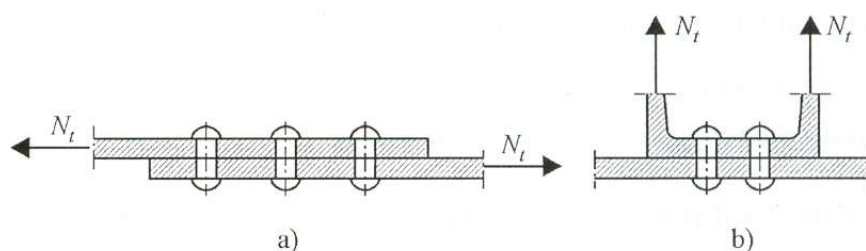


PROJEKTOVANJE VEZA I NASTAVAKA

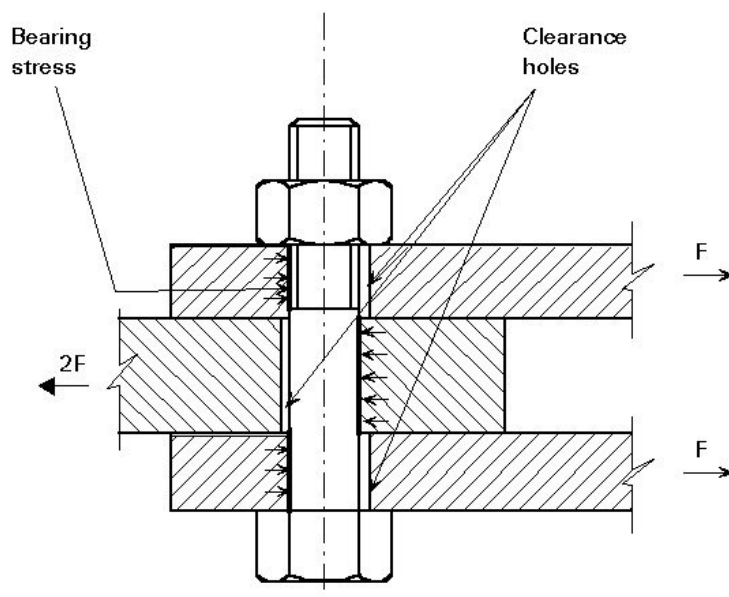
- drugi dio

KAKO SU OPTEREĆENA SPOJNA SREDSTVA

- Spojna sredstva mogu biti opterećena na smicanje ili zatezanjem u pravcu vrata zavrtnja (čupanje spojnog sredstva). Na sljedećoj slici su prikazane veze dva konstruktivna elementa sa grupom zakivaka koja je opterećena na smicanje a) i zatezanje vrata zakivaka b).



- Smicanje spojnog sredstva se dešava kada se uspostavi ravnoteža spoljašnjeg opterećenja (vidi sljedeću sliku), tako što se vrat spojnog sredstva nasloni na ometač rupe.



ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

- Ovako projektovano spojno sredstvo mora da ima dovoljnu nosivost na smicanje, da se ne bi desio lom spojnog sredstva, po smičućim ravnima, na mjestu spoja konstruktivnih elemenata.
- Drugi granični slučaj koji se može desiti je kada je pritisak vrata spojnog sredstva na omotač rupe veći nego što to čelik, od koga su napravljeni konstruktivni elementi koji se spajaju, može da izdrži. Jednostavno, u tom slučaju, spojno sredstvo ugnječi rupu i veza se razlabavi.
- Prema tome, kada su spojna sredstva opterećena na smicanje, potrebno je utvrditi nosivost s obzirom na:
 - smicanje spojnog sredstva i
 - pritisak po omotaču rupe (čeličnog elementa koji se spaja).
- Manja od ove dvije nosivosti je nosivost spojnog sredstva opterećenog na smicanje.
- U slučaju zatezanja u pravcu vrata spojnog sredstva (čupanja), lom veze se dešava kada vrat spojnog sredstva nema dovoljnu nosivost na aksijalno zatezanje.

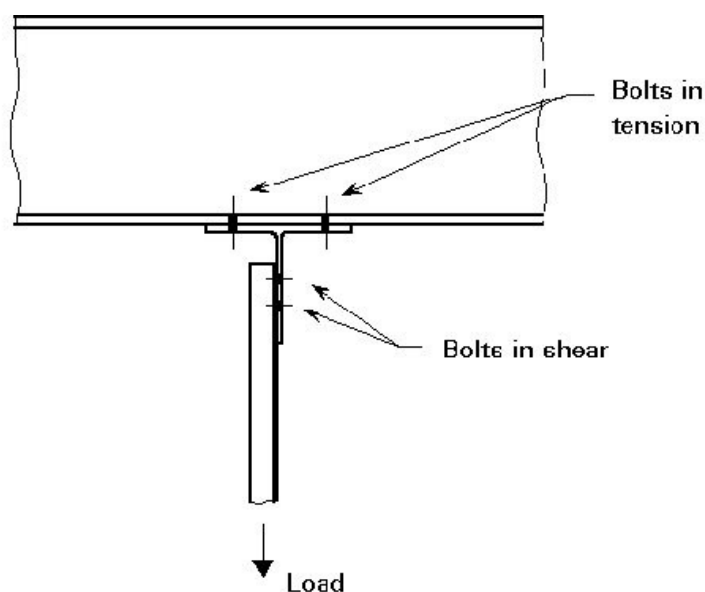


Figure 3 Bolts loaded in tension and in shear

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

- U ovom slučaju potrebno je utvrditi nosivost s obzirom na:
 - zatezanje spojnog sredstva.
- Često se u vezama dešava da su spojna sredstva istovremeno opterećena smicanjem i zatezanjem (sljedeća slika). O ovome se mora voditi računa i utvrditi nosivost ovako napregnutih spojnih sredstava.

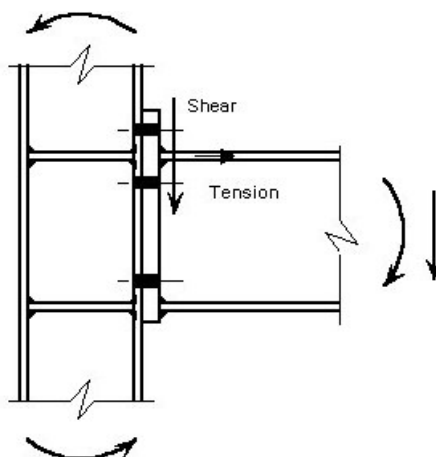
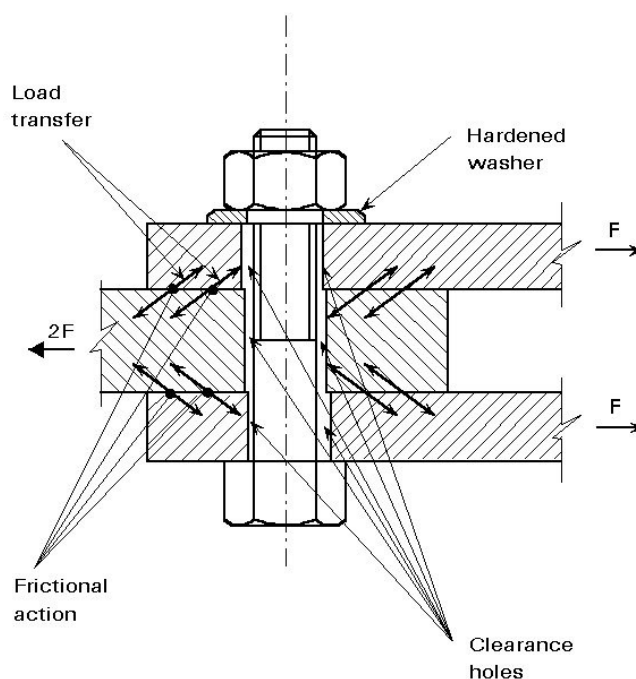


Figure 4 Bolts loaded in combined tension and shear

- Kada se veza ostvaruje sa visoko vrijednim zavrtnjevima (klase zavrtnjeva 8.8 i 10.9), moguće je ravnotežu spoljašnjeg opterećenja u vezi uspostaviti pomoću sila trenja između dodirnih površina elemenata koji se spajaju. Da bi ove sile bile što veće i samim tim veza efikasnija, potrebno je da se unese što veća sila pritiska u spoj, u pravcu vrata zavrtnja. Ovo se može ostvariti prednapretnjem zavrtnja.



ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

- Ako se, recimo, navrtka specijalnim alatom (moment ključ) uvrne za određeni procenat više od položaja u kome je zaustavljeno uvrtnje navrtke prilikom montaže zavrtnja, kao posljedica, vrat zavrtnja će biti prednapregnut (zategnut) određenom silom, a limovi koji se spajaju će biti pritisnuti tom istom silom. Što se više uvrće navrtka, većom silom se prednapreže zavrtnj i većom silom se pritišću limovi koji se spajaju. Što se ostvari veći pritisak na naliježućim površinama oko zavrtnja, uz odgovarajući koeficijent trenja između površina, veza će imati veću nosivost. Moći će da se uravnoteži veće spoljašnje opterećenje.
- Da bi se mogla efikasno unijeti velika sila prednaprezanja u zavrtnj, potrebno je da klasa zavrtnja bude velika. Iz tog razloga se ova vrsta veza izvodi samo sa zavrtnjevima klase 8.8 i 10.9.
- Veze sa prednapregnutim zavrtnjevima su nešto skuplje od veza sa zavrtnjevima bez prednaprezanja jer je potrebna obrada spojnih površina (da bi se ostvario što veći koeficijent trenja), kao i stalna kontrola kvaliteta zavrtnjeva, sile prednaprezanja i alata.

KATEGORIJE SPOJEVA SA ZAVRTNJEVIMA

- Smičući spojevi sa zavrtnjevima se svrstavaju u tri kategorije, a zatežući spojevi u dvije.
- Spojevi sa zavrtnjevima, opterećeni na smicanje, treba da se projektuju kao:

Kategorija A: pritisak po omotaču rupe

U ovoj kategoriji treba da se koriste zavrtnjevi klase od 4.6 do 10.9. Ne zahtijeva se prednaprezanje niti ima posebnih odredbi u pogledu kontaktnih površina. Proračunska granična smičuća sila ne treba da pređe proračunsku nosivost na smicanje i proračunsku nosivost na pritisak po omotaču rupe (o proračunskim nosivostima se govori u nastavku).

Kategorija B: spojevi otporni na proklizavanje pri graničnom stanju upotrebljivosti

U ovoj kategoriji treba koristiti prednapregnute zavrtnjeve klase 8.8 i 10.9. Do proklizavanja ne treba da dođe pri graničnom stanju upotrebljivosti. Proračunska smičuća sila za granično stanje upotrebljivosti ne treba da pređe proračunsku nosivost na proklizavanje. Proračunska smičuća sila ne treba da pređe proračunsku nosivost na smicanje, niti proračunsku nosivost na pritisak po omotaču rupe.

Kategorija C: spojevi otporni na proklizavanje pri graničnom stanju nosivosti

U ovoj kategoriji treba koristiti prednapregnute zavrtnjeve klase 8.8 i 10.9. Do proklizavanja ne treba da dođe pri graničnom stanju nosivosti. Proračunska smičuća sila za granično stanje nosivosti ne treba da pređe proračunsku nosivost na proklizavanje, niti proračunsku nosivost na pritisak po omotaču rupe. Pored toga, kod zategnutih elemenata treba da se provjeri i proračunska plastična nosivost neto poprečnog presjeka na mjestu rupa $N_{net,Rd}$ (vidjeti proračun aksijalno zategnutih elemenata iz prošlog semestra) za granično stanje nosivosti.

- Spojevi sa zavrtnjevima, opterećeni na zatezanje, treba da se projektuju kao:

Kategorija D: bez prednaprezanja

U ovoj kategoriji treba da se koriste zavrtnjevi klase čvrstoće od 4.6 do 10.9. Ne zahtijeva se prednaprezanje. Ova kategorija ne treba da se koristi onda kada su spojevi često izloženi promjenama sila zatezanja. Međutim, mogu da se koriste u vezama projektovanim da izdrže normalno opterećenje vjetra. Pored proračunske nosivosti na zatezanje, treba provjeriti i probijanje smicanjem (vidjeti u nastavku).

Kategorija E: prednapregnuti

U ovoj kategoriji treba koristiti prednapregnute zavrtnjeve klase 8.8 i 10.9, sa kontrolisanim pritezanjem. Ovdje treba obratiti pažnju, da kod zategnutih spojeva, spoljašnje opterećenje zateže zavrtnjeve, a oni su već do određene granice zategnuti usljed prednaprezanja. Treba paziti da ova dva zatezanja, kada se saberu ne prekorače proračunsku nosivost zavrtnja na zatezanje. Pored proračunske nosivosti na zatezanje, treba provjeriti i probijanje smicanjem (vidjeti u nastavku).

POLOŽAJ RUPA ZA ZAVRTNJEVE I ZAKIVKE

- Minimalni i maksimalni razmaci između spojnih sredstava, kao i rastojanja od kraja odnosno ivice za zavrtnjeve i zakivke dati su u sljedećoj tabeli.

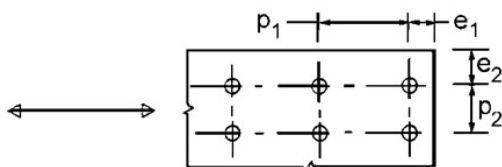
Rastojanja i razmaci, vidjeti sliku 3.1	Minimum	Maksimum ¹⁾²⁾³⁾		
		Konstrukcije od čelika koje odgovaraju EN 10025, izuzev čelika koji su u skladu EN 10025-5		Konstrukcije od čelika koji su u skladu EN 10025-5
		Čelici koji su izloženi atmosferskim ili drugim korozionim uticajima	Čelici koji nisu izloženi atmosferskim ili drugim korozionim uticajima	Čelici koji se koriste bez zaštite
Rastojanje od kraja e_1	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Veće od $8t$ ili 125 mm
Rastojanje od ivice e_2	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Veće od $8t$ ili 125 mm
Rastojanje kod ovalnih rupa e_3	$1,5d_0$ ⁴⁾			
Rastojanje kod ovalnih rupa e_3	$1,5d_0$ ⁴⁾			
Razmak p_1	$2,2d_0$	Manje od $14t$ ili 200 mm	Manje od $14t$ ili 200 mm	Manje od $14t_{\min}$ ili 175 mm
Razmak $p_{1,0}$		Manje od $14t$ ili 200 mm		
Razmak $p_{1,i}$		Manje od $28t$ ili 400 mm		
Razmak p_2 ⁵⁾	$2,4d_0$	Manje od $14t$ ili 200 mm	Manje od $14t$ ili 200 mm	Manje od $14t_{\min}$ ili 175 mm

- Maksimalno rastojanje između spojnih sredstava, kod pritisnutih elemenata, se ograničava zbog mogućeg lokalnog izvijanja ili izbočavanja ploča, između dva spojna sredstva. Ovo ograničenje se daje i zbog sprječavanja korozije kod izloženih elemenata.

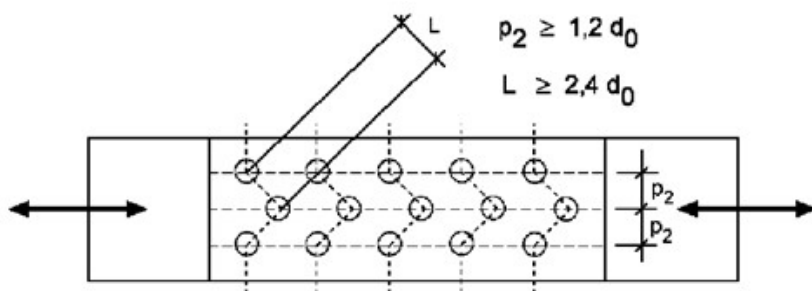
ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

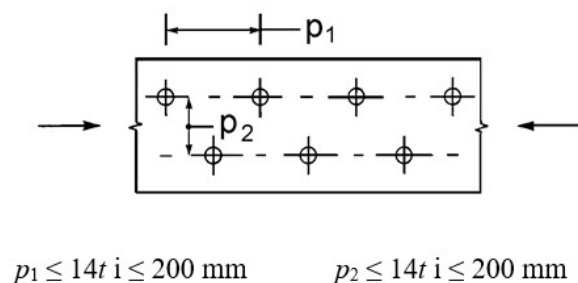
- Minimalna rastojanja se ograničavaju zbog fizičke mogućnosti da se montiraju spojna sredstva (zbog dimenzija glave, navrtke ...), kao i da ne bi došlo do cijepanja bloka spojnih sredstava, o čemu će biti riječi u nastavku.
- Na sljedećim slikama se vidi značenje oznaka iz prethodne tabele.



- Za smaknute redove spojnih sredstava minimalno rastojanje linija zavrtnejeva može biti $p_2 = 1.2d_0$, pod uslovom da je minimalno rastojanje L između dva spojna sredstva veće ili jednako od $2.4 d_0$.



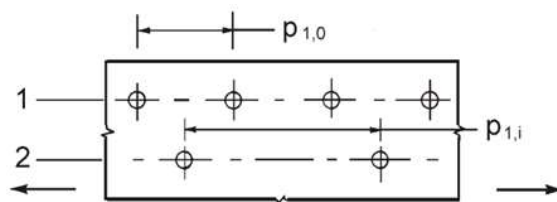
- Maksimalno rastojanje između spojnih sredstava, kod pritisnutih elemenata:



ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

- Maksimalno rastojanje između spojnih sredstava, kod zategnutih elemenata:

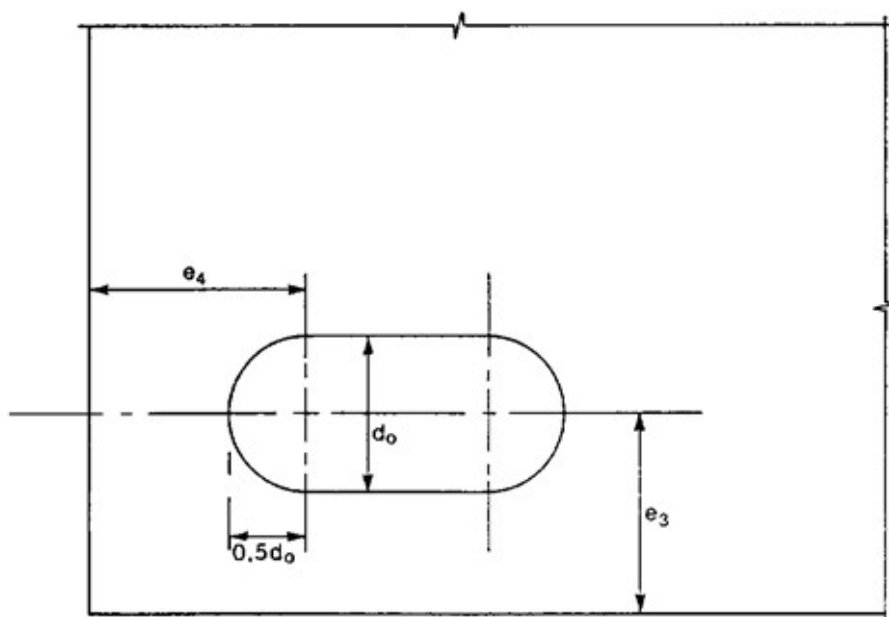


$$p_{1,0} \leq 14t \text{ i } \leq 200 \text{ mm} \quad p_{1,i} \leq 28t \text{ i } \leq 400 \text{ mm}$$

1 spoljašnji red 2 unutrašnji red

gdje je t je debljina najtanjeg spoljašnjeg lima u spoju.

- Rastojanja od kraja (e_4) i ivice (e_3) kod ovalnih rupa:



PRORAČUNSKA NOSIVOST ZAVRTNJEVA I ZAKIVAKA

- Nosivost zavrtnjeva i zakivaka na smicanje i zatezanje zavisi od granične čvrstoće na zatezanje (f_{ub} i f_{ur}) čelika od koga su napravljena spojna sredstva.
- Nosivost na pritisak po omotaču rupe zavisi od granične čvrstoće na zatezanje (f_u) čelika od koga su napravljeni elementi koji se spajaju u vezi.
- Proračunska nosivost pojedinačnih spojnih sredstava izloženih dejstvu smicanja ili zatezanja data je u sljedećoj tabeli.
- Zakivci se najčešće prave od čelika klase čvrstoće S 235. Zbog mašinske obrade u toku izrade, koja dovodi do poboljšanja materijala, za f_{ur} se može usvojiti 400 N/mm^2 .
- U proračunu nosivosti na probijanje smicanjem, u slučaju spojeva sa zavrtnjima, figuriše veličina d_m , koja predstavlja srednju vrijednost prečnika opisanog i upisanog kruga za glavu zavrtnja ili navrtku, pri čemu se uzima manja vrijednost.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

Tip loma	Zavrtnjevi	Zakivci
Nosivost na smicanje za jednu ravan smicanja	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <p>- kada ravan smicanja prolazi kroz dio zavrtnja sa navojem (A je površina ispitnog presjeka zavrtnja A_s):</p> <ul style="list-style-type: none"> - za klase čvrstoće 4.6, 5.6 i 8.8: $\alpha_v = 0,6$ - za klase čvrstoće 4.8, 5.8, 6.8 i 10.9: $\alpha_v = 0,5$ <p>- kada ravan smicanja ne prolazi kroz dio zavrtnja sa navojem (A je bruto površina presjeka zavrtnja A): $\alpha_v = 0,6$</p>	$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Nosivost na pritisak po omotaču rupe ^{1), 2), 3)}	$\overline{AC} F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t \overline{AC}}{\gamma_{M2}}$ <p>gdje je α_b najmanji od: α_d; $\frac{f_{ub}}{f_u}$ i 1,0;</p> <p>U pravcu prenošenja opterećenja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - za zavrtnjeve u krajnjim redovima: $\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}$; za zavrtnjeve u unutrašnjim redovima: $\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}$; <p>Upravno na pravac prenošenja sile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - \overline{AC} za zavrtnjeve u ivičnim redovima: k_1 je najmanja vrijednost od: $2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7$, $1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7$ i $2,5 \overline{AC}$; - za zavrtnjeve u unutrašnjim redovima: k_1 je najmanja vrijednost od: $1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7$ ili 2,5 	

Nosivost na zatezanje ²⁾	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>gdje je: $k_2 = 0,63$ za zavrtnjeve sa upuštenom glavom, $k_2 = 0,90$ u ostalim slučajevima.</p>	$F_{t,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Nosivost na probijanje smicanjem	$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$	Provjera nije potrebna
Kombinovano smicanje i zatezanje	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0$	

- 1) Nosivost na pritisak po omotaču rupe $F_{b,Rd}$ za zavrtnjeve:
 - u rupama sa velikim zazorom je 0,8 puta nosivost na pritisak po omotaču rupe za zavrtnjeve u normalnim rupama.
 - u ovalnim rupama, kada je uzdužna osa rupe upravna na pravac prenošenja sile, iznosi 0,6 puta nosivost na pritisak po omotaču rupe za zavrtnjeve u normalnim rupama.
- 2) Za zavrtnjeve sa upuštenom glavom:
 - nosivost na pritisak po omotaču rupe $F_{b,Rd}$ treba da se temelji na debljini lima t koja je jednaka debljini spojenog lima minus polovina dubine upuštanja;
 - za određivanje nosivosti na zatezanje $F_{t,Rd}$, ugao i dubina upuštanja treba da budu u saglasnosti sa 1,2,4, referentni standardi, grupe 4, u suprotnom, nosivost na zatezanje $F_{t,Rd}$ treba da bude prilagođena na odgovarajući način.
- 3) Kada opterećenje koje djeluje na zavrtnj nije paralelno sa ivicom, onda nosivost na pritisak po omotaču rupe može da se provjeri pojedinačno za paralelnu i upravnu komponentu opterećenja.

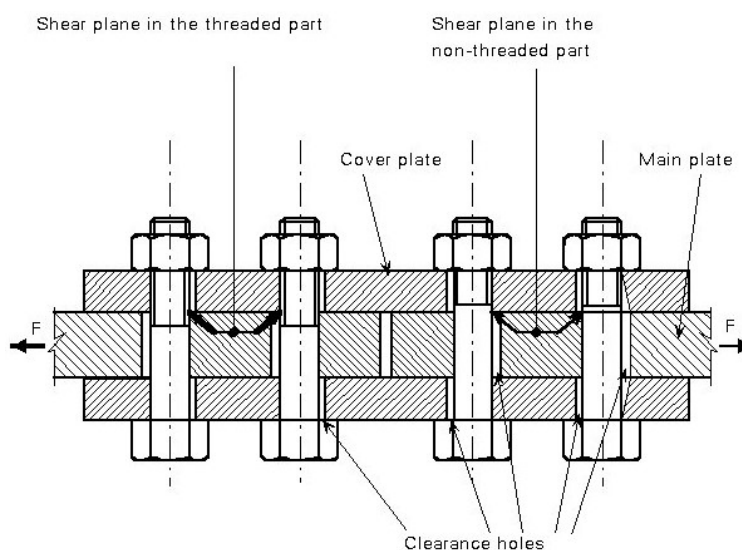
ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

- Površina A , kod zavrtnjeva, je puna površina kružnog presjeka zavrtnja prečnika d . Površina A_0 , kod zakivaka, je puna površina kružnog presjeka zakivka prečnika d_0 (nakon zakivanja vrat zakivka popuni rupu i prečnik mu se poveća sa d na d_0).
- Površina A_s predstavlja površinu ispitnog presjeka zavrtnja ili ankera (površina poprečnog presjeka kroz navoj) i manja je od punog presjeka oko 20%.

Zavrtnaj	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M33
A_s [cm ²]	0,84	1,57	2,45	3,03	3,53	4,59	5,61	6,74

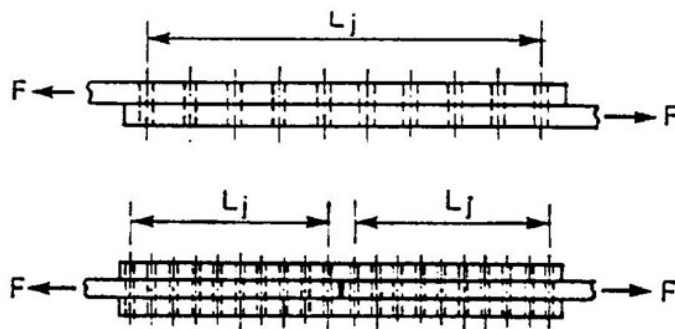
- U prethodnoj tabeli se navodi da, kada ravan smicanja prolazi kroz dio zavrtnja sa navojem (kao što je prikazano na sljedećoj slici – lijeva grupa zavrtnjeva), površinu A u izrazu za proračunsku nosivost na smicanje $F_{v,Rd}$ treba zamjeniti sa površinom ispitnog presjeka zavrtnja A_s .



- Proračunska nosivost grupe spojnih sredstava treba da bude određena kao broj spojnih sredstava pomnožen proračunskom nosivošću pojedinačnog spojnog sredstva.
- Kada je rastojanje L_j između centra krajnjih spojnih sredstava u vezi mjereno u pravcu prenošenja sile (vidjeti sljedeću sliku) veće od $15d$, onda proračunsku nosivost na smicanje svih spojnih sredstava $F_{v,Rd}$, sračunatu prema prethodnoj tabeli, treba umanjiti množenjem faktorom redukcije β_{Lf} koji je dat na sljedeći način:

$$\beta_{Lf} = 1 - \frac{L_j - 15d}{200d}$$

ali $\beta_{Lf} \leq 1,0$ i $\beta_{Lf} \geq 0,75$



SPOJEVI OTPORNI NA PROKLIZAVANJE

- Spojevi otporni na proklizavanje se, kao što je već rečeno, izvode sa prednapregnutim zavrtnjevima klase 8.8 i 10.9. Za prednapregnute zavrtnjeve proračunsku silu pritezanja $F_{p,Cd}$, koja se koristi pri proračunu treba uzeti kao:

$$F_{p,Cd} = 0,7f_{ub}A_s / \gamma_{M7}$$

- Za granično stanje nosivosti i granično stanje upotreblivosti, proračunske nosivosti prednapregnutih zavrtnjeva, klase 8.8 ili 10.9, na proklizavanje treba odrediti kao:

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M3}} F_{p,C}$$

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M3,ser}} F_{p,C}$$

gdje je:

k_s	koeficijent dat u sljedećoj tabeli;
n	broj ravni trenja;
μ	koeficijent trenja koji se određuje ili posebnim ispitivanjima ili se usvaja prema tabeli u nastavku.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

- Za zavrtnjeve klase 8.8 i 10.9, sila prednaprezanja $F_{p,C}$ koja se koristiti u prethodnom izrazu treba da se odredi na sljedeći način:

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$$

Opis	k_s
Zavrtnjevi u normalnim rupama	1,0
Zavrtnjevi ili u rupama sa većim zazorom ili kratkim ovalnim rupama sa osom otvora upravnom na pravac prenošenja opterećenja	0,85
Zavrtnjevi u dugačkim ovalnim rupama sa osovinom otvora upravnom na pravac prenošenja opterećenja	0,7
Zavrtnjevi u kratkim ovalnim rupama sa osovinom otvora paralelnom sa pravcem prenošenja opterećenja	0,76
Zavrtnjevi u dugačkim ovalnim rupama sa osovinom otvora paralelnom sa pravcem prenošenja opterećenja	0,63

Klase ravni trenja (vidjeti 1.2.7, referentni standardi, grupe 7)	Faktor trenja μ
A	0,5
B	0,4
C	0,3
D	0,2

- Klase ravni trenja se razvrstavaju prema načinu pripreme površine:
 - A Površina izložena udaru mlaza sačme (opiljci čelika ili čelične kuglice) ili grita (ostaci stare boje i sačme od prethodnih uklanjanja boje) pod jakim pritiskom sa uklonjanjem korozije koja nije slijepljena i površinom koja nakon tretmana ostaje relativno glatka, bez rupica.
 - B Površina toplo cinkovana i trenutno izložena brišućem vazдушnom pritisku (nakon ovog procesa površina ima matiran izgled, što znači da je meki površinski nelegirani cink uklonjen), a zatim obojana alkal-cink silikatnom bojom nominalne debljine 60 μm (suvi film boje treba da je između 40 μm i 80 μm).

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

- B Površina izložena udaru mlaza sačme ili grita pod jakim pritiskom, a zatim:
- premazana sa alkal-cink silikatnom bojom nominalne debljine $60 \mu m$ (suvi film boje treba da je između $40 \mu m$ i $80 \mu m$).
 - toplo sprejana sa aluminijumom ili cinkom ili kombinacijom oba, do nominalne debljine od $80 \mu m$.
- C Površina toplo cinkovana i trenutno izložena brišućem vazдушnom pritisku (ili izložena ekvivalentnom brušenju).
- C Površina očišćena čeličnim četkama ili plamenikom, sa uklonjanjem korozije koja nije slijepljena.
- D Površina se ne tretira.
- Ako je spoj otporan na proklizavanje pored sile smicanja $F_{v,Ed}$ ili $F_{v,Ed,ser}$ koja teži da izazove proklizavanje, izložen i dejstvu sile zatezanja $F_{t,Ed}$ ili $F_{t,Ed,ser}$, proračunska nosivost jednog zavrtnja na proklizavanje treba da se odredi na sljedeći način:

za spojeve kategorije B :

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s n \mu (F_{p,C} - 0,8F_{t,Ed,ser})}{\gamma_{M3,ser}}$$

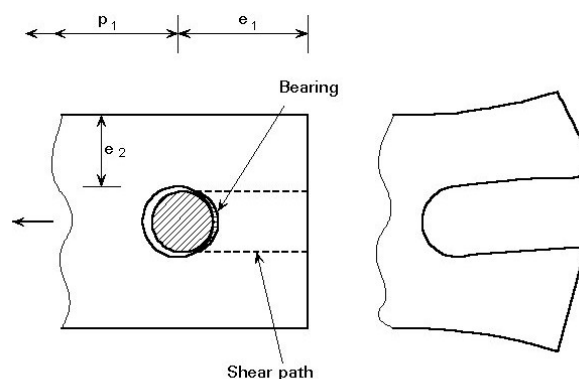
za spojeve kategorije C :

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu (F_{p,C} - 0,8F_{t,Ed})}{\gamma_{M3}}$$

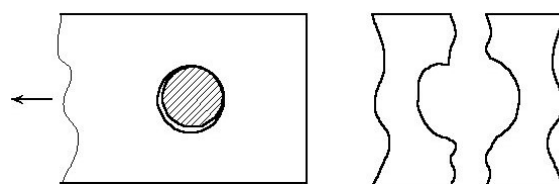
Spoljašnje opterećenje koje zateže spoj u suštini smanjuje pritisak između spojnih površina koje su pritisnute prednaprežanjem zavrtnja. U samom zavrtnju spoljašnje opterećenje dodatno zateže već zategnuti (prednapregnuti) zavrtnj.

PRORAČUN NOSIVOSTI NA CIJEVANJE BLOKA

- Ako u spojevima u kojima se spajaju tanki limovi i gdje je nosivost na pritisak po omotaču rupe daleko manja od nosivosti na smicanje, može se, pored prekomjernog lokalnog pritiska po omotaču rupe, kao granično stanje desiti cijepanje dijela lima, kao što se prikazuje na sljedećoj slici.



(a) Shearing-out-failure

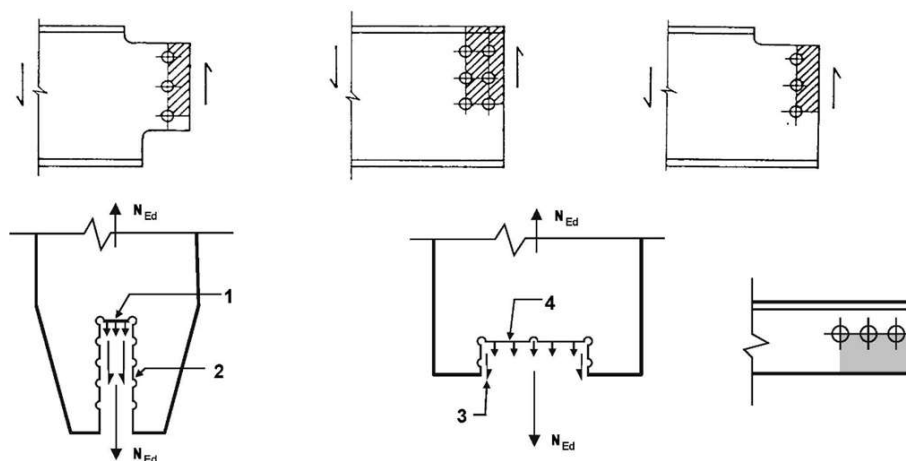


(b) Net section failure

- Pored cijepanja dijela lima u okolini jednog spojnog sredstva, moguće je da se desi cijepanje bloka, oko grupe spojnih sredstava.
- Cijepanje bloka obuhvata prekoračenje nosivosti na smicanje po smičućoj površini duž određene grupe redova spojnih sredstava, koje je u nastavku praćeno smičućim čupanjem ili cijepanjem bloka, kako se prikazuje na sljedećoj slici.
- U proračunu nosivosti na cijepanje bloka, razlikuju se slučajevi u kojima je blok izložen centričnom ili ekscentričnom opterećenju. Na sljedećoj slici, slučajevi u prvom redu i u drugom redu krajnji desno slučaj su ekscentrično opterećeni. Preostala dva slučaja u donjem redu su centrično opterećeni.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07



- 1 mala sila zatezanja
 2 velika sila smicanja
 3 mala sila smicanja
 4 velika sila zatezanja

- Za simetrične grupe zavrtneva koje su izložene centričnom opterećenju, proračunska nosivost na cijepanje bloka $V_{\text{eff},1,\text{Rd}}$ data je sa:

$$V_{\text{eff},1,\text{Rd}} = f_u A_{\text{nt}} / \gamma_{\text{M}2} + \left(1 / \sqrt{3} \right) f_y A_{\text{nv}} / \gamma_{\text{M}0}$$

gdje je:

A_{nt} neto površina izložena zatezanju;
 A_{nv} neto površina izložena smicanju.

- Za grupe zavrtneva koje su izložene ekscentričnom opterećenju proračunska nosivost na cijepanje bloka $V_{\text{eff},2,\text{Rd}}$ data je sa:

$$V_{\text{eff},2,\text{Rd}} = 0,5 f_u A_{\text{nt}} / \gamma_{\text{M}2} + \left(1 / \sqrt{3} \right) f_y A_{\text{nv}} / \gamma_{\text{M}0}$$

SPOJEVI SA ČEPOVIMA

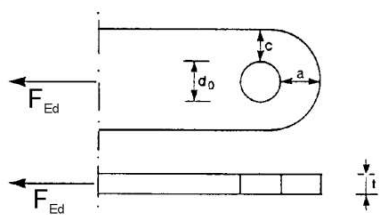
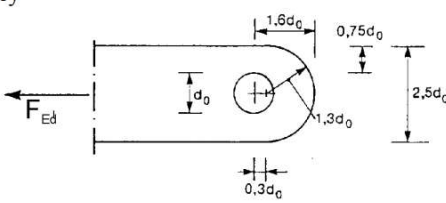
- Kod veza u kojima se želi ostvariti potpuno zglobna veza, koriste se spojevi sa samo jednim spojnim sredstvom. Obično je to slučaj kod oslonačkih veza sa velikim reakcijama, kada je i prečnik spojnog sredstva velikih dimenzija. Ova spojna sredstva se nazivaju čepovi.
- Čepovi imaju vrat bez navoja, glavu sa jedne strane i sistem za osiguranje od ispadanja sa druge strane. Na sljedećoj slici se prikazuje jedna karakteristična veza sa čepom.



- Proračun spojeva sa čepom se može sprovesti kao proračun spoja sa jednim zavrtnjem, kada se ne zahtijeva rotacija zgloba. Obično u konstrukcijama se zahtijeva rotacija zgloba. U tom slučaju, postupak proračuna se daje u nastavku.
- U sljedećoj tabeli se daju geometrijski uslovi za elemente koji su spojeni pomoću čepa. U prvom slučaju su poznati (unaprijed sračunati ili usvojeni) prečnik čepa i debljina lima u spoju, a u drugom slučaju su proizvoljni svi elementi, ali je uslovljena njihova međusobna zavisnost.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

<p><u>Type A:</u> Given thickness t</p>  $a \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{2 t f_y} + \frac{2 d_0}{3} : c \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{2 t f_y} + \frac{d_0}{3}$
<p><u>Type B:</u> Given geometry</p>  $t \geq 0,7 \sqrt{\frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{f_y}} : d_0 \leq 2,5 t$

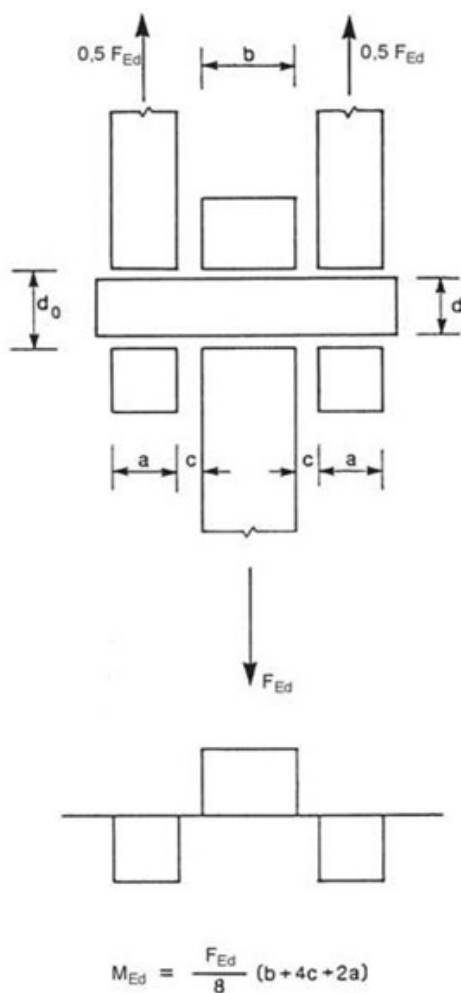
- Proračunski zahtjevi za pune čepove kružnog presjeka dati su u sljedećoj tabeli.

Oblik loma	Proračunski zahtjevi
Nosivost čepa na smicanje	$F_{v,Rd} = 0,6 A f_{up} / \gamma_{M2} \geq F_{v,Ed}$
Nosivost na pritisak po omotaču rupe i čepa	$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_y / \gamma_{M0} \geq F_{b,Ed}$
Ako se namjerava da čep bude zamjenjiv, onda ovaj zahtjev takođe treba da bude zadovoljen.	$F_{b,Rd,ser} = 0,6 t d f_y / \gamma_{M6,ser} \geq F_{b,Ed,ser}$
Nosivost čepa na savijanje.	$M_{Rd} = 1,5 W_{et} f_{yp} / \gamma_{M0} \geq M_{Ed}$
Ako se namjerava da čep bude zamjenjiv, onda ovaj zahtjev takođe treba da bude zadovoljen.	$M_{Rd,ser} = 0,8 W_{et} f_{yp} / \gamma_{M6,ser} \geq M_{Ed,ser}$
Nosivost čepa na kombinovano dejstvo smicanja i savijanja.	$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1$
d	prečnik čepa;
f_y	manja vrijednost granica razvlačenja čepa i spojenog dijela;
f_{up}	granična čvrstoća čepa na zatezanje;
f_{yp}	granica razvlačenja čepa;
t	debljina spojenog dijela;
A	površina poprečnog presjeka čepa.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

- Momenti savijanja u čepu M_{Ed} , treba da se odrede na osnovu pretpostavke da su spojeni djelovi slobodno oslonjeni. U opštem, treba pretpostaviti da su reakcije između čepa i spojenih djelova jednako podijeljene na čitavoj dužini kontakta svakog dijela, onako kako je to naznačeno na sljedećoj slici.



Prema tome M_{Ed} predstavlja maksimalni momenat proste grede raspona $a/2 + c + b + c + a/2$, opterećen jednako podijeljenim opterećenjem F_{Ed}/b .

ČELIČNE KONSTRUKCIJE II

PREDAVANJE 07

- Ako se namjerava da čep bude zamjenjiv, onda, pored odredbi koje su date u ovom dijelu, kontaktni napon pritiska treba da zadovolji uslov:

$$\sigma_{h,Ed} \leq f_{h,Rd}$$

gdje je:

$$\sigma_{h,Ed} = 0,591 \sqrt{\frac{E F_{b,Ed,ser} (d_0 - d)}{d^2 t}}$$

$$f_{h,Rd} = 2,5 f_y / \gamma_{M6,ser}$$

d prečnik čepa;
 d_0 prečnik rupe za čep;
 $F_{b,Ed,ser}$ proračunska vrijednost sile koja se prenosi kontaktnim pritiskom, usljed karakteristične kombinacije za granična stanja upotrebljivosti.