;
- ❖ mala otpornost na visoke temperature;
- ❖ lemovi delimično sadrže skupe plemenite metale;
- ❖ postoji opasnost od pojave elektrolitske korozije;
- ❖ u odnosu na zavarivanje, priprema površina spoja može biti skuplja.

OSNOVI MAŠINSTVA

Prednosti i nedostaci mekog lemljenja:

Prednosti mekog lemljenja:

- ❖ uticaj temperature na osnovni materijal je manji nego kod zavarivanja;
- ❖ kontrola procesa je vrlo dobra;
- ❖ upotrebom više lemovova mogu se dobiti složene strukture;
- ❖ potrebno je manje energije nego kod zavarivanja;
- ❖ može se koristiti za spajanje delova različite debljine i tankih delova;
- ❖ dobra toplotna i električna provodljivost;
- ❖ moguće spajanje velikih površina;
- ❖ pogodno za serijsku proizvodnju komponenti malih razmera.

Nedostaci mekog lemljenja:

- ❖ čvrstoća spojeva dobijenih mekim lemljenjem je ograničena
- ❖ mala otpornost na visoke temperature;
- ❖ lemovi delimično sadrže skupe plemenite metale;
- ❖ postoji opasnost od pojave elektrolitske korozije;
- ❖ u odnosu na zavarivanje priprema površina spoja može biti skuplja.

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: Navojni spojevi

SVRHA NAVOJNIH SPOJEVA

- Željeni položaj spojenih delov,
- Prenosenje opterećenja,
- Medusobno pritiskivanje i zaptivanje mašinskih delova,
- Precizno pomeranje i podešavanje kod mernih uređaja,
- Medusobno relativno kretanje spojenih delova,
- Pretvaranje obrtnog kretanja u pravolinijsko kretanje, ...



Škopac



Zateznica



Dizalica



Stopice za nivelisanje



Mikrometerski zavrtanj

OSNOVI MAŠINSTVA

Pomoću navojnih spojeva se obezbeđuje:

- ✓ Željeni položaj spojenih delova,
- ✓ Prenosenje opterećenja,
- ✓ Medusobno pritiskivanje i zaptivanje mašinskih delova,
- ✓ Precizno pomeranje i podešavanje kod mernih uređaja,
- ✓ Medusobno relativno kretanje spojenih delova,
- ✓ Pretvaranje obrtnog kretanja u pravolinijsko kretanje, ...

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojnivi spojevi: Navojni spojevi

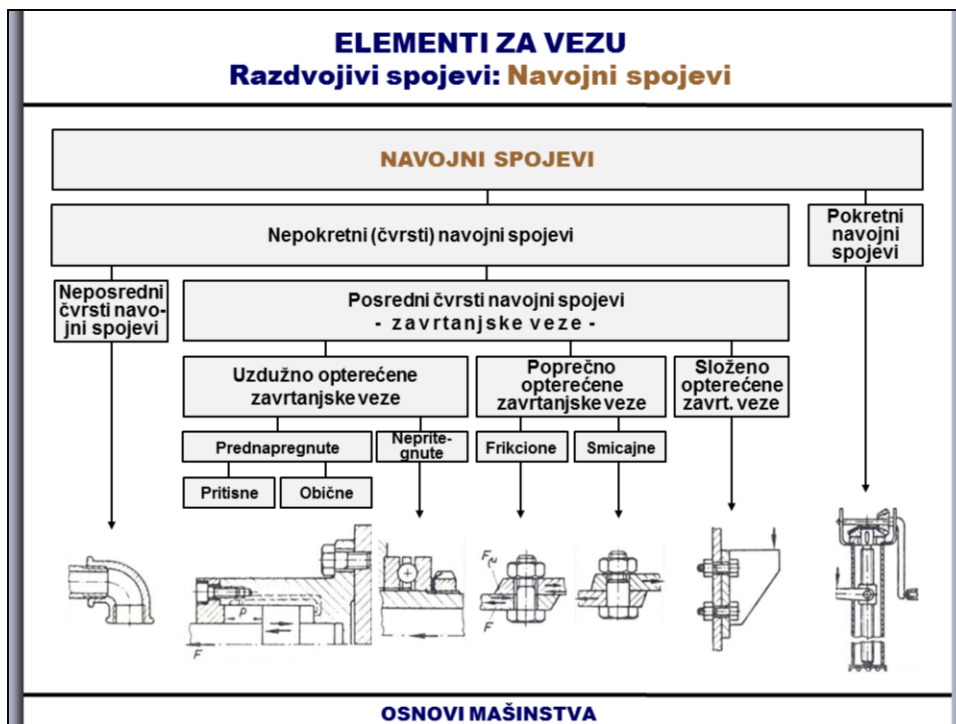
ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE NAVOJNIH SPOJEVA

- Zavrtnji,
- Navrtke,
- Podloške,
- Vretena,
- Čivije,
- Rascepke,
- ...



OSNOVI MAŠINSTVA

U zavisnosti od funkcije u različitim mašinskim konstrukcijama i veličine opterećenja koja treba da izdrže, navojni spojevi se ostvaruju različitim elementima – zavrtnjima, navrtkama, podloškama, vretenima, čivijama, rascepkama itd.



Veza dva ili više mašinskih delova ostvarena posredstvom navoja predstavlja **navojni spoj**.

Ovaj spoj može biti:

- **Nepokretan (čvrst)** i
- **Pokretan.**

Nepokretni (čvrsti) navojni spojevi su oni koji se ne obrću pod opterećenjem, a pokretni su oni koji se pak obrću pod opterećenjem.

Ako je navoj izrađen neposredno na delovima koji se spajaju (cevi, ventili itd.), onda je to **neposredni čvrst navojni spoj**, a ako je izrađen na posebnim delovima koji se nazivaju **zavrtnanj (vijak) i navrtka (matica)**, onda je to **posredni čvrst navojni spoj**. Čvrst navojni spoj koji je ostvaren posredstvom zavrtnja i navrtke zove se **zavrtnajska veza**.

Pored toga što se može razdvojiti, zavrtnajska veza omogućava željeni međusobni položaj spojenih delova i prenošenje opterećenja. Ta opterećenja mogu biti:

- u pravcu ose zavrtnja – **uzdužno opterećena zavrtnajska veza**,
- u pravcu upravnom na osu zavrtnja – **poprečno opterećena zavrtnajska veza**,
- pod nekim uglom na uzdužnu osu stabla – **složeno (kombinovano) opterećena zavrtnajska veza**, kada se opterećenje (sila) razlaže na uzdužnu i poprečnu komponentu, tako da na zavrtnajsku vezu dejstvuje više opterećenja u različitim pravcima.

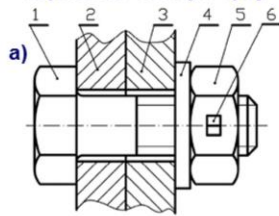
Stablo zavrtnja se pri uzdužnom (aksijalnom) spoljašnjem opterećenju isteže ili sabija.

Ukoliko spoljašnja sila dejstvuje radijalno - upravno/normalno u odnosu na uzdužnu osu (osu uvijanja), tada se javlja naprezanje stabla zavrtnja na smicanje ili savijanje.

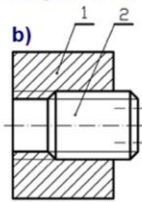
ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: Navojni spojevi

Nepokretni navojni spoj - zavrtnajska veza

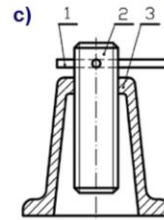


- 1 – Zavrtnaj sa stablom i zavojnicom;
- 2 i 3 – Delovi koji se spajaju;
- 4 – Podloška;
- 5 – Navrtka;
- 6 – Osigurač;



- 1 – Ploča sa rupom u kojoj je zavojnica;
- 2 – Cilindrični deo sa zavojnicom;

Pokretni navojni spoj



- 1 – Ručica;
- 2 – Vreteno ručne dizalice na kojem je zavojnica;
- 3 – Gornji deo postolja;

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Nepokretni (čvrst) navojni spoj - zavrtnajska veza se najčešće sastoji iz zavrtnja (sl. a, poz. 1) koji ima stablo sa zavojnicom, delova koje spaja (2 i 3), podloške (4), navrtke (5) i osigurača za osiguranje od odvrtanja (6). Zadatak podloške je da poveća dodirnu površinu između navrtke i ploče. Zavrtnaj na taj način može da nosi veće opterećenje i teže dolazi do samoodvrtanja. Zavrtnaj teži da se odvrne posebno kada se nalazi na delovima koji vibriraju ili su opterećeni promenljivim opterećenjem. Stoga je potreban osigurač od samoodvrtanja. Pritezanjem navrtke se povećava trenje između dodirnih površina. Ovim trenjem se nosi spoljašnje opterećenje.

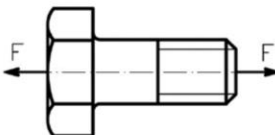
Zavrtnajska veza je bilo koji cilindrični deo sa zavojnicom (sl. b, poz. 2) i ploča sa rupom u kojoj je zavojnica (1). U ovom primeru zavrtnaj nema glavu niti navrtku. Ulogu navrtke ima ploča sa rupom u kojoj je zavojnica. Ovakav zavrtnaj se uvrće i odvrće pomoću posebnog alata sa ispuštima u obliku valjčića koji uđu u otvore na čelu zavrtnja.

Pokretni navojni spoj je vreteno ručne dizalice na kojem je zavojnica (sl. c, poz. 2), a gornji deo postolja (3) igra ulogu navrtke. Obrtanjem ručice (1) u jednom ili drugom smeru podiže se ili spušta teret na dizalici.

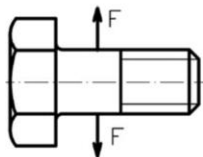
ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojnivi spojevi: Navojni spojevi

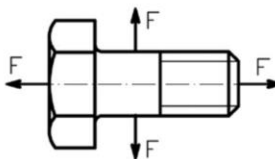
➤ Uzdužno opterećen zavrtanj



➤ Poprečno opterećen zavrtanj



➤ Složeno opterećen zavrtanj



Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

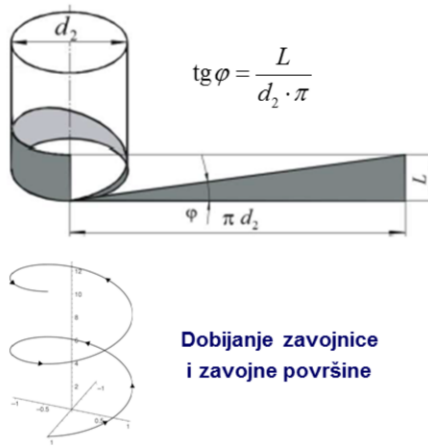
Slajd sadrži ilustracije uzdužno, poprečno i složeno opterećenog zavrtanja.

U prvom slučaju je spoljašnje opterećenje u pravcu paralelnom uzdužnoj osi zavrtanja, u drugom u pravcu koji je upravan na nju, a u trećem slučaju se radi o kombinovanom opterećenju kao posledici dejstva spoljašnjeg opterećenja pod nekim uglom na uzdužnu osu stabla.

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojnivi spojevi: **Navojni spojevi**

Osnovne veličine zavojnice



OSNOVI MAŠINSTVA

Osnovni (vitalni) deo zavrtnja preko koga se prenose spojne sile je **navoj**. Osnovne veličine navoja jesu zavojnica i zavojna površina.

Zavojnica nastaje pri zavojnom kretanju pravouglog trougla oko cilindra nominalnog prečnika $\varnothing d$ (slika levo). Dužina veće katete trougla jednaka je obimu valjka $d_2 \cdot \pi$, a dužina manje katete hodu zavojnice L .

Osnovne geometrijske veličine zavojnice su:

- Ugao nagiba zavojnice φ ,
- Hod zavojnice L i
- Korak zavojnice p .

Ugao nagiba zavojnice φ (nagib zavojne linije) se određuje na osnovu vrednosti tangensa ugla koji čine stranice L i $d_2 \cdot \pi$.

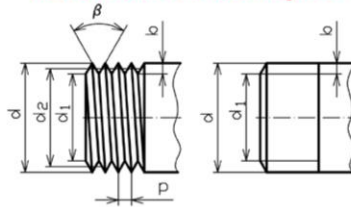
Hod zavojnice L je aksijalno rastojanje između krajnjih tačaka jednog zavojka.

Korak p zavojnice predstavlja aksijalno rastojanje bilo koje dve karakteristične tačke susednih navojaka.

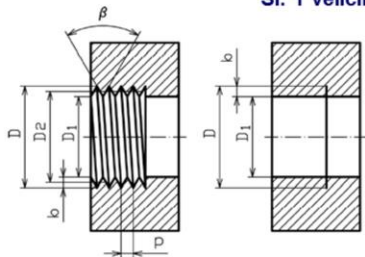
ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: Navojni spojevi

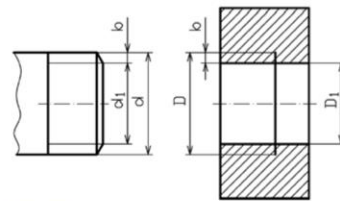
Osnovne veličine zavojnice



Sl. 1 Veličine zavojnice na stablu



Sl. 2 Veličine zavojnice u rupi



Sl. 3 Veličine zavojnice na stablu i u rupi

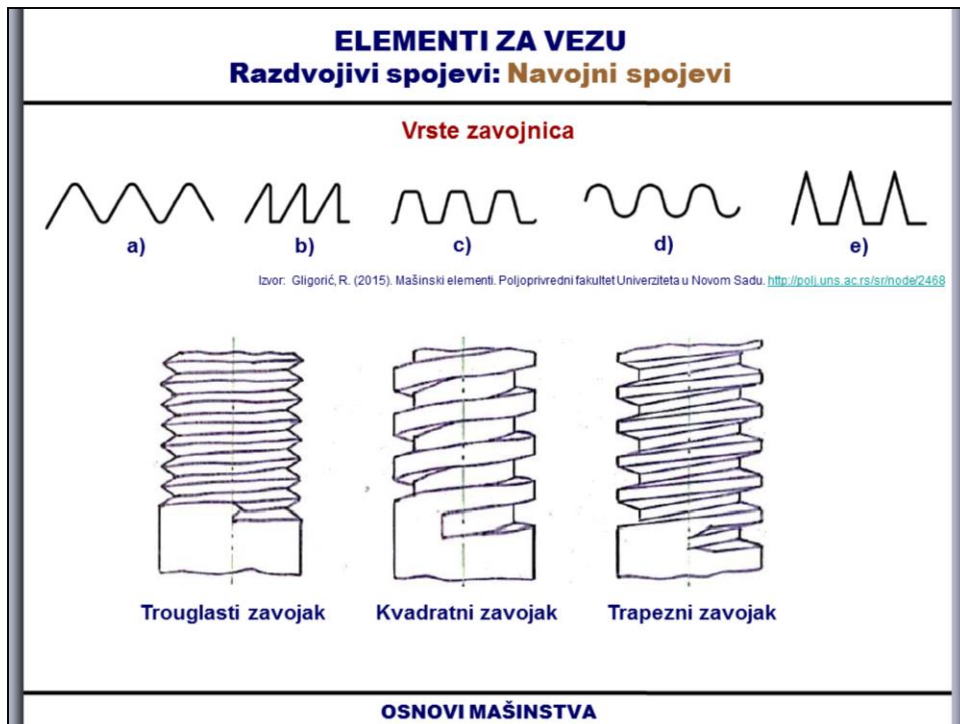
Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Osnovne veličine zavojnice na stablu i u rupi (sl. 1 i 2) su:

- d , D - nominalni prečnici,
- d_1 , D_1 - prečnici jezgra,
- d_2 , D_2 - srednji prečnici zavojnice (prečnici cilindara),
- b - dubine zavojnica,
- β - uglovi profila zavojnica,
- φ - uglovi nagiba zavojnica i
- p - koraci zavojnica.

Da bi stablo zavrtnja i rupa bili u sklopu (sl. 2 i 3), dimenzije veličina zavojnice na stablu i u rupi moraju biti iste, sa odgovarajućom tolerancijom mera: $d = D$, $d_1 = D_1$, $d_2 = D_2$, dubine zavojnica b , uglovi profila zavojnica φ , uglovi nagiba zavojnica β i koraci p .



VRSTE ZAVOJNICA

Profil zavojnice je najčešće **jednakokraki trougao** (sl. a). Profili zavojnice mogu biti i **pravougli trougao** (sl. b), **trapez** (sl. c), **delovi kružnice** (sl. d) ili **jednakokraki trougao sa razmaknutim profilom** (sl. e). Vrhovi i podnožja svih profila su zaobljeni. Zaobljavanje se vrši radi smanjivanja koncentracije napona, a zasecanje radi sprečavanja da oštre ivice zadiru u zaobljenja.

Nastavak ...

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojnivi spojevi: **Navojni spojevi**



Desna zavojnica
(desni navoj)



Leva zavojnica
(levi navoj)

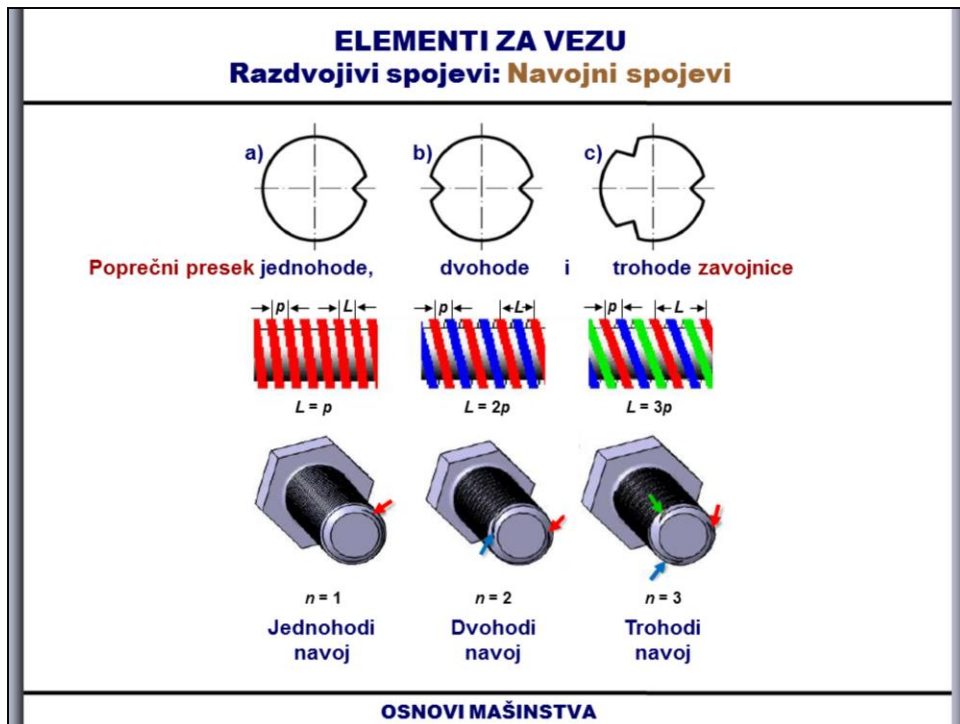
OSNOVI MAŠINSTVA

VRSTE ZAVOJNICA (nastavak)

Zavojnica može biti **desna** i **leva**.

Desna zavojnica se dobija kada se pravougli trougao obrće oko stabla u desnu stranu. Ako zavrtnanj sa desnom zavojnicom obrćemo u smeru kazaljke na satu, zavrtnanj će se odmicati od nas. Ako obrćemo zavrtnanj u suprotnom smeru od smeru kazaljke na satu, a pri tome se zavrtnanj odmiče od nas, u pitanju je leva zavojnica. Uglavnom se koristi desna zavojnica, dok se leva zavojnica koristi uglavnom za specijalne namene (npr. za zatvaranje i osiguranje instalacija za gasove, otrove i slično).

Nastavak ...



VRSTE ZAVOJNICA (nastavak)

Zavojnica može biti:

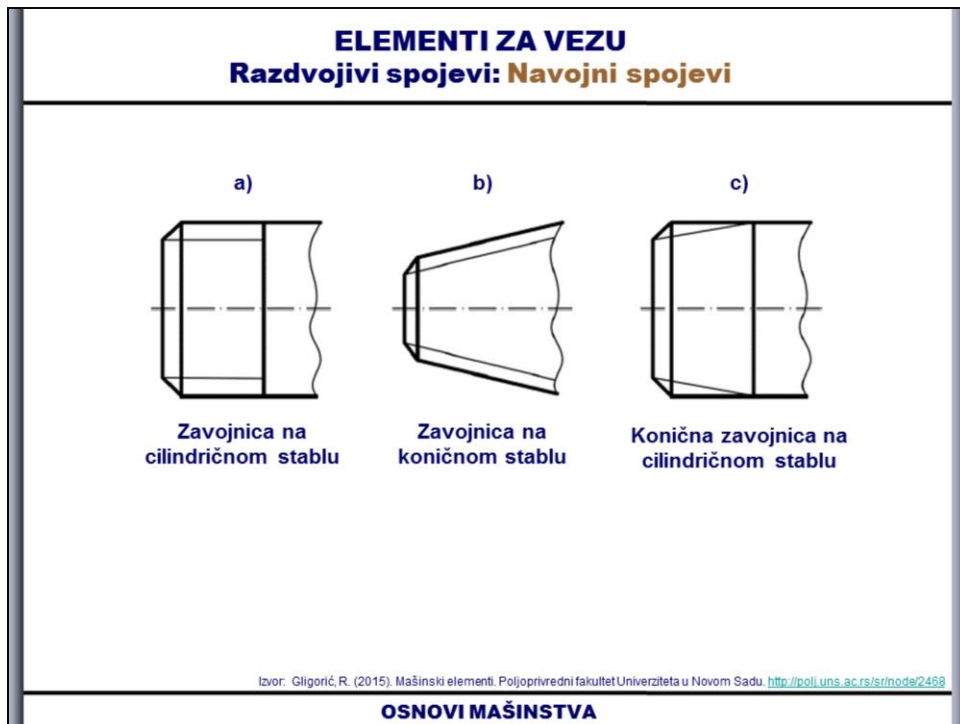
- **jednohoda** (jednostruka, jednovojna) ($n=1$),
- **dvohoda** (dvostruka, dvovojna) ($n=2$),
- **trohoda** (trostruka, trovojna) ($n=3$) i
- **višeohoda** (višestruka, viševojna).

Kada je zavojnica jednohoda, poprečni presek ima jedan žleb: $n = 1$ (sl. a). Tada se pri jednom potpunom obrtaju stabla zavrtnanj aksijalno pomeri za jedan korak p . (Hod zavojnice je: $L = n \cdot p = p$).

Dvohoda zavojnica nastaje kada se oko stabla zavrtnja istovremeno obrću dva trougla (noža alata za narezivanje zavojnice). Poprečni presek u tom slučaju ima uporedo dva žleba: $n = 2$ (sl. b). Tada se pri jednom potpunom obrtaju stabla, zavrtnanj aksijalno pomeri za dva koraka p ($L = n \cdot p = 2p$), a kod trohode za tri koraka p ($L = n \cdot p = 3p$) (sl. c).

Uglavnom se koristi jednohoda zavojnica. Višeohoda zavojnica se koristi npr. za vretena presa i vretena mašina alatki.

Nastavak ...



VRSTE ZAVOJNICA (nastavak)

Zavojnica može biti:

- **Cilindrična** – narezana na cilindričnom stablu (sl. a),
- **Konična** – narezana na koničnom stablu (sl. b) i
- **Konična** – narezana na cilindričnom stablu (sl. c).

Uglavnom se koristi zavojnica na cilindričnom stablu, dok se za cevi može koristiti konična zavojnica na cilindričnom stablu.

Zavisno od oblika profila i međusobnih odnosa vrednosti osnovnih veličina zavojnice, postoje sledeće geometrijske forme, odnosno oblici zavojnica:

- metrička (milimetarska),
- vitvortova (colovna),
- testerasta,
- trapezna,
- obla,
- za drvo,
- za lim i dr.

Nastavak ...

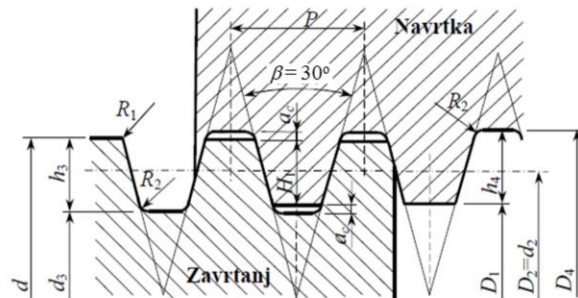
ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojnivi spojevi: Navojni spojevi

Trapezna zavojnica



Označavanje trapezne zavojnice



Trapezni navoj - oblik profila u navojnom paru i dimenzije

OSNOVI MAŠINSTVA

VRSTE ZAVOJNICA (nastavak)

Trapezna zavojnica ima profil trapeza sa uglom profila $\beta=30^\circ$. Koristi se za zavrtnajske veze koji se zavrću ili odvrtu pod opterećenjem, jer ima najveći stepen korisnosti (najlakše se zavrće pod opterećenjem).

Primenjuje se za vretena dizalica, presa, zatega i sl.

Oznaka se sastoji iz slova Tr, prečnika i koraka, npr. Tr20x4, gde je $d=20\text{ mm}$, a $p=4\text{ mm}$ (gornja slika).

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojnivi spojevi: Navojni spojevi

MATERIJALI ZA ZAVRTNJE

Izrada zavojska/navoja:

- na mašinama alatkama,
- ručno pomoću nareznica i
- hladnim valjanjem.



Osnovni materijal za zavrtnje: ČELIK



OSNOVI MAŠINSTVA

Zavojci se izrađuju na više načina:

- na mašinama alatkama (strug, glodalica, brusilica),
- ručno pomoću nareznica i
- hladnim valjanjem.

Zavojak (navoj) se može izraditi skidanjem strugotine na: strugu, glodalici, brusilici i sl.

Ručna izrada je pomoću nareznica za stabla i ureznica za rupe. Nareznice i ureznice imaju profil i dimenzije zavojska koji se narezuje.

Hladno valjanje je pomoću valjaka ili ploča. Ovo je vrlo produktivan način jer je racionalan, jeftin i daje dobar kvalitet.

Osnovni materijal od kojeg se izrađuju zavrtnji su čelici, a mogu se koristiti i drugi materijali. Standardom nisu propisane vrste materijala od kojih se izrađuju zavrtnji, već njihove mehaničke karakteristike. Standardne oznake materijala za zavrtnje su: 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.6, 6.8, 6.9, 8.8, 10.9, 12.9 i 14.9, a za navrtke 4, 5, 6, 8, 10, 12 i 14.

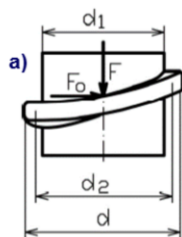
Oznaka za materijal za zavrtnje u sebi sadrži vrednost zatezne čvrstoće i granice tečenja na sledeći način, npr. za oznaku 5.6. Prvi broj umnožen sa 10 daje granicu zatezne čvrstoće $\sigma_M = 5 \cdot 10 = 50 \text{ daN/mm}^2$. Prvi broj umnožen sa drugim daje granicu tečenja za normalne napone $\sigma_T = 5 \cdot 6 = 30 \text{ daN/mm}^2$. Granica tečenja za tangencijalne napone je $\tau_T = (0,6 \div 0,8) \cdot \sigma_T$. Najčešće se usvaja $\tau_T = 0,7 \cdot \sigma_T$. Za materijal 5.6 granica tečenja pri tangencijalnim naponima bila bi $\tau_T = 0,7 \cdot 30 = 21 \text{ daN/mm}^2$. Oznaka materijala za navrtke sadrži u sebi samo vrednost zatezne čvrstoće, npr. za oznaku 5, pomnoži se ovaj broj sa 10 i dobija $\sigma_M = 5 \cdot 10 = 50 \text{ daN/mm}^2$.

Materijal za navrtku treba da ima za jedan stepen manju vrednost zatezne čvrstoće od materijala za zavrtnj. Na primer, ako je materijal za zavrtnj 5.6, tada za navrtku treba da je materijal 4. Navrtka je u zajedničkoj zavojnoj vezi manje napregnuta od zavrtnja.

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: Navojni spojevi

ANALIZA SILA NA ZAVOJNICI



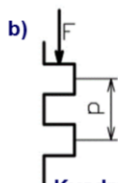
Aksijalna sila F i obimska sila F_o

$$F \cdot p = F_o \cdot d_2 \cdot \pi \quad (1)$$

$$F_o = \frac{F \cdot p}{d_2 \cdot \pi} = F \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad \frac{p}{d_2 \cdot \pi} = \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

$$F_o = F \cdot \operatorname{tg}(\varphi \pm \rho) \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \rho = \mu \Rightarrow \rho = \operatorname{arctg} \mu \quad (4)$$



Kvadratna zavojnica

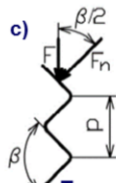
$$F_t = F_n \cdot \mu \quad (5)$$

$$F_n = \frac{F}{\cos(\beta/2)} \quad (6)$$

$$F_o = F \cdot \operatorname{tg}(\varphi \pm \rho') \quad (7)$$

$$\operatorname{tg} \rho' = \mu' \quad (8)$$

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos(\beta/2)} \quad (9)$$



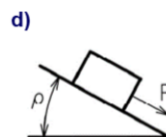
Trouglasta zavojnica

$$\beta = 60^\circ \Rightarrow \mu' = \frac{\mu}{\cos 30^\circ} = \frac{\mu}{0,866} \quad (10)$$

$$\rho' = \operatorname{arctg} \mu' = \operatorname{arctg} \frac{\mu}{\cos(\beta/2)} \quad (11)$$

$$M_{ot} = F_{ot} \cdot \frac{d_2}{2} = \frac{1}{2} F \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi \pm \rho) \quad (12)$$

$$M_{ot} = F_{ot} \cdot \frac{d_2}{2} = \frac{1}{2} F \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi \pm \rho') \quad (13)$$



Ugao trenja kvadratne zavojnice

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Da bi se zavrtanjem savladala (postigla) aksijalna sila F (spoljašnja sila), na zavrtanj je potrebno delovati obimskom silom F_o (sl. a). Uzajamna zavisnost između sile F i F_o se dobija iz jednakosti rada potrebnog da se zavrtanj obrne za jedan puni obrtaj: izraz (1), odakle za **kvadratnu zavojnicu** (sl. b) važi izraz (2).

Ako se uzme u obzir trenje između zavojaka zavrtanja i navrtke, tada je obimska sila kojom se pokreće navrtka, računajući i trenje F_{ot} po **kvadratnoj** (približno i trapeznoj) zavojnici (sl. b), jednaka: izraz (3), gde je: ρ (°) - ugao trenja kvadratne zavojnice (sl. d). Ugao trenja ρ zavisi od koeficijenta trenja klizanja μ i određuje se za kvadratnu zavojnicu izrazom (4).

Koeficijent trenja klizanja za čelike iznosi $\mu = 0,1 \div 0,2$. Predznak plus (+) se koristi kada se navrtka kreće uz nagib (prema opterećenju), a predznak minus (-) kada se navrtka kreće niz nagib (od opterećenja).

Zavisno od odnosa uglova φ i ρ mogu biti dva slučaja. **Prvi slučaj** je kada je ugao nagiba zavojnice veći od ugla trenja ($\varphi > \rho$). Tada će navrtka pod dejstvom sile F sama da se odvrne, odnosno **zavrtanj nije samokočiv**. **Drugi slučaj** je kada je ugao nagiba zavojnice manji od ugla trenja ($\varphi < \rho$). Tada navrtka pod dejstvom sile F neće sama da se odvrne, odnosno **zavrtanj je samokočiv**.

Za **trouglastu zavojnicu** (sl. c) na silu trenja F_t utiče sila F_n koja je upravna na dodirne površine – izraz (5). Sila F_n zavisi od spoljašnjeg opterećenja: izraz (6), pa je sila za pokretanje navrtke po trouglastoj zavojnici, kada se uzme u obzir trenje, jednaka: izraz (7), gde je ρ' (°) - ugao trenja kod trouglastih zavojnica. Ugao trenja kod trouglastih zavojnica se određuje iz relacije (8), gde je μ' - koeficijent trenja klizanja kod trouglastih zavojnica. Koeficijent trenja klizanja za trouglaste zavojnice je dat izrazom (9). Za metričku zavojnicu je $\beta = 60^\circ$, pa se vrednost koeficijent trenja klizanja određuje kao što je dato izrazom (10). Ugao trenja ρ' kod trouglastih i trapeznih zavojnica je dat relacijom (11).

Moment sile za pokretanje zavrtanja po kvadratnoj (trapeznoj) zavojnici, uzimajući u obzir trenje, određuje se iz jednačine (12).

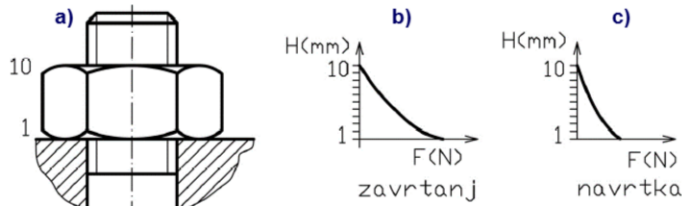
Moment sile za pokretanje zavrtanja po trouglastim zavojnicama, uzimajući u obzir trenje, određuje se iz jednačine (13).

Za zavrtanjske veze koje treba da su prethodno napregnute (pre delovanja radne sile F), prema ovim jednačinama se odredi potreban *moment pritezanja* pomoću alata koji se naziva **moment ključ**. Pritezanje moment ključem može biti ručno i mašinski. Za mašinsko pritezanje se najčešće koristi komprimovani vazduh.

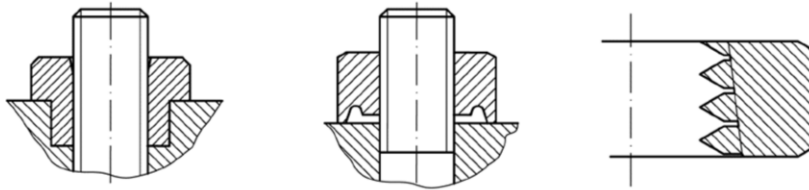
ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: Navojni spojevi

RASPODELA OPTEREĆENJA PO ZAVOJNICI



Neravnomernost opterećenja zavoja zavrtnja i navrtke



Navrtke za rasterećenje zavoja

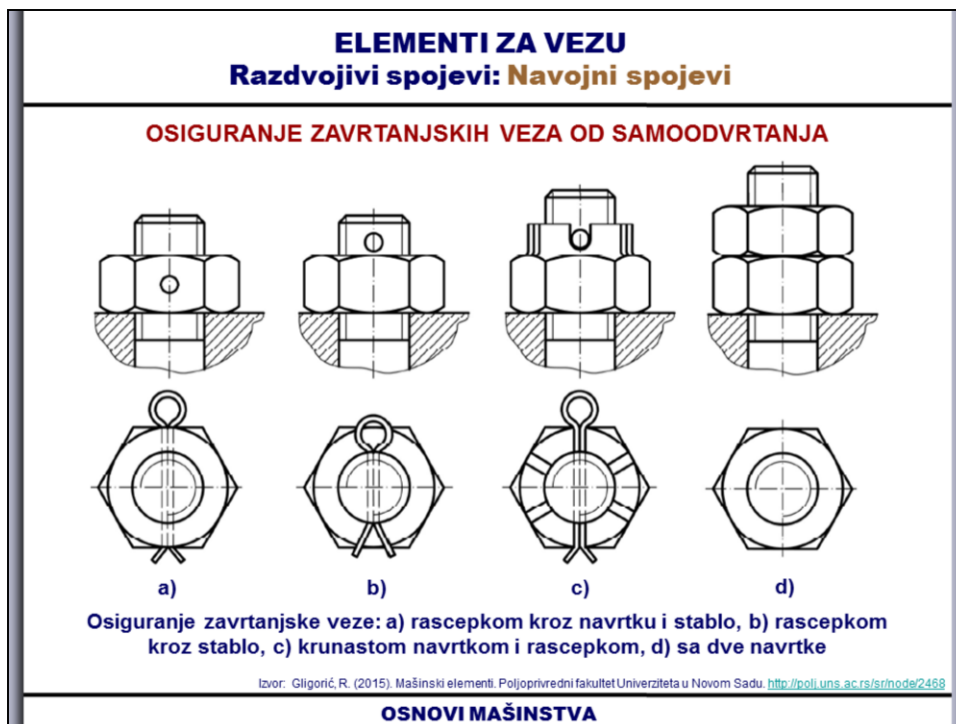
Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Jedan od nedostataka zavrtnjskog spoja je taj što je neravnomerno opterećenje zavoja u spoju zavrtnja i navrtke (sl. a). Zavoja na zavrtnju i u navrtki na početku navrtke, koji se nalazi do ploče (označen sa 1), mnogo je više opterećen od poslednjeg zavoja (označenog sa 10).

Kod metričke zavojnice samo prvih 10 zavoja nose opterećenje, a kod trapezne samo prvih 8, što znači da se ti prvi zavojci najviše i deformišu pri pritezanju. Prvi zavoja zavrtnja (1) je najviše opterećen, što se vidi iz dijagrama (sl. b). Prvi zavoja nosi oko 35 % od ukupnog opterećenja, dok poslednji zavoja (10.) skoro da i ne nosi opterećenje. Raspored opterećenja je nešto povoljniji na zavojcima navrtke (sl. c), pa se za navrtku koristi materijal koji ima mehaničke karakteristike manje za jedan stepen od materijala zavrtnja.

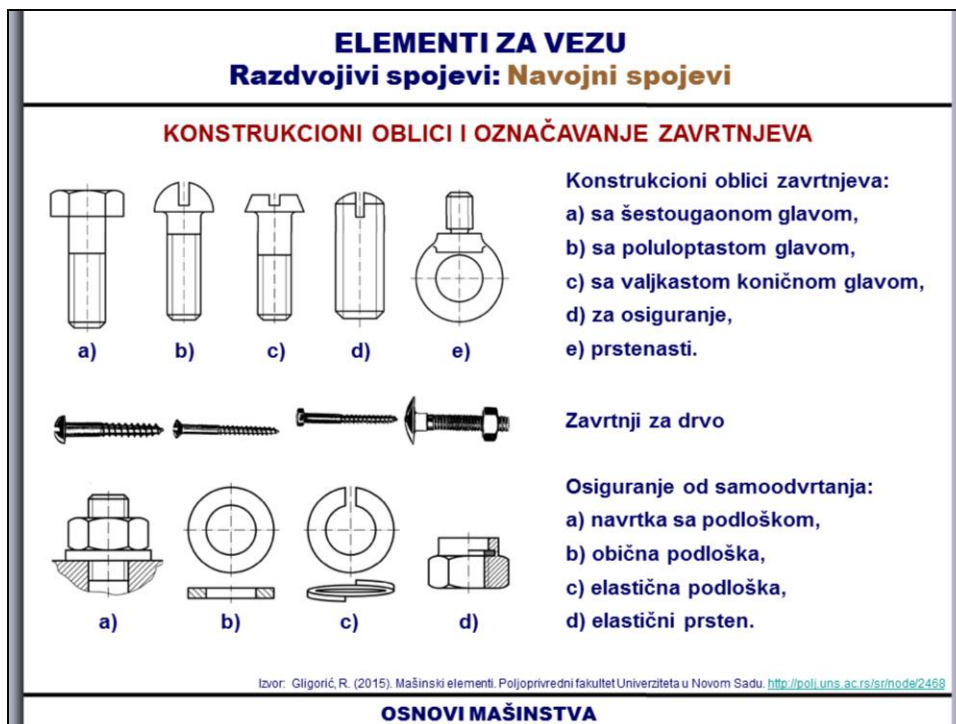
Ravnomernija raspodela opterećenja po zavojcima se može postići različitim konstrukcionim oblicima navrtke i samih zavoja (donja slika).



Drugi nedostatak zavrtnajskih veza je taj što teže da se odvrnu same od sebe, posebno one koje spajaju delove koji vibriraju. Iz tog razloga se osiguravaju od samoodvrtanja na različite načine: rascepkom, pomoću dve navrtke, podloškom i dr.

Rascepka se provuče kroz otvore na navrtki i zavrtnju (sl. a) i zavrne na drugom kraju i tako obezbedi navrtku od samoodvrtanja. Otvor za rascepku može biti samo kroz stablo zavrtnja (sl. b), ili kroz otvore krunaste navrtke i stabla (sl. c).

Zavrtnajsku vezu je moguće obezbediti od samoodvrtanja i pomoću dve navrtke (sl. d). Druga navrtka za osiguranje od samoodvrtanja je manje visine.



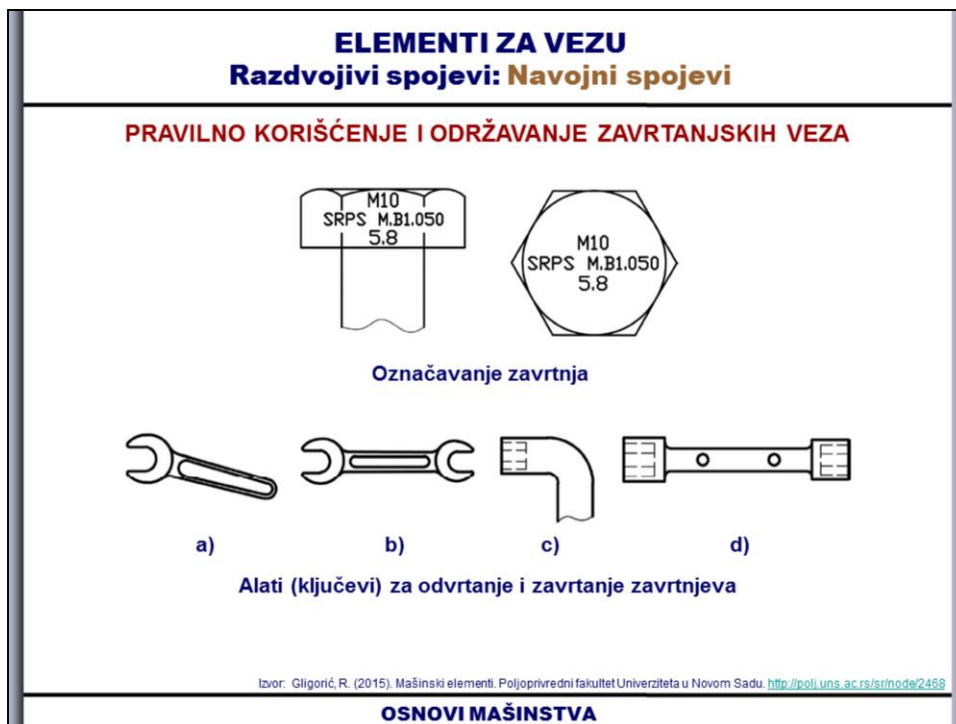
Konstrukcioni oblici i dimenzije zavrtnja i navrtke su definisane međunarodnim i nacionalnim standardima. Zavrtnji mogu biti vrlo različitih standardnih konstrukcionih oblika kako bi se prilagodili potrebama ugradnje. Najčešći konstrukcioni oblik glave zavrtnja je šestougaonik (sl. a).

Zavrtnji za drvo imaju najčešće konično stablo sa zavojnicom sa razmaknutim profilom.

Zavrtnji mogu biti i bez glave (goli zavrtnji), koji imaju samo stablo sa zavojnicom. Ovi zavrtnji se jednom stranom uvrću u ploču pomoću navrtke na drugoj strani, ili spajaju delove tako što na obe strane imaju navrtke.

Standardna oznaka za zavrtnje se sastoji iz: oznake za vrstu zavojnice, nominalnog prečnika zavojnice, dužine stabla, broja standarda i oznake materijala od kojeg je napravljen. Na primer, oznaka za zavrtnj za podešavanje je **M10x30 SRPS M.B1.280. 5.8**, gde je: **M** – oznaka za vrstu zavojnice (metrička), **10** – nominalni prečnik d u mm , **30** – dužina stabla L u mm , **SRPS** – oznaka za srpski standard, **M.B1** – oznaka za pripadnost mašinskoj grupi elemenata, **280** – oznaka za konstrukcioni izgled zavrtnja i **5.8** – oznaka za vrstu materijala.

Najčešće korišćena podloška je obična podloška (sl. a i b). Elastična podloška (sl. c) se koristi za osiguranje od samoodvrtanja, kada su veća opterećenja. Kada se navrtka dobro pritegne, elastična podloška se deformiše i pouzdanije osigurava navrtku od samoodvrtanja. Za osiguranje od samoodvrtanja služi navrtka sa prstenom (sl. d) koja u otvoru ima žleb u kojem se nalazi elastični prsten. Elastični prsten dodatno steže stablo zavrtnja i tako ga osigurava od samoodvrtanja.

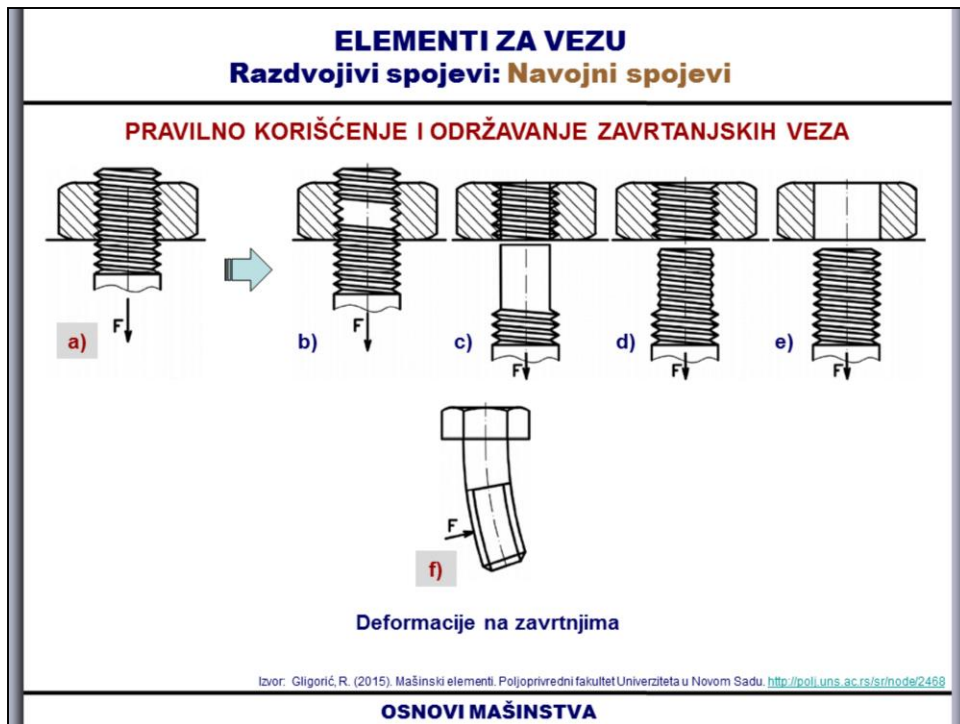


Pravilno korišćenje i održavanje zavrtnajskih veza sastoji se u: **primeni bez preopterećenja, kontroli pritegnutosti i zaštiti od korozije.**

Preopterećenje zavrtnajske veze može da bude već pri samom pritezanju, bez dejstva radne sile. Ako se to desi, dolazi do trajnih deformacija zavojske u rupi i na stablu zavrtnja i deformacije stabla zavrtnja, što otežava razdvajanje i ponovno spajanje delova mašina i konstrukcija. Deformisan zavrtnaj treba zameniti novim, istih dimenzija, iste zavojnice i od istog materijala. Zavrtnaj se može uvrnuti u rupu samo ako imaju iste zavojnice i da su istih dimenzija. Da bi bio jednostavniji izbor, zamena i ugradnja, proizvođači zavrtnjeva su dužni da označe zavrtnje kao na slici gore levo. Oznaka koja je utisnuta na glavi zavrtnja na čeonj ili bočnoj površini treba da sadrži oznaku vrste zavojnice (M10), broj standarda (SRPS M.B1.050) i oznaku vrste materijala (5.8). Međutim, ponekad proizvođači na delovima svojih mašina koriste nestandardne zavojnice, kako korisnici ne bi mogli sami da ih zamene, već da bi morali da ih kupe kao rezervni deo koji je znatno skuplji.

Kako zavrtnji imaju stalnu težnju da se sami od sebe odvrnu, potrebna je stalna kontrola i pritezanje. Za odvrtanje i zavrtnje zavrtnajskih veza koriste se različiti alati, takozvani ključevi. Čeljusti ili otvori ključeva imaju oblik glave zavrtnja i navrtke. Oblici ključeva su prilagođeni zavrtnjima i prostoru u kojem se zavrtnji mogu da nalaze. Vilasti (viljuškasti) ključ sa jednom ili dve čeljusti (sl. a i b) je prikladan za odvrtanje rukom kada ima dovoljno slobodnog prostora oko zavrtnja. Okasti ključevi (sl. c i d) se koriste za ručno i mašinsko odvrtanje kada nema dovoljno slobodnog prostora oko samog zavrtnja.

Sigurna zaštita od korozije zavrtnajskih veza je održavanje u čistom stanju, bez prljavštine i vlage. Zavrtnajske veze se ne podmazuju, sem pokretnih (vretena dizalica, presa i sl.). Da bi se zavrtnji sigurno zaštitili od korozije koristi se površinska zaštita od cinka (pocinkovanje). Za posebne uslove korišćenja (prehrambena industrija), zavrtnji se izrađuju od materijala koji su otporni na koroziju, kao što su npr. hrom-nikl čelici.



U toku korišćenja može doći do različitih **deformacija i oštećenja zavrtnjeva**. Pri nepravilnom korišćenju, ili usled zamora materijala koji se javlja posle izvesnog vremena korišćenja, dolazi do nedozvoljenih oštećenja i lomova zavrtnjeva. Nepravilno korišćenje je tada kada se zavrtnaj optereti većom silom od one za koju je proračunat.

Kada je zavrtnaj preopterećen na istezanje (sl. a), oštećenja mogu biti:

- kidanje stabla zavrtnja (sl. b),
- potpuno ili delimično skidanje (smicanje) zavojava na stablu (sl. c i d) ili
- skidanje zavojava u navrtki (sl. e).

Pri poprečnom opterećenju može doći do savijanja stabla zavrtnja (sl. f).

Pri suviše velikom pritezanju dolazi do uvijanja zavrtnja tako da može doći do kidanja stabla. Pored toga, vrlo su česte deformacije pojedinih zavojava u toj meri da se zavrtnaj ne može niti zavrnuti niti odvrnuti.

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojnivi spojevi: **Navojni spojevi**

Prednosti navojnih spojeva:

- ❖ svi materiali mogu biti međusobno povezani,
- ❖ navojni spoj se može proizvoljno rastavljati i sastavljati bez značajnih posledica po spojene delove,
- ❖ visok stepen standardizacije zavrtnja (vijaka) i navrtki osigurava niske troškove nabavke i laku zamenu,
- ❖ nosivost veze je proporcionalna veličini i kvalitetu zavrtnja i navoja koji se koriste,
- ❖ vijčani spojevi odlično podnose dinamička opterećenja.

Nedostaci navojnih spojeva:

- ❖ slabljenje poprečnog preseka spojenih delova i veliko zarezno dejstvo usled uzdužnog ili navojnog otvora;
- ❖ visoka koncentracija napona na mestima naleganja glave zavrtnja ili navrtke na površinu spajanih delova;
- ❖ neprestana napregnutost - kontinuirano zatezanje u okolini prednapregnutih navojnih spojeva.



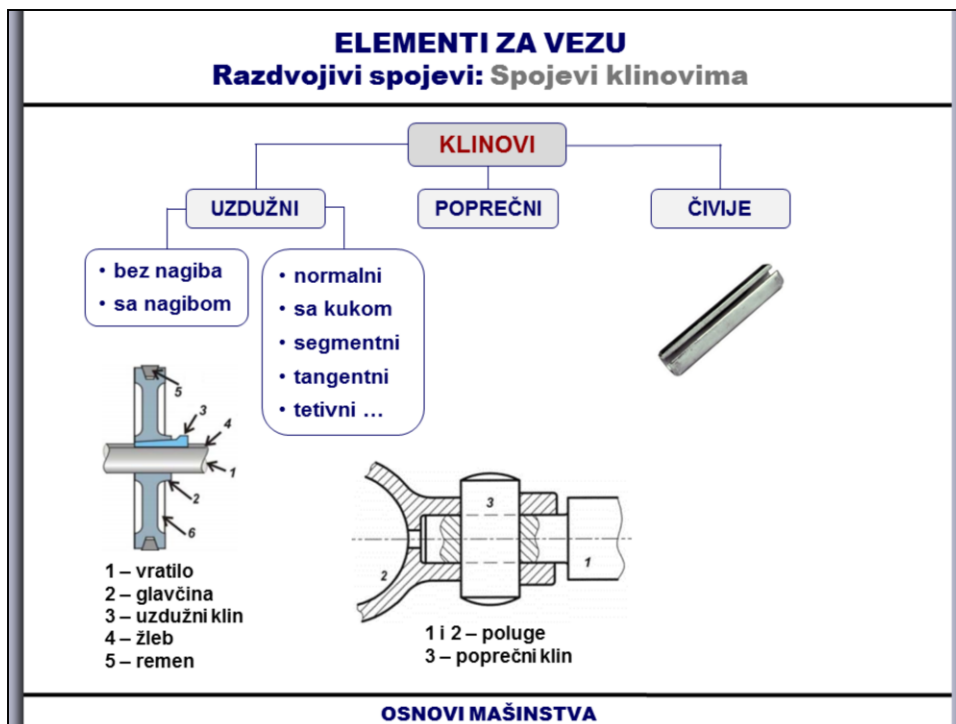
OSNOVI MAŠINSTVA

Prednosti navojnih spojeva:

- ❖ svi materiali mogu biti međusobno povezani,
- ❖ navojni spoj se može proizvoljno rastavljati i sastavljati bez značajnih posledica po spojene delove,
- ❖ visok stepen standardizacije zavrtnja (vijaka) i navrtki osigurava niske troškove nabavke i laku zamenu,
- ❖ nosivost veze je proporcionalna veličini i kvalitetu zavrtnja i navoja koji se koriste,
- ❖ vijčani spojevi odlično podnose dinamička opterećenja.

Nedostaci navojnih spojeva:

- ❖ slabljenje poprečnog preseka spojenih delova i veliko zarezno dejstvo usled uzdužnog ili navojnog otvora;
- ❖ visoka koncentracija naprezanja na mestima gde glava zavrtnja ili navrtke leži na površini spojenih delova;
- ❖ kontinuirano zatezanje u blizini prednapregnutih navojnih spojeva.



KLINOVI su mašinski elementi koji služe za spajanje vratila i osovina sa prenosnicima snage i drugih mašinskih delova koji se nalaze na vratilima i osovinama (točkovi, doboši, rotor i sl.).

Klinovi se dele na:

- ☐ **uzdužne,**
- ☐ **poprečne i**
- ☐ **čivije.**

Uzdužni klinovi su opterećeni uzduž svoje ose simetrije. Uzdužni klinovi mogu biti:

- **bez nagiba i**
- **sa nagibom.**

Klinovi bez nagiba se koriste za vratila čiji su ležaji osetljivi na udare, kada je potrebno postići tačno rastojanje između prenosnika uzduž vratila i kada se prenosnici često pomeraju po vratilu. Klinovi bez nagiba se obično ne pričvršćuju za vratilo, izuzev kada su velikih dimenzija i kada su opterećeni velikim silama, tada se pričvršćuju za vratilo pomoću zavrtnjeva.

Klinovi sa nagibom se koriste za ležaje koji nisu osetljivi na udare i za prenosnike koji se ne pomeraju uzduž vratila.

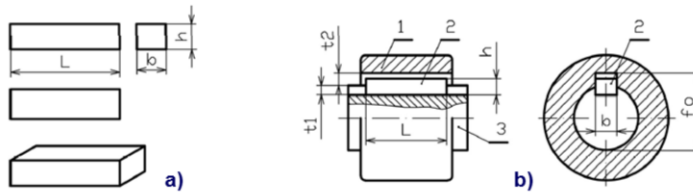
Prema konstrukcionom izgledu, uzdužni klinovi dele se na:

- normalne,
- klinove sa kukom,
- segmentne,
- tangentne,
- tetivne, itd.

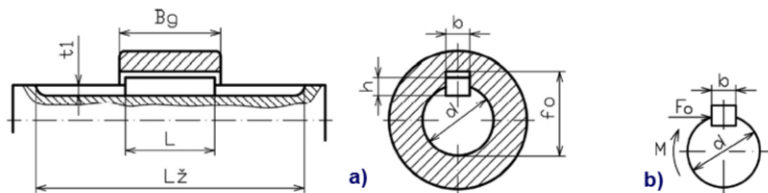
ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: Spojevi klinovima

Uzdužni klinovi – normalni bez nagiba



Sl.1 Normalni klin bez nagiba sa ravnim završecima: 1 - glavčina, 2 - klin



Sl.2 Dimenzije klina bez nagiba i žleba u vratilu

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Normalni klin bez nagiba ima oblik prizme sa ravnim ili polukružnim krajevima. Mogu biti bez i sa nagibom.

Osnovni parametri normalnog klina bez nagiba sa ravnim završecima (sl.1a) su:

- širina b ,
- visina h i
- dužina L .

Vrednosti ovih parametara su definisane nacionalnim i međunarodnim standardima. Klin (2) jednim delom visine t_1 ulazi u žleb vratila (3), a drugim delom visine t_2 u žleb glavčine prenosnika, točka ili slično (1). Dodir između klina i žleba za klin je bočnim stranama, dok gornja površina klina nije u kontaktu sa žlebom u glavčini. Između bočnih površina klina i žleba je čvrsto, a između gornje površine klina i žleba je labavo naleganje (sl.1b). Dimenzija dubine žleba u glavčini je f_0 . Normalni klin bez nagiba se koristi za spoj glavčine i vratila koja se često pomera po vratilu.

Dužina klina L treba da je manja od širine glavčine B_g ($L < B_g$) (sl.2a). Dužina žleba za klin u vratilu L_z treba da je zbog montaže duža dva do tri puta od dužine klina L ($L_z \gg L$), što je nedostatak ovog klina. Postupak montaže je sledeći: na vratilo se postavi prenosnik, zatim se sa strane nabija klin. Demontaža se sastoji u izbijanju klina sa jedne ili druge strane posebnim alatom.

Pri prenošenju obrtnog momenta M klin je opterećen obimskom silom F_0 koja izaziva naprezanje klina na smicanje τ_s (sl.2b). Obrtni moment se prenosi zahvaljujući otpornosti na smicanje površine poprečnog preseka klina.

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: Spojevi klinovima

Prednosti klinova bez nagiba:

- ❖ jednostavna montaža i demontaža bez primene udarnih sila;
- ❖ jednostavna izrada žlebova i samog klina;
- ❖ mogućnost povećanja nosivosti spoja postavljanjem dva klina;
- ❖ primena i za aksijalno pokretne spojeve;
- ❖ spoj nema uticaja na centričnost povezanih delova.

Nedostaci klinova bez nagiba:

- ❖ nije moguća primena za udarne naizmenično promenljive obrtne momente, jer pri tome nastaju relativna mikrokretanja vratila i glavčine praćena korozijom i razaranjem površinskih slojeva;
- ❖ znatna koncentracija napona na vratilu;
- ❖ potreba za dodatnim obezbeđenjem protiv aksijalnog pomeranja delova spoja;
- ❖ ne preporučuje se primena kod brzohodnih vratila.



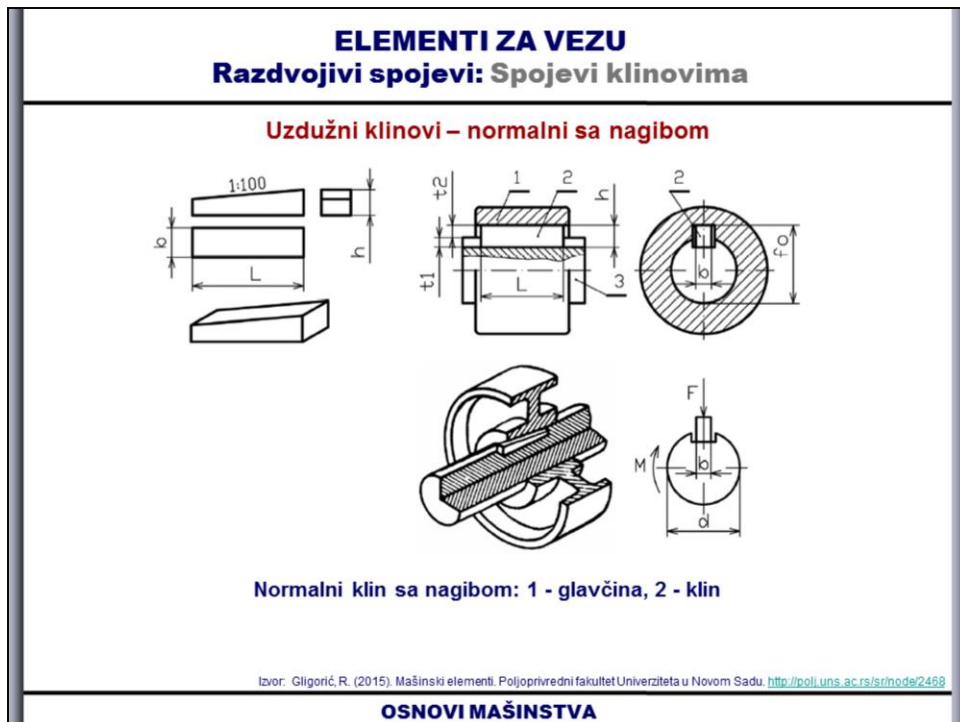
OSNOVI MAŠINSTVA

Prednosti klinova bez nagiba:

- ❖ jednostavna montaža i demontaža bez primene udarnih sila;
- ❖ jednostavna izrada žlebova i samog klina;
- ❖ mogućnost povećanja nosivosti spoja postavljanjem dva klina;
- ❖ primena i za aksijalno pokretne spojeve;
- ❖ spoj nema uticaja na centričnost povezanih delova.

Nedostaci klinova bez nagiba:

- ❖ nije moguća primena za udarne naizmenično promenljive obrtne momente, jer pri tome nastaju relativna mikrokretanja vratila i glavčine praćena korozijom i razaranjem površinskih slojeva;
- ❖ znatna koncentracija napona na vratilu;
- ❖ potreba za dodatnim obezbeđenjem protiv aksijalnog pomeranja delova spoja;
- ❖ ne preporučuje se primena kod brzohodnih vratila.



Normalni klin sa nagibom sa ravnim završecima prenosi obrtni moment M trenjem između gornje i donje površine usled dejstva sile F , dok bočne površine nisu u dodiru.

Pri prenošenju obrtnog momenta, gornja površina klina je izložena površinskom pritisku. Ovaj klin se koristi kada se prenosnik ne pomera po vratilu.

Naleganje vratila i glavčine treba da je neizvesno sa manjim vrednostima preklopa ili zazora. Kao i kod klina bez nagiba, dužina žleba za klin u vratilu treba da je zbog montaže duža dva do tri puta od dužine klina L .

Klinovi sa nagibom imaju mali nagib (1:100), tako da se spoj izvodi sa prednaponom između vratila i glavčine.

Primena klinova sa nagibom:

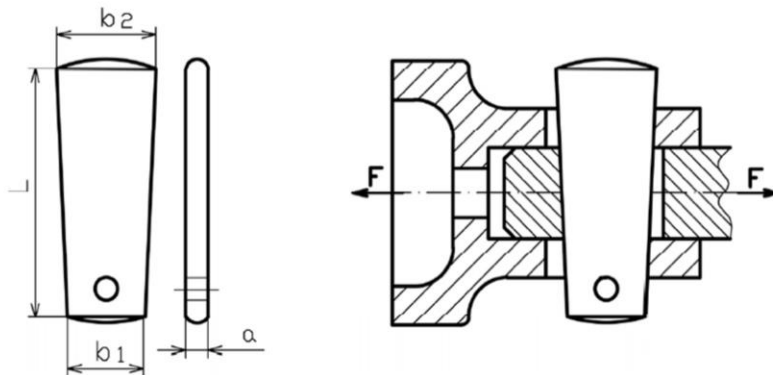
- za udarne naizmenično promenljive obrtne momente kod sporohodnih vratila;
- u teškoj mašingradnji - kod bagera, kranova;
- kod poljoprivrednih mašina, presa.

Negativnu stranu klinova sa nagibom predstavlja ekscentrični položaj vratila i glavčine, kao posledica deformacije spojenih delova u radijalnom pravcu.

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: Spojevi klinovima

Poprečni klinovi



Spajanje delova poprečnim klinom

Izvor: Gligorić R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Poprečni klinovi služe za međusobno spajanje različitih mašinskih delova.

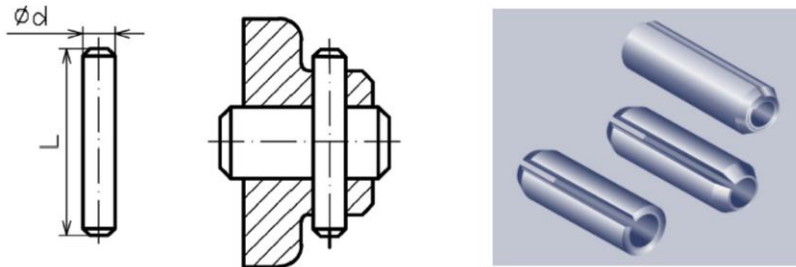
Da bi se zaštitio od ispadanja, poprečni klin je koničan sa jedne ili sa obe strane (sl. levo). Na užem kraju može da ima otvor za osigurač od ispadanja.

Poprečni klin je usled opterećenja radnom silom F izložen naprezanju na smicanje i na savijanje (sl. desno).

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: Spojevi klinovima

Čivije



Spajanje dela za osovinu pomoću čivije

Izvor: Gligorić R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Čivije su poseban oblik poprečnih klinova. Upotrebljavaju se u slučaju manjih opterećenja.

Obično su kružnog poprečnog preseka i manjih dimenzija. Mogu biti cilindrične ili konične, pune ili šuplje, krute ili elastične (razrezane) itd.

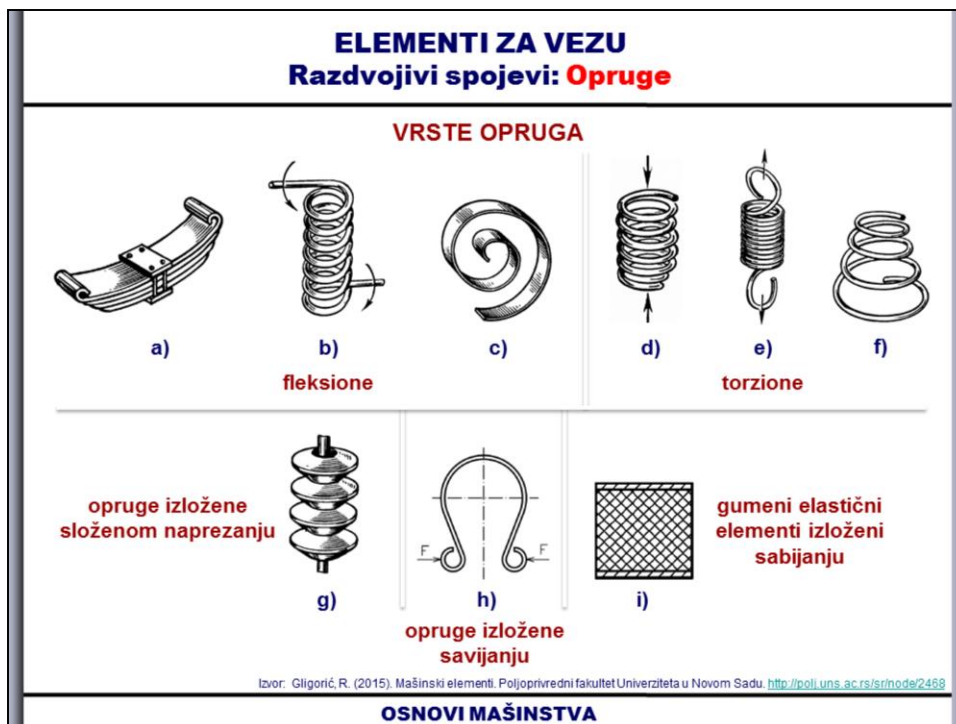
Najčešće se koriste za spajanje točkova, poluga i sl. sa vratilom.



Pravilno održavanje i korišćenje klinova podrazumeva da se ne preopterećuju. Radno opterećenje propisuje proizvođač mašine ili sklopa u kojem se klin nalazi.

Pri korišćenju klina treba voditi računa da se zaštiti od korozije i da se pri zabijanju i izbijanju ne ošteti i ne deformiše. Montaža i demontaža klina treba da je pažljiva i zbog ostalih delova na vratilu, prvenstveno ležaja.

Oštećenja koja mogu da se jave pri korišćenju uzdužnih klinova su deformacije pri montaži i demontaži i deformacije ili prelom usled preopterećenja na smicanje. Oštećenja poprečnih klinova i čivija mogu biti u vidu smicanja i savijanja.



OPRUGE su mašinski elementi koji **elastično** i **razdvojivo** spajaju mašinske delove. Pored ove osnovne uloge, opruge imaju zadatak:

- da akumuliraju energiju, tj. da mehaničku energiju transformišu u potencijalnu i obrnuto, npr. kod časovnika;
- da amortizuju udare, npr. na vozilima;
- da prigušuju vibracije kod delova koji imaju vibracije;
- da ostvaruju prinudno kretanje mašinskih delova, npr. kod sigurnosnih spojnika;
- da ograniče pritisak fluida, kod ventila itd.

Opruge se dele na:

- ✓ fleksione opruge koje su izložene naprezanju na savijanje (sl. a, b, c);
- ✓ torzione opruge koje su izložene naprezanju na uvijanje (sl. d, e, f);
- ✓ opruge izložene složenom naprezanju (sl. g);
- ✓ opruge različitih oblika izložene savijanju (sl. h) ili nekom drugom naprezanju, i
- ✓ gumene elastične elemente izložene na sabijanje ili drugim naprezanjima (sl. i).

Materijali za opruge moraju da budu izuzetno elastični i čvrsti, da bi mogli da nose velike napone koji su najčešće promenljivi. Osnovni materijali su čelici sa velikim sadržajem ugljenika (do 1,18%), legirani čelici sa silicijumom, manganom, hromom, vanadijumom i višestruko legirani čelici. Pored čelika, za izradu opruga se koriste: mesing, bronza, guma, plastične mase itd.

Za udarna opterećenja se koriste čelici legirani sa silicijumom, volframom i vanadijumom. Veliku zateznu čvrstoću imaju ugljenični, a posebno hrom-vanadijum čelici.

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

Primeri različitih vrsta opruga na tržištu



Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

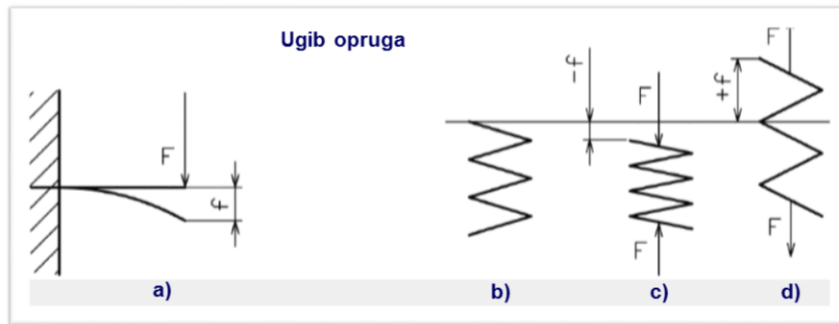
OSNOVI MAŠINSTVA

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

OSNOVNE KARAKTERISTIKE OPRUGA

- ☐ jedinični ugib C ,
- ☐ krutost opruga c ,
- ☐ deformacioni rad A .



Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Osnovne karakteristike opruga su:

- ☐ jedinični ugib C ,
- ☐ krutost opruga c i
- ☐ deformacioni rad A .

Opruge obavljaju svoju funkciju zahvaljujući ugibu (deformaciji) koji se javlja pod opterećenjem, a pri prestanku opterećenja ugib nestaje.

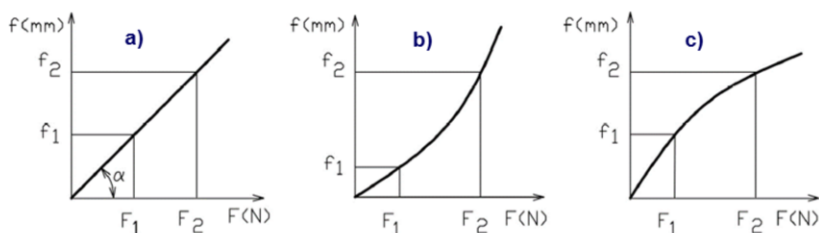
Pri dejstvu sile F na fleksionu oprugu (sl. a) javlja se ugib f . Pri dejstvu sile F na sabijanje (sl. c), torziona opruga ima negativan ugib ($-f$), a pri dejstvu na istezanje (sl. d) javlja se pozitivan ugib (f). Torziona opruga ne treba da bude toliko opterećena pri sabijanju da se zavojci dodirnu, jer tada opruga prestaje da bude opruga. Nakon prestanka dejstva sile, opruga treba da se vrati u svoj prvobitni položaj.

Nastavak ...

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

OSNOVNE KARAKTERISTIKE OPRUGA



Odnos opterećenja F i ugiba f opruga

$$C = \tan \alpha = \frac{f_2 - f_1}{F_2 - F_1} = \frac{f}{F} \left[\frac{\text{mm}}{\text{N}} \right] \quad (1) \quad c = \frac{F_2 - F_1}{f_2 - f_1} = \frac{F}{f} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}} \right] \quad (2) \quad A = \frac{F \cdot f}{2} [\text{Nmm}] \quad (3)$$

$F (\text{N}) = F_2 - F_1$ – razlika sile na kraju F_2 i početku dejstva F_1 ;

$f (\text{mm}) = f_2 - f_1$ – ugib kao razlika ugiba na kraju dejstva f_2 i početku dejstva f_1 .

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Vrednost deformacije opruga (ugiba f) zavisi od: opterećenja (F), vrste opruge, dimenzija, materijala, načina ugradnje itd.

Uzajamna zavisnost opterećenja i deformacija opruga može biti *proporcionalna* (sl. a) ili *neproporcionalna* (sl. b i c). Odnos ugiba f i sile F naziva se jedinični ugib C ili karakteristika opruge.

Jedinični ugib C predstavlja odnos ugiba i sile koja izaziva ugib: izraz (1). Definiše koliki ugib f u mm izazove sila F od 1 N ili 1 kN .

Krutost opruge c je recipročna vrednost jediničnog ugiba i predstavlja odnos sile i ugiba. Krutost opruge se određuje prema izrazu (2). Krutost opruge c pokazuje kolika je sila F izražena u N potrebna da se izazove ugib f od 1 mm ili 1 cm .

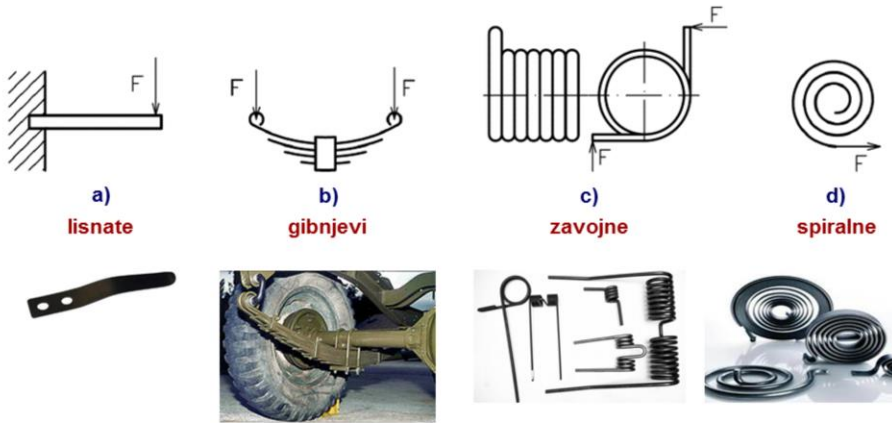
Proporcionalan odnos sile i ugiba (sl. a) imaju torzione cilindrične i fleksione opruge. Progresivan odnos sile i ugiba (sl. b) imaju konične torzione opruge i gumeni elementi. Degresivan odnos sile i ugiba (sl. c) imaju tanjiraste opruge.

Deformacioni rad A predstavlja uloženi rad za deformaciju opruge koji nakon toga može da se koristi. Za opruge sa proporcionalnim odnosom sile i ugiba, deformacioni rad je dat izrazom (3).

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

1. FLEKSIONE OPRUGE



Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

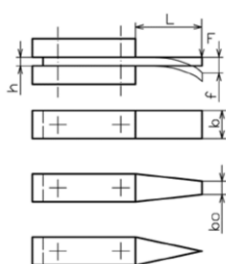
Fleksione opruge su izložene savijanju. Mogu biti:

- a) lisnate,
- b) gibnjevi,
- c) zavojne i
- d) spiralne.

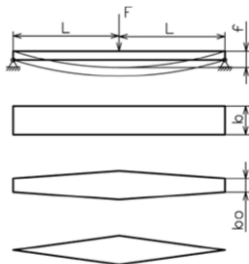
ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

a) Fleksione lisnate opruge



a) jednokrake



b) dvokrake

$$\sigma_f = \frac{F \cdot L}{b \cdot h^2} \leq \sigma_{\text{d}} \quad (1)$$

$$\sigma_{\text{d}} = \frac{\sigma_T}{S}; \quad S = 2 \div 3$$

$$f = \frac{4F \cdot L^3}{b \cdot h^3 \cdot E} \text{ [mm]} \quad (2)$$

$$c = \frac{b \cdot h^3 \cdot E}{4 \cdot L^3} \text{ [N/mm]} \quad (3)$$

$$f = k \cdot \frac{4F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} \text{ [mm]} \quad (4)$$

$k [-]$ – korekcionni faktor odnosa širina b_0/b

b_0/b	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
k	1,50	1,40	1,32	1,26	1,20	1,17	1,12	1,08	1,05	1,03	1,0

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Fleksione lisnate opruge su jednostavnog oblika i koriste se za ručne alate kao što su makaze za rezanje i slično. Pored toga, koriste se za elastično priljublivanje i razmicanje delova u bravarskoj i preciznoj mehanici, za razne alate i sl. Tada je obično jedan krak pričvršćen, a drugi je slobodan.

Lisnate opruge mogu biti **jednokrake** i **dvokrake**.

Najjednostavnija lisnata jednokraka opruga je konzola od opružnog materijala (sl. a). Kritičan poprečni presek dimenzija $h \times b$ je na mestu uklještenja i izložen je na savijanje i smicanje. Vrednost napona na savijanje je najveća na mestu uklještenja, a smanjuje se za poprečne preseke koji su bliži dejstvu sile F . Napon na savijanje je u poprečnom preseku dejstva sile F jednak nuli. Kako bi se uštedelo na materijalu, koji je za opruge skup, širina b nije konstantna po dužini L već se smanjuje do b_0 ili do $b_0 = 0$ (sl. a).

Na isti način se prave i dvokrake opruge (sl. b). Kritičan poprečni presek dvokrake lisnate opruge je na sredini. Stoga je na ovom mestu poprečni presek najveći, a smanjuje se prema krajevima na b_0 ili do $b_0 = 0$.

Ako su visina h i širina b lisnate jednokrake opruge konstantne (sl. a), tada se napon na savijanje, ugib f i krutost opruge c određuju na osnovu izraza (1), (2) i (3). Preporučuje se da stepen sigurnosti opruga bude $S = 2 \div 3$.

Za lisnate opruge čija širina b nije konstantna (sl. b), ugib se računa na osnovu izraza (4).

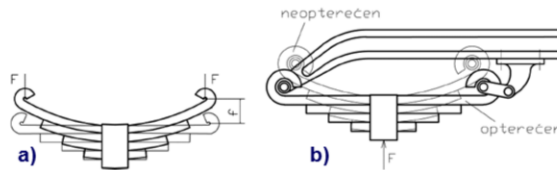
ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

b) Gibnjevi



a) **Sl.1 Spajanje listova gibnja**



b) **Sl.2 Gibanj**

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

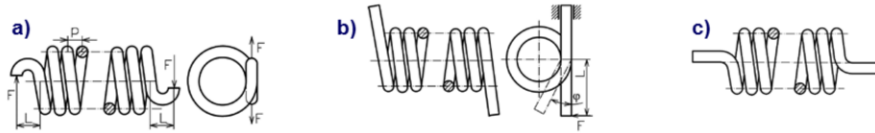
Gibnjevi su dvokrake lisnate opruge koje se sastoje iz više spojenih delova i koriste se za oslanjanje vozila (sl. 1). Gibanj nastaje tako što se potrebna širina opruge B podeli na određen broj listova (1 i 1'), (2, 2'), (3, 3') itd. širine $b/2$ i središnji glavni list (4) širine b (sl. 1a). Tako dobijeni listovi se stavljaju jedan na drugi. Listovi gibnja se spajaju u sredini na različite načine. Za mala opterećenja i male ugibe, listovi se mogu spojiti sa odgovarajućim ispustima (sl. 1b), zavrtanjem, uzengijom ili na neki drugi način.

Gibanj u neopterećenom položaju ima ugib f (sl. 2a). Kada se optereti maksimalnom silom F , listovi su u horizontalnom položaju (sl. 2b).

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

c) Fleksione zavojne opruge

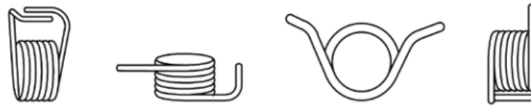


Sl.1 Fleksione zavojne opruge

$$\sigma_f = \frac{M}{W_x} = \frac{F \cdot L}{W_x} \leq \sigma_{df} \quad (1)$$

$$\varphi = \frac{M \cdot L_u}{E \cdot I} \quad (2)$$

L_u [m] - ukupna dužina žice opruge;
 I [m⁴] - moment inercije poprečnog preseka zavojaka (žice);



Sl.2 Različiti završeci fleksionih zavojnih opruga

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Fleksiona zavojna opruga nastaje kada se žica okruglog poprečnog preseka namota na valjak pod određenim uglom uspona opruge i koraka p (sl. 1a). Zavojna opruga se koristi za elastično spajanje poklopaca, za povratni hod delova mašina, poluga itd. Žica ima takve završetke da se može opteretiti silom F koja deluje upravno na uzdužnu osu opruge, najčešće u smeru zavojaka opruge. Pod dejstvom sile F opruga se savije za ugao φ (sl. 1b) i time je izložena naprezanju na savijanje: izraz (1).

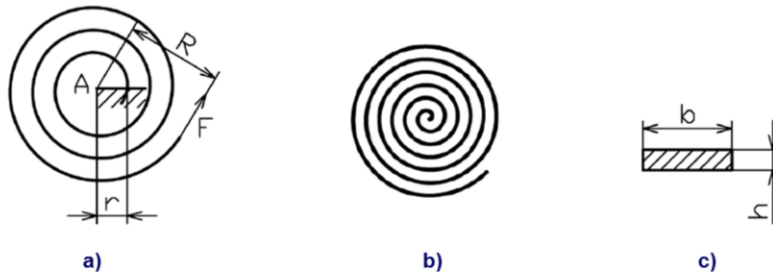
Ugao zakretanja opruge je dat izrazom (2). U izrazu (2) je: L_u (m) - ukupna dužina žice opruge, I (m⁴) - moment inercije poprečnog preseka zavojaka (žice).

Zavojne fleksione opruge imaju završetke različitih oblika kojima se zakače za delove mašina koje elastično spajaju (sl. 2).

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

d) Fleksione spiralne opruge



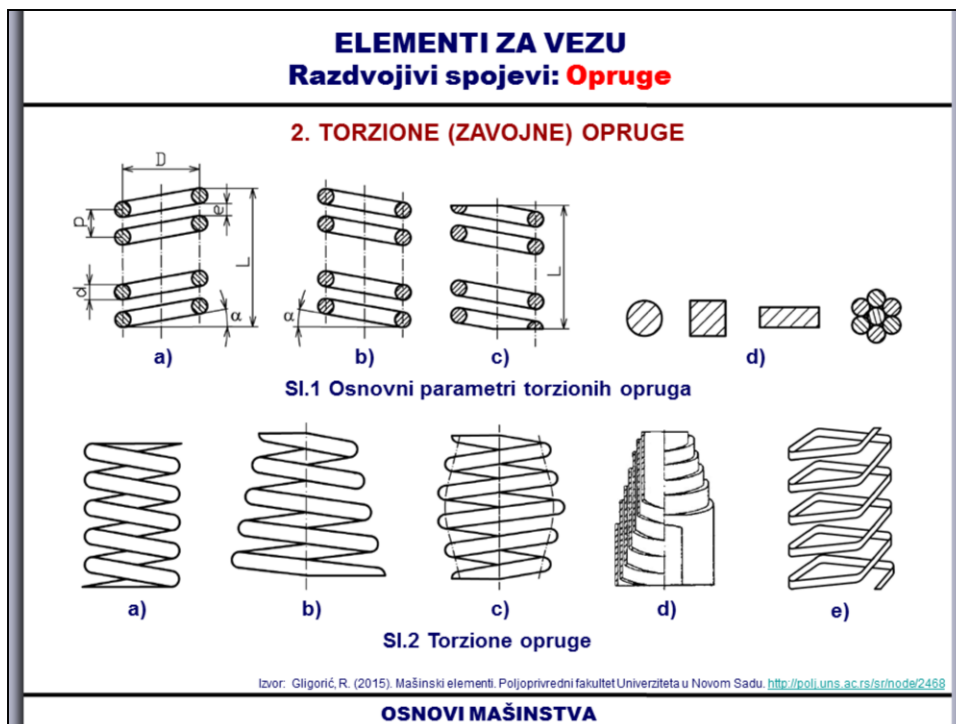
Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Fleksione spiralne opruge se prave od hladno valjanih traka pravougaonog poprečnog preseka ($b \times h$), savijenih u arhimedovu spiralu unutrašnjeg poluprečnika r i spoljašnjeg poluprečnika R , sa početnim brojem navojaka N_0 (sl. a). Jedan kraj opruge je čvrsto spojen (uklješten) u tački A, dok je drugi kraj opterećen silom F pri čemu je opruga napregnuta na savijanje. Nakon dejstva sile F smanjuju se vrednosti poluprečnika r i R , a poveća se broj zavoja na N (sl. b).

Karakteristika spiralnih opruga je da se sa malim vrednostima sile F postiže velika deformacija, koja se određuje smanjenim vrednostima poluprečnika r i R i povećanim brojem zavoja N .

Spiralna opruga je uglavnom u početnom stanju napregnuta na savijanje, nakon čega obavlja svoju funkciju, recimo kod časovnika da pomera kazaljke.



Torziona (zavojna) opruga nastaje kada se žica, najčešće kružnog poprečnog preseka prečnika $\varnothing d$, obavije oko valjka prečnika $\varnothing D$ po zavojnici sa **uglom uspona α** na desnu (sl.1a) ili levu stranu (sl.1b).

Pored prečnika žice i valjka, i ugla uspona, geometrijske parametre torziona opruge čine i:

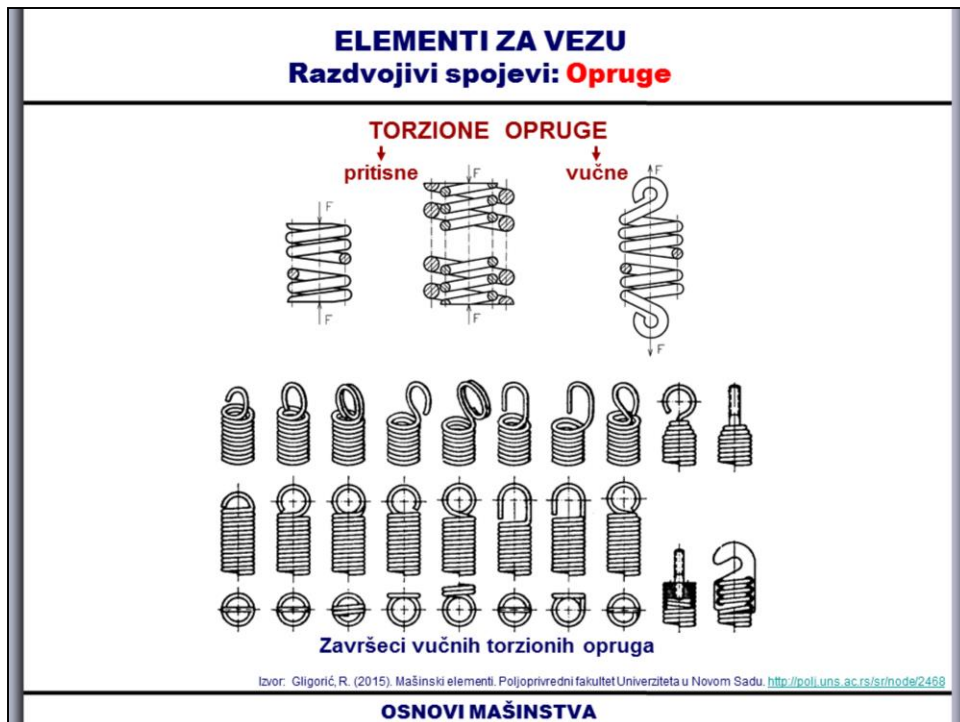
- **korak zavojnice p** ,
- **rastojanje između susednih zavoja e** i
- **dužina opruge L** .

Krajevi opruga se najčešće srađuju kako bi opruga bolje nalegala na dodirne površine (sl.1c). Poprečni presek žice od koje se dobija opruga je najčešće kružnica, a može biti i kvadrat, pravougaonik ili uža (sl.1d). Torziona cilindrične opruge kružnog poprečnog preseka imaju najširu primenu u mašinama.

Valjak oko kojeg se namotavanjem dobija torziona opruga može biti **cilindričan** (sl.2a), **koničan** (sl.2b) i **bačvast** (sl.2c). **Konične** i **bačvaste** torziona opruge imaju veći ugib i progresivan odnos sile i ugiba. Torziona opruga može biti **teleskopska** (sl.2d), koja ima pravougaoni poprečni presek trake od koje se pravi opruga. Teleskopska opruga ima mogućnost velikih ugiba i progresivan odnos sile i ugiba. Torziona opruga može biti **prizmatična**, kada se žica namotava oko **prizme** (sl.2e).

Torziona opruge se izrađuju navijanjem hladno vučene ili brušene žice ili vruće valjanih štapova kružnog ili pravougaonog poprečnog preseka oko valjka. Opruge prečnika do 10 mm se izrađuju hladnim postupkom, između 10 i 17 mm hladnim i toplim postupkom, a iznad 17 mm toplim postupkom. Opruge se nakon mehaničke obrade obrađuju termički.

Nastavak ...



Torzionne opruge mogu biti

1. **pritisne** ili
2. **vučne.**

Pritisne torziona opruge (gornja slika levo) su izložene na pritisak silom F uzduž ose simetrije, dok su **vučne torziona opruge** (gornja slika desno) opterećene aksijalnom silom F na istezanje. Za veoma velika opterećenja se koriste dve ili više opruga različitih uglova uspona, koje su jedna u drugoj (gornja slika u sredini).

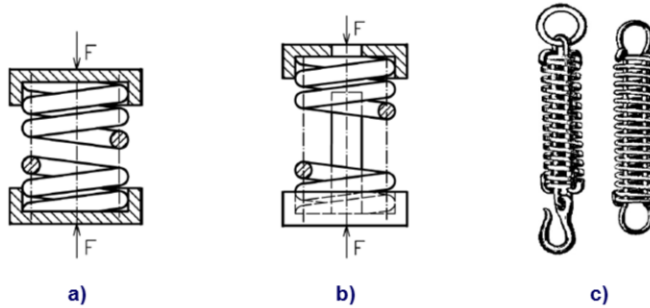
Vučne torziona opruge imaju završetke vrlo različitih oblika koji su prilagođeni mestu kačenja (donja slika).

Nastavak ...

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

Držači i nosači torzionih opruga



Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Opruge imaju različite držače u kojima se oslanjaju (sl. a).

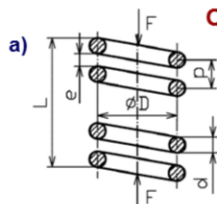
Za dugačke opruge su potrebne vođice, u protivnom opruga će se izviti (sl. b).

Nosači opruga su potrebni za dugačke opruge pomoću kojih se teret elastično veša, ili za slične potrebe, npr. kod dinamometra za merenje težine (sl. c).

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

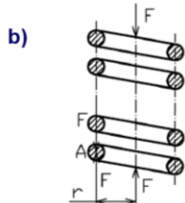
Opterećenje i deformacija torzionih opruga



$$M_u = F \cdot r \quad (1)$$

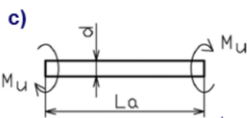
$$L_a = D \cdot \pi \cdot Z; \quad Z = \frac{L}{p} \quad (2)$$

$$\tau_u = \frac{M_u}{W_0} = \frac{F \cdot \frac{D}{2}}{\frac{d^3 \cdot \pi}{16}} = \frac{8 \cdot F \cdot D}{d^3 \cdot \pi} \leq \tau_{du} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F \cdot D}{\tau_{du} \cdot \pi}} \quad (3)$$



$$f = \frac{8 \cdot D^3 \cdot Z_a \cdot F}{d^4 \cdot G}; \quad Z_a = \frac{L}{p} - 1,5 \quad (4)$$

$$L_1 = L - f \quad (5)$$



$$e_1 = \frac{Z_a \cdot e - f}{Z_a} > e_{\min}; \quad e_{\min} = 0,1 \cdot d \geq 0,5 [\text{mm}] \quad (6)$$

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Ako se sila F koja opterećuje torzionu oprugu na pritisak (sl. a) redukuje na središte žice (tačku A) (sl. b), dobija se spreg sila M_u (izraz 1) koji uvija žicu ukupne dužine L_a (izraz 2) (sl. c). Parametar Z predstavlja ukupan broj zavoja opruge.

Napon na uvijanje torzione opruge τ_u dat je izrazom (3).

Ugib f cilindrične torzione opruge dat je izrazom (4), gde je Z_a – broj aktivnih zavoja koji nose opterećenje.

Dužina opterećene opruge je L_1 data je izrazom (5).

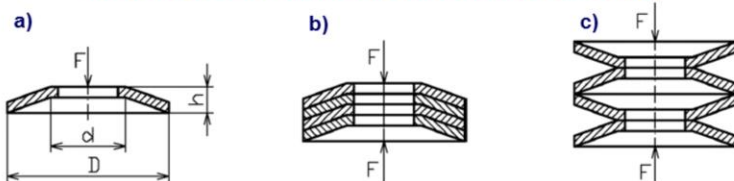
Rastojanje između susednih zavoja u opterećenom stanju e_1 predstavljeno je izrazom (6).

Pri opterećenju opruge se usled ugiba f smanjuje vrednost rastojanja između susednih zavoja sa e na e_1 . Ovo rastojanje ne sme da bude manje od $0,1 \cdot d$, ili ne manje od 0,5 mm. U slučaju da je ugib toliki da se zavojci dodirnu, opruga prestaje da bude opruga.

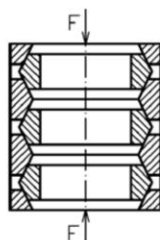
ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

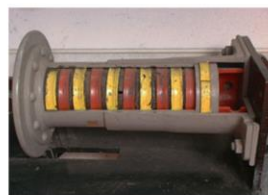
3. OPRUGE IZLOŽENE SLOŽENOM NAPREZANJU



Sl.1 Tanjiraste opruge



Sl.2 Prstenasta opruga



CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=50137>

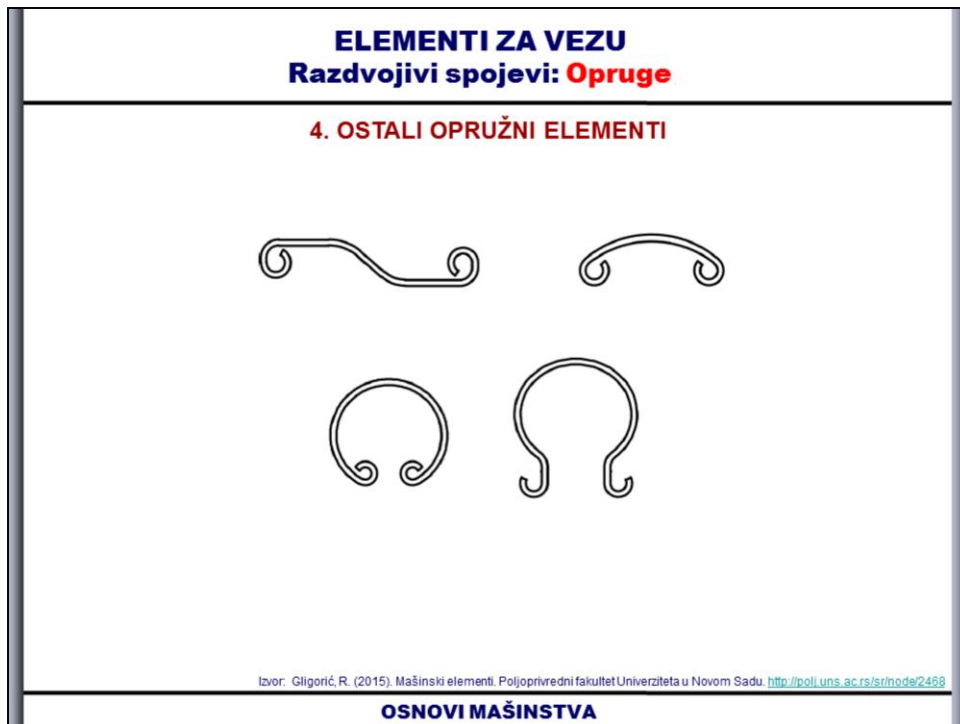
Sl.3 Prstenaste opruge u odbojniku
železničkih vagona

Izvor: Gligorić, R. (2015). Mašinski elementi. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu <http://poli.uns.ac.rs/sr/node/2468>

OSNOVI MAŠINSTVA

Za elastično prenošenje velikih sila sa malim ugibima koriste se **tanjiraste (pločaste) opruge** koje su složeno napregnute (sl. 1a). Tanjiraste opruge se slažu jedna na drugu u različitim kombinacijama (sl. 1 b i c), čime se postiže odgovarajuća nosivost, krutost i ugib.

Složeno napregnute opruge su i **prstenaste opruge** koje se sastoje iz članaka koji se deformišu pod dejstvom sile F i ulaze jedni u druge (sl. 2). Ove opruge prigušuju velika udarna opterećenja sa malim deformacijama. Koriste se za motorna vozila, za transportne mašine, dizalice itd. (sl. 3).



Opruge mogu da imaju i druge oblike, vrlo različite od onih koji su prethodno opisani.

Neki od tih oblika su prikazani na slici. Ovakvi oblici opruga imaju vrlo različite uloge i primenu pri elastičnom spajanju ili povezivanju mašinskih delova.

Opruge su i elastične podloške za zavrtnjske veze.

ELEMENTI ZA VEZU

Razdvojni spojevi: **Opruge**

PRAVILNO KORIŠĆENJE I ODRŽAVANJE OPRUGA



OSNOVI MAŠINSTVA

Pravilno korišćenje opruga podrazumeva:

- da se ne preopterećuju,
- da se zaštite od korozije i
- da se zaštite od pregrevanja.

Opruga se pri velikim preopterećenjima trajno deformiše i prestaje da bude opruga određene krutosti. Takođe, korozija utiče na gubitak elastičnih svojstava opruga. Materijal opruge usled pregrevanja gubi karakteristike koje su dobijene termičkom obradom. Pregrejana opruga promeni boju i postaje plavkasta. Kada opruga izgubi elastična svojstva i elastične karakteristike, treba je zameniti novom, određenih dimenzija i krutosti.

Posledice oštećenja opruga su veliki ugib i istezanja ili lom.

Kontrolna pitanja 16



1. Kako se dele opšti mašinski elementi?
2. Koje se vrste zakovanih spojeva razlikuju prema načinu postavljanja sastavaka?
3. Koje se vrste zakivaka razlikuju prema obliku glave?
4. Koje su prednosti, a koji nedostaci zakovanih spojeva?
5. Koji su osnovni principi proračunavanja zakovanih spojeva u slučaju nenaponske i naponske veza zakovicom?
6. Koji su osnovni postupci zavarivanja?
7. Koji su načini zavarivanja topljenjem sa dodavanjem materijala?
8. Koji su osnovni oblici zavarenih sastavaka dobijenih topljenjem sa dodavanjem materijala?

OSNOVI MAŠINSTVA

Kontrolna pitanja 16



9. Kako se postiže zavareni sastavak topljenjem bez dodavanja materijala?
10. Koje su prednosti, a koji nedostaci pojedinih tehnika zavarivanja?
11. Prema kojim faktorima se vrši podela postupaka lemljenja?
12. Koji se postupci lemljenja razlikuju prema načinu zagrevanja lema?
13. Koje su prednosti, a koji nedostaci mekog lemljenja?
14. Šta se postiže navojnim spojevima, odnosno, koja je njihova svrha?
15. Kako se dele navojni spojevi?
16. Šta predstavlja zavrtanjska veza?
17. Koje su osnovne veličine zavojnice?

Kontrolna pitanja 16



18. Koje su osnovne vrste zavojnica?
19. Kako se vrši analiza sila na zavojnici?
20. Kakva je raspodela opterećenja zavojaka zavrtnja i navrtke?
21. Koji su osnovni konstrukcioni oblici zavrtnjeva i elemenata za osiguranje od samoodvrtanja?
22. U čemu se sastoji pravilno korišćenje i održavanje zavrtnajskih veza?
23. Koje su prednosti, a koji nedostaci navojnih spojeva?
24. Čemu služe klinovi i kako se dele?
25. Skicirati normalni klin sa nagibom i ravnim završecima i obeležiti osnovne parametre oblika klina.

Kontrolna pitanja 16



26. Koji su osnovni zadaci opruga u mašinskim sistemima?
27. Koje su osnovne vrste opruga i od kojih se materijala izrađuju?
28. Koje su osnovne karakteristike opruga?
29. Koje su vrste fleksionih opruga?
30. Kako nastaju torzione opruge, koji su osnovni konstruktivni parametri torzionih opruga i koji su oblici zastupljeni u praksi?
31. Koje su vrste torzionih opruga prema smeru opterećenja?
32. Od kojih veličina zavisi deformacija torzionih opruga?
33. Koje se vrste opruga koriste za složena naprezanja?