

SPOJNA SREDSTVA

Vrste sredstava za vezu

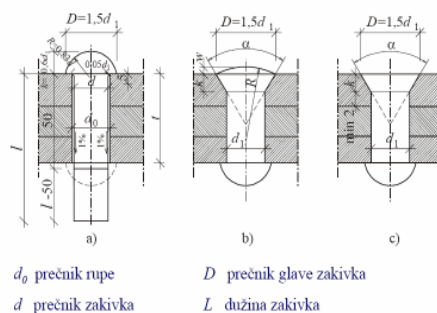
Mehanička spojna sredstva

- zakivci
- zavrtnjevi
- čepovi

Tehnološki postupci spajanja

- zavarivanje
- lepljenje

1. ZAKIVCI

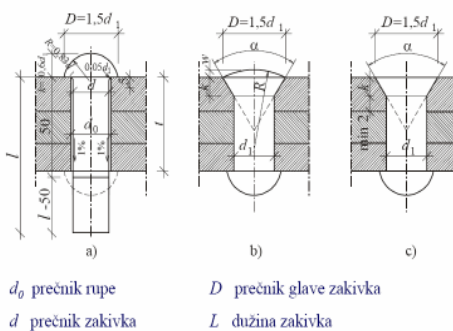


1

1. ZAKIVCI

Vrste zakivka:

1. Zakivci sa polukružnom glavom
2. Zakivci sa poluupuštenom glavom
3. Zakivci sa upuštenom glavom

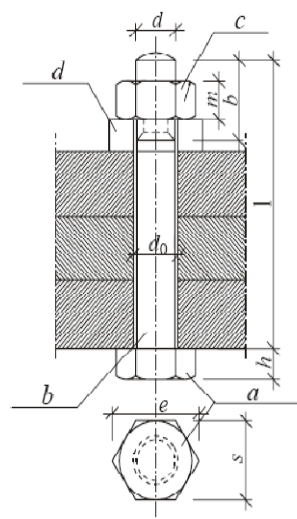


Označavanje zakivaka

Prečnik d_0	11	13	15	17	19	21	23	25	28	31	34
Oznaka	+	●	⊕ ¹⁵	⊖	⊕ ¹⁹	⊖	⊖	⊖	⊕ ²⁸	⊕ ³¹	⊕ ³⁴
Dopunske oznake zakivaka	a) ⊕ ¹⁵				b) ⊕ ¹⁹			c) ⊕ ²⁸		d) ⊕ ³⁴	

2

2. ZAVRTNJEVI



- a* šestougaona glava
- b* vrat zavrtnja
- c* navrtka
- d* podloška

3

Podela prema tačnosti izrade:

a) Obradeni (upasovani) zavrtnjevi,

$$\Delta d = d_0 - d \leq 0,3 \text{ mm}$$

b) Neobrađeni (neupasovani) zavrtnjevi

$$\Delta d = d_0 - d \geq 1,0 \text{ mm}$$

OBIČNI ZAVRTNJEVI

Označavanje zavrtnjeva

Oznaka treba da sadrži informacije o:

- vrsti navoja (M ili “),
- prečniku zavrtnja (d),
- dužini zavrtnja (l),
- kvalitetu materijala od koga je izrađen i
- standardu po kome je zavrtnj izrađen.

Mdxl...k.č-(JUS M.B1.068)

Primer: M20x100...5.6

4

Prikazivanje zavrtnjeva na crtežima :

Nazivni prečnik	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
Osnovne oznake za zavrtnjeve							
Obradeni zavrtnjevi							
Montažni zavrtnjevi							
Montažne rupe i zavrtnjevi							

Klasa čvrstoće definiše kvalitet čelika od kog su zavrtnjevi izrađeni, odnosno njegove mehaničke karakteristike: – f_u čvrstoća na zatezanje i f_y granica razvlačenja.

Klasa čvrstoće se označava sa dva broja razdvojena tačkom!

Značenje oznake klase čvrstoće

Broj na prvom mestu predstavlja stoti deo čvrstoće na zatezanje u MPa:

$f_u/100$.

Broj na drugom mestu predstavlja desetostruki odnos granice razvlačenja I

čvrstoće na zatezanje: **10 (f_y/f_u)**.

Obični zavrtnjevi se izrađuju u sledećim klasama čvrstoće:

4.6, 4.8, 5.6, 5.8, i 6.8.

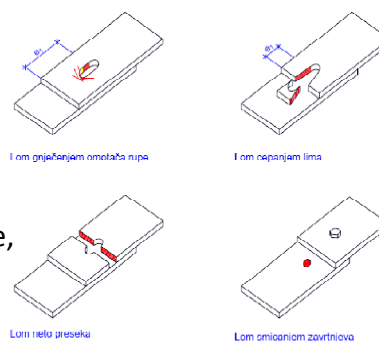
5

Vrste spojeva sa zavrtnjevima:

- Smičući spojevi (SS) i smičući spojevi sa tačnim naleganjem (SST) kod kojih se sila prenosi smicanjem tela zavrtnja;
- Zatežući spojevi (ZS) kod kojih se sila prenosi zatezanjem tela zavrtnja
- Kombinovani spojevi (KS) istovremeno smicanje i zatezanje.

NOSIVOST ZAVRTNJEVA U SMIČUĆIM SPOJEVIMA

Poračun nosivosti zavrtnjeva u smičućim spojevima



- Lom smicanjem tela zakivka,
- Lom gnječenjem omotača rupe,
- Lom neto preseka i
- Lom cepanjem lima.

6

Nosivost zavrtnjeva u smičućim spojevima:

$$F_{v,dop} = \min\{F_v, F_b\}$$

F_v - nosivost zavrtnja na smicanje

F_b - nosivost zavrtnja na pritisak po omotaču rupe

Nosivost zavrtnjeva na smicanje:

$$F_v = m \cdot A_{v,1} \cdot \tau_{dop} = m \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \tau_{dop}$$

m - sečnost zavrtnja,

$A_{v,1}$ - površina poprečnog preseka tela zavrtnja,

τ_{dop} - dopušten napon smicanja i

d - prečnik zavrtnja.

Kod obrađenih zavrtnjeva umesto prečnika zavrtnja (d) treba uzeti prečnik rupe (d_0)!

7

Nosivost zavrtnjeva na pritisak po omotaču rupe:

$$F_b = \min A_b \cdot \sigma_{b,dop}$$

$$F_b = \min \sum t \cdot d \cdot \sigma_{b,dop}$$

$\min A_b$ - minimalna površina kontakta između tela zavrtnja i omotača rupe

d - prečnik tela zavrtnja;

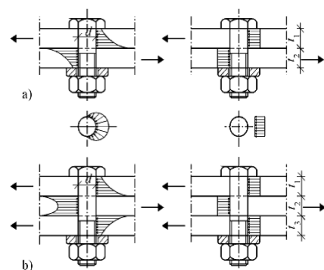
$\min \sum t$ - minimalna debljina limova koji su opterećeni u istom pravcu;

$\sigma_{b,dop}$ - dopušten napon pritiska po omotaču rupe.

Kod obrađenih zavrtnjeva umesto prečnika zavrtnja (d) treba uzeti prečnik rupe (d_0)!

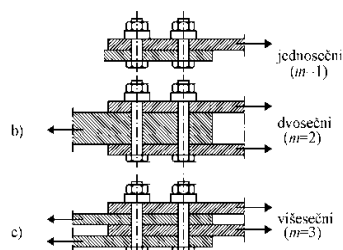
8

Određivanje minimalne d



$$\min \sum l = \min \begin{cases} l_1 + l_3 \\ l_2 \end{cases}$$

čvrstoća zavrtnjeva



NOSIVOST ZAVRTNJEVA NA ZATEZANJE

Nosivost zavrtnjeva na zatezanje

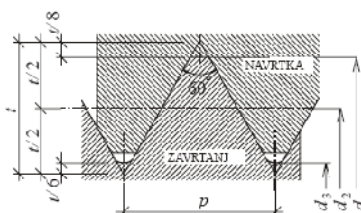
Zavisi od:

- kvaliteta materijala i
- površine ispitnog preseka (A_s)

9

$$A_s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

d_2 srednji prečnik navoja,
 d_3 prečnik jezgra zavrtnja.



Dopuštena sila zatezanja

$$F_{t,dop} = A_s \cdot \sigma_{t,dop}$$

A_s površina ispitnog preseka zavrtnja,

$\sigma_{t,dop}$ dopušten napon zatezanja za zavrtnjeve.

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

Nosivost obrađenih i neobrađenih zavrtnjeva na zatezanje je ista!

10

KOMBINOVANO NAPREZANJE (ZATEZANJE I SMICANJE) ZAVRTNJEVA

Zavrtnjevi koji su istovremeno opterećeni na smicanje i zatezanje.

Pored pojedinačnih kontrola nosivosti na smicanje i zatezanje potrebno je proveriti i interaktivno dejstvo smicanja i zatezanja!

Kontrole naprezanja:

Smicanje :

$$V_1 \leq F_{v,dop}$$

Zatezanje :

$$N_{t,1} \leq F_{t,dop}$$

Kombinovano

Naprezanje :

$$\left(\frac{V_1}{F_{v,dop}} \right)^2 + \left(\frac{N_{t,1}}{F_{t,dop}} \right)^2 \leq 1$$

11

Dopušteni naponi za neobrađene zavrtnjeve

Vrsta napona	I slučaj opterećenja				II slučaj opterećenja			
	Vrsta čelika od kojeg su izrađeni elementi koji se spajaju							
	S235	S275	S355		S235	S275	S355	
$\sigma_{b,dop}$	$1,7 \cdot \sigma_{dop}^I$				$1,7 \cdot \sigma_{dop}^{II}$			
Pritisak po omo- taču rupe	270	315	410		305	350	450	
	Klase čvrstoće zavrtnjeva							
	4.6	5.6	6.8	8.8	4.6	5.6	6.8	8.8
τ_{dop}	$0,28 \cdot f_u$				$0,315 \cdot f_u$			
Smicanje	112	140	168	224	126	157	189	252
$\sigma_{t,dop}$	$0,275 \cdot f_u$				$0,312 \cdot f_u$			
Zatezanje	110	137	165	220	125	156	188	250

12

Dopušteni naponi za obrađene zavrtnjeve

Vrsta napona	I slučaj opterećenja				II slučaj opterećenja			
	za spajanje delova od čelika							
	S235	S275	S355		S235	S275	S355	
$\sigma_{b,dop}$	$2,0 \cdot \sigma^I_{dop}$				$2,0 \cdot \sigma^{II}_{dop}$			
Pritisak po omotaču rupe	320	370	480		360	410	530	
	Klase čvrstoće zavrtnjeva							
	4.6	5.6	6.8	8.8	4.6	5.6	6.8	8.8
τ_{dop}	$0,35 \cdot f_u$				$0,40 \cdot f_u$			
Smicanje	140	175	210	280	160	200	240	320
$\sigma_{t,dop}$	$0,275 \cdot f_u$				$0,312 \cdot f_u$			
Zatezanje	110	137	165	220	125	156	188	250

13

•VISOKOVREDNI ZAVRTNJEVI

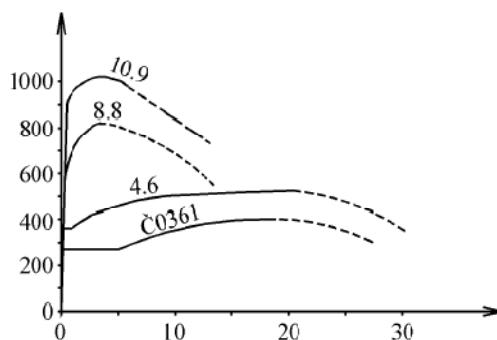
- Obeležavanje visokovrednih zavrtnjeva:

Vrsta zavrtnja	Zazor	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
Zavrtnjevi bez tačnog naleganja	$\Delta d \leq 1,0 \text{ mm}$							
Zavrtnjevi sa tačnim naleganjem	$\Delta d \leq 0,3 \text{ mm}$							
Dodatne oznake								
Montažni zavrtnjevi								
Montažne i rupe i zavrtnjevi								

14

Klase čvrstoće:

Klasa čvrstoće	Tehnička (konvencijalna) granica razvlačenja $f_{0,2}$	Zatezna čvrstoća f_u	Izduženje δ_5	Udarna žilavost na 0°C
	[MPa]	[MPa]	(%)	[J]
8.8	640	800	12	30
10.9	900	1000	9	20
12.9	1080	1200	8	15



15

Sila prednaprezanja F_p

$$F_p = \nu_1 \cdot f_{0,2} \cdot A_s$$

$f_{0,2}$ - tehnička granica razvlačenja;

A_s - površina ispitnog preseka;

ν_1 - koeficijent pritezanja (redukcije);

Koeficijent pritezanja:

$$\nu_1 = \begin{cases} 0,7 & \text{za } k > 0,14 \\ 0,8 & \text{za } k \leq 0,14 \end{cases}$$

Koeficijent k zavisi od trenja između navrtke i navoja.

Vrednosti definiše proizvođač ($k = 0,13 - 0,17$).

16

PRORAČUN NOSIVOSTI VISOKOVREDNIH ZAVRTNJEVA U SMIČUĆIM SPOJEVIMA

Potrebno je proveriti:

- nosivost na proklizavanje, pri graničnom stanju upotrebljivosti;
- nosivost na smicanje i pritisak po omotaču rupe, pri graničnom stanju nosivosti;

Prema našim propisima ne dozvoljava se proklizavanje pri eksploatacionom opterećenju (koncept dopuštenih napona)!

17

Nosivost prednapregnutih zavrtneva na proklizavanje $F_{s,dop}$:

$$F_{s,dop} = m \cdot \frac{\mu \cdot F_p}{V_2} = m \cdot \frac{\mu \cdot V_1 \cdot f_{02} \cdot A_s}{V_2}$$

m - broj tarnih ravni (kao sečnost kod običnih zavrtneva),

F_p - sila prednaprezanja,

μ - koeficijent trenja,

V_2 - koeficijent sigurnosti.

Neophodne kontrole nosivosti kod prednapregnutih visokovrednih zavrtneva u tarnim spojevima

$$V_1 \leq F_{s,dop} = m \cdot \mu \cdot F_p / V_2$$

$$V_1 \leq F_{b,dop} = \min \sum t \cdot d \cdot \sigma_{b,dop}$$

Koeficijent sigurnosti na proklizavanje		V_2	
Vrsta opterećenja (tip konstrukcija)	Slučaj opterećenja	I	II
Pretežno mirno opterećenje (zgrade, krovovi i sl.)	$0,3 < \Delta d \leq 1 \text{ mm}$	1,25	1,10
	$1 < \Delta d \leq 3 \text{ mm}$	1,56	1,38
Mirno + dinamičko opterećenje (mostovi, kranski nosači i sl.)	$0,3 < \Delta d \leq 1 \text{ mm}$	1,40	1,25

V_1 - maksimalna sila u jednom zavrtnju,

$F_{s,dop}$ - nosivost na proklizavanje,

$F_{b,dop}$ - nosivost na pritisak po omotaču rupe.

18

Neophodne kontrole nosivosti kod neprednapregnutih visokovrednih zavrtnjeva u smičućim spojevima:

$$V_1 \leq F_{v,dop} = m \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot \tau_{dop}$$

$$V_1 \leq F_{b,dop} = \min \sum t \cdot d \cdot \sigma_{b,dop}$$

V_1 - maksimalna sila u jednom zavrtnju,

$F_{v,dop}$ - nosivost zavrtnja na smicanje,

$F_{b,dop}$ - nosivost na pritisak po omotaču rupe.

Nosivost obrađenih prednapregnutih zavrtnjeva u tarnom spoju $F_{vs,dop}$

$$F_{vs,dop} = F_{v,dop} + 0,25 \cdot F_{s,dop}$$

$F_{v,dop}$ - nosivost obrađenog zavrtnja na smicanje i pritisak po omotaču rupe;

$F_{s,dop}$ - nosivost zavrtnja na proklizavanje;

19

Proračun nosivosti prednapregnutih VVZ na zatezanje

$$F_{t,dop} = v_3 \cdot F_p$$

Vrsta opterećenja	v_3	
	Slučaj opterećenja	
	I	II
Pretežno mimo (zgrade...)	0,7	0,8
Dinamičko (mostovi, kranski nosači...)	0,6	0,7

Kontrola nosivosti: $N_{t1} < F_{t,dop}$

N_{t1} sila zatezanja u posmatranom zavrtnju.

Proračun nosivosti neprednapregnutih VVZ na zatezanje

$$F_{t,dop} = \sigma_{t,dop} \cdot A_s$$

Klasa čvrstoće	$\sigma_{t,dop}$ [MPa]	
	I slučaj opterećenja	II slučaj opterećenja
8,8	250	290
10,9	360	410
12,9	430	490

20

PRORAČUN NOSIVOSTI PREDNAPREGNUTIH VISOKOVREDNIH ZAVRTNJEVA U KOMBINOVANIM SPOJEVIMA

Proračun nosivosti prednapregnutih visokovrednih zavrtnjevma u kombinovanim spojevima

Neobrađeni VVZ:

$$F_{s,dop} = m \cdot \mu \cdot \frac{(F_p - N_{t,1})}{v_2}$$

Obrađeni VVZ:

$$F_{s,dop} = F_{v,dop} + 0,25 \cdot m \cdot \frac{\mu \cdot (F_p - N_{t,1})}{v_2}$$

21

Vrednosti sile prednaprezanja

d	A_s	f_{02}	F_p [kN]		M_u [Nm]
[mm]	[mm ²]	[N/mm ²]	$v_1=0,7$	$v_1=0,8$	za $k=0,16$
M12	84,3	900	53	61	102
M16	157		99	113	253
M20	245		154	176	493
M22	303		191	218	672
M24	353		222	254	852
M27	459		289	330	1495
M30	561		353	404	1694
M33	694		437	500	2307

Vrednosti u tabeli su za visokovredne zavrtnjeve klase čvrstoće 10.9.

Za klasu čvrstoće 8.8 vrednosti iz tabele pomnožiti sa 0,70.

Za klasu čvrstoće 12.9 vrednosti iz tabele pomnožiti sa 1,20.

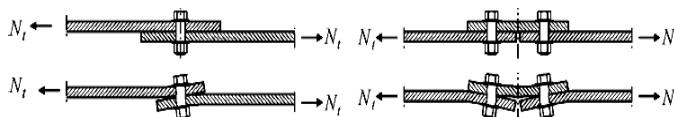
22

KONSTRUISANJE VEZA SA ZAVRTNJEVIMA I ZAKIVCIMA

Pravila za konstruisanje veza sa zavrtnjevima i zakivcima:

- Veze i nastavci treba da budu simetrični!
- Minimalan broj zavrtnjeva (zakivaka) sa jedne strane spoja je 2 u zgradarstvu, a 3 u mostogradnji.
- Veze na preklop sa 1 zakivkom nisu dozvoljene, a veze sa 1 zavrtnjom se koriste samo u izuzetnim slučajevima;

Veze na preklop sa jednim zavrtnjem



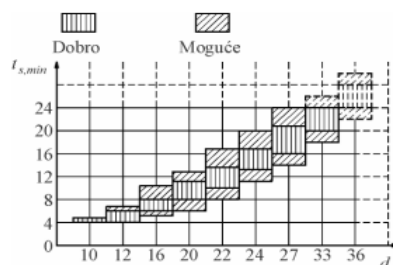
23

Optimalan prečnik zavrtnja:

- Pravilnim izborom prečnika zavrtnja dobija se uravnotežen odnos nosivosti na smicanje i pritisak po omotaču rupe!

$${}_{opt}d_0 = \sqrt{5 \cdot t_{s,min}} - 0,2 \quad [\text{cm}]$$

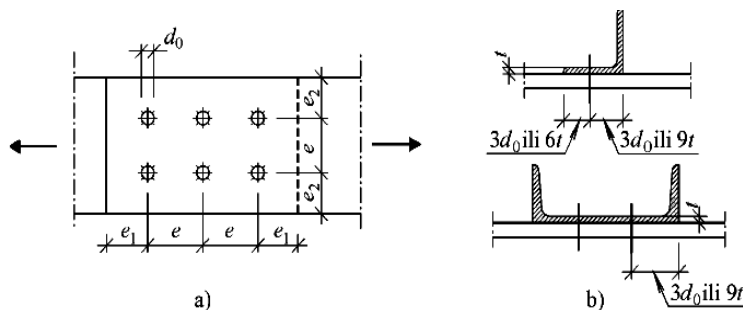
$t_{s,min}$ – minimalna debljina jednog od elemenata koji se spajaju



$${}_{opt}d_0 = \sqrt{5 \cdot t_{s,min}} - 0,2 \quad [\text{cm}]$$

24

Raspored zavrtnjeva u vezi:



- e** - rastojenje između susednih zavrtnjeva;
e₁ - rastojanje između zavrtnja i ivice lima u pravcu delovanja sile;
e₂ - rastojanje između zavrtnja i ivice lima upravno na pravac delovanja sile

25

Opis rastojanja	Min.	Maksimalno	
Rastojanje između susednih zavrtnjeva u pravcu i upravno na pravac delovanja sile <i>e</i>	$3d_0$	Za noseće zakivke i zavrtnjeve, konstruktivne zakivke i zavrtnjeve u pritisnutim štapovima i ukrućenjima rebara	$8d_0$ ili $15t$
		Za konstruktivne zakivke i zavrtnjeve u zategnutim štapovima i za vezu rebra i nožice izvan nastavka kod limenih nosača	$12d_0$ ili $25t$
Rastojanje između zavrtnjeva i ivice elementa u pravcu delovanja sile <i>e₁</i>	$2d_0$	Kada je ivica ukrućena, odnosno previjena (slika 2.56b)	$3d_0$ ili $9t$
		U ostalim slučajevima	$3d_0$ ili $6t$
Rastojanje između zavrtnjeva i ivice elementa upravno na pravac delovanja sile <i>e₂</i>	$1,5d_0$	Kada je ivica ukrućena, odnosno previjena (slika 2.56b)	$3d_0$ ili $9t$
		U ostalim slučajevima	$3d_0$ ili $6t$

26

Za visokovredne zavrtnjeve

$e = 4d$ - rastojanje između susednih zavrtnjeva;

$e_1 = 3,5d$ -rastojanje između zavrtnja i ivice lima u pravcu delovanja s

$e_2 = 2d$ -rastojanje između zavrtnja i ivice lima upravno na pravac delovanja sile

27

MONTAŽNI NASTAVCI I VEZE

Neophodnost spajanja elemenata u konstrukcionu celinu;

- Nastavci – spojevi elemenata istih ili sličnih dimenzija;
- Veze – spojevi različitih elemenata konstrukcije;

PRORAČUN I KONSTRUISANJE MONTAŽNIH NASTAVAKA AKSIJALNO ZATEGNUTIH ŠTAPOVA VEZA OSTVARENA ZAVRTNJEVIMA

Vezu ostvarujemo na dva načina

- 1.Prema aksijalnoj sili zatezanja
- 2.Prema površini poprečnog preseka (statičkipokriven nastavak)

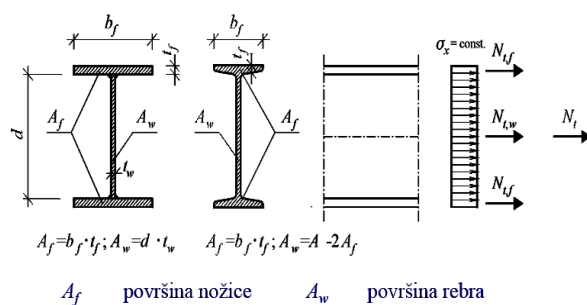
28

1. PRORAČUN NASTAVKA PREMA ZADATOJ SILI ZATEZANJA

Aksijalna sila se ravnomerno raspoređuje na rebro i nožice profila

Sila u nožici
$$N_{t,f} = N_t \frac{A_f}{A}$$

Sila u rebro
$$N_{t,w} = N_t \frac{A_w}{A} = N_t - 2N_{t,f}$$



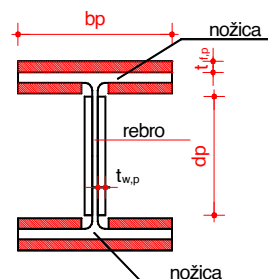
29

Proračun nastavka nožice

1. Predpostavi se debljina podvezice

$t_{f,p,min} = t_f$ u slučaju jednostranih podvezica

$t_{f,p,min} = 0.6t_f$ u slučaju dvostranih podvezica



2. Odredi se prečnik i nosivost zavrtnjeva

3. Odredi se broj zavrtnjeva i raspored

$$n_{f,uk} = \frac{N_{t,f}}{F_{t,dop}} \leq \sigma_{dop} \quad \text{Gde je: } F_{t,dop} \text{ nosivost zavrtnja na smicanje}$$

30

4. Izračuna se slabljenje poprečnog preseka nožice i njena neto površina

$$A_{f,neto} = A_f - \Delta A_f = b_f \cdot t_f - n_{f,1} \cdot d_{0,f} \cdot t_f = (b_f - n_{f,1} \cdot d_{0,f}) \cdot t_f$$

Gde je: $n_{f,1}$ – broj zavrtnjeva u merodavnom poprečnom preseku
 $d_{0,f}$ – prečnik rupe za zavrtnanj na nožici

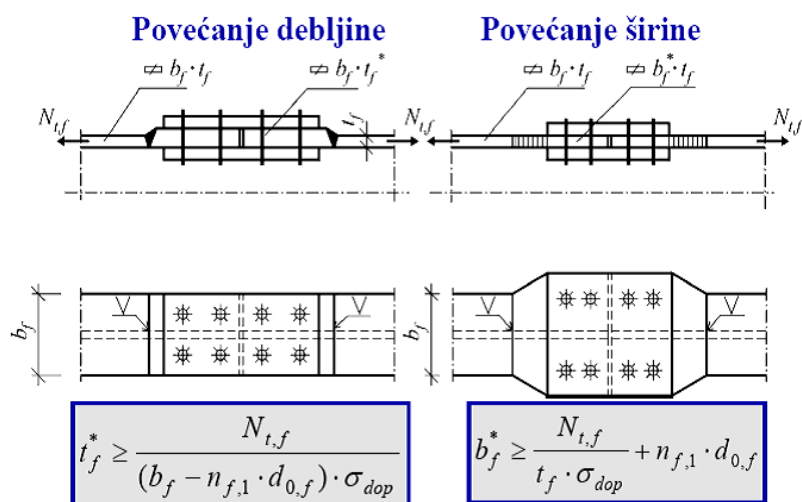
5. Izvrši se kontrola napona u oslabljenom preseku

$$\sigma = \frac{N_{t,f}}{A_{f,neto}} \leq \sigma_{dop}$$

Ako ovaj uslov nije ispunjen vraćamo se na korak 1 i povećavamo širinu ili debljinu nožice, ako se radi o zavarenim profilima.

Valjani profili ne mogu da se ojačaju već se usvaja veći profil.

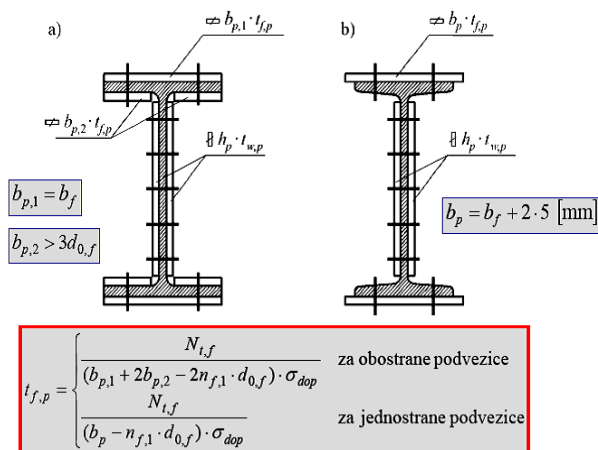
31



32

6. Kontrola napona u podvezici nožice:

$$\sigma_x = \frac{N_{t,f}}{A_{f,p,net}} \leq \sigma_{dop}$$

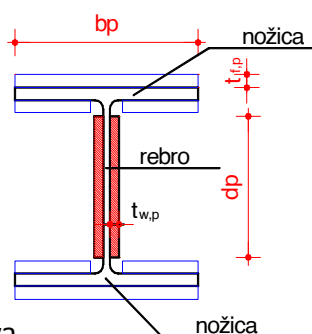


33

Proračun nastavka rebra

1. Predpostavi se debljina podvezice

$t_{f,p,min} = 0.6t_f$ uvek dvostrane podvezice



2. Odredi se prečnik i nosivost zavrtnjeva

3. Odredi se broj zavrtnjeva i raspored

$$n_{w,uk} = \frac{N_{t,w}}{F_{w,dop}} \leq \sigma_{dop} \quad \text{Gde je: } F_{w,dop} \text{ nosivost zavrtnja na smicanje}$$

34

4. Izračuna se slabljenje poprečnog preseka rebra i njegova neto površina

$$A_{w,neto} = A_w - \Delta A_w = d \cdot t_w - n_{w,1} \cdot d_{0,w} \cdot t_w = (d - n_{w,1} \cdot d_{0,w}) \cdot t_w$$

Gde je: $n_{w,1}$ – broj zavrtnjeva u merodavnom poprečnom preseku
 $d_{0,w}$ – prečnik rupe za zavrtnj na rebru

5. Izvrši se kontrola napona u oslabljenom preseku

$$\sigma = \frac{N_{t,w}}{A_{w,neto}} \leq \sigma_{dop}$$

Ako ovaj uslov nije ispunjen vraćamo se na korak 1 i povećavamo širinu ili debljinu nožice, ako se radi o zavarenim profilima.

Valjani profili ne mogu da se ojačaju već se usvaja veći profil.

35

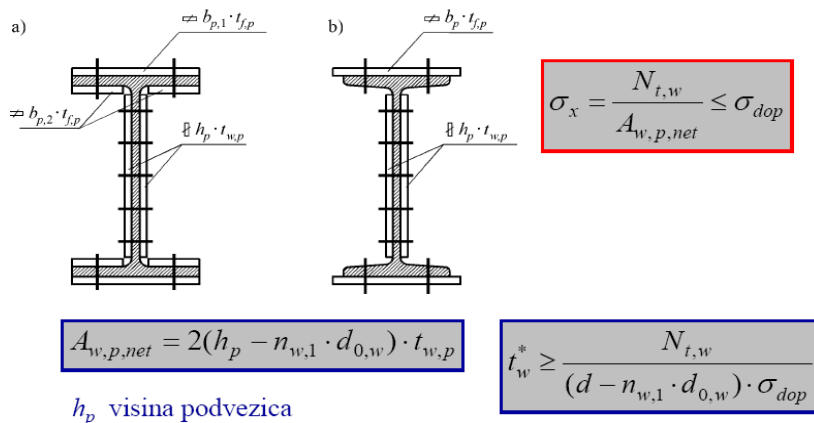
Ojačanje rebra povećanjem njegove debljine:

$$t_w^* \geq \frac{N_{t,w}}{(d - n_{w,1} \cdot d_{0,w}) \cdot \sigma_{dop}}$$

d – visina rebra

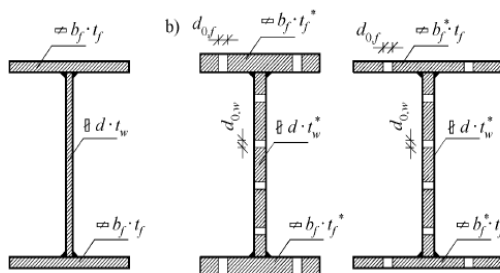
36

6. Kontrola napona u podvezici rebra:



37

Kontrola čitavog preseka



Kontrola napona u
oslabljenom preseku:

$$\sigma_x = \frac{N_t}{A_{net}} \leq \sigma_{dop}$$

Kontrola napona u
podvezicama:

$$\sigma_x = \frac{N_t}{A_{p,net}} \leq \sigma_{dop}$$

Kontrola nosivosti
zavrtnjeva:

$$n_{f,uk} \cdot F_{f,dop} + n_{w,uk} \cdot F_{w,dop} \geq N_t$$

38

Proračun prema površini preseka (Statički pokriven nastavak)

Statički pokriveni nastavci štapa mogu biti:

- sa kompenzacijom površine (zavareni profili)

$$N_{t,dop} = A \cdot \sigma_{dop}$$

- bez kompenzacije površine (valjani profili)

$$N_{t,dop} = A_{net} \cdot \sigma_{dop}$$

Ojačanje poprečnog preseka kod statički pokrivenih nastavaka sa kompenzacijom

Uslovi za dimenzionisanje:

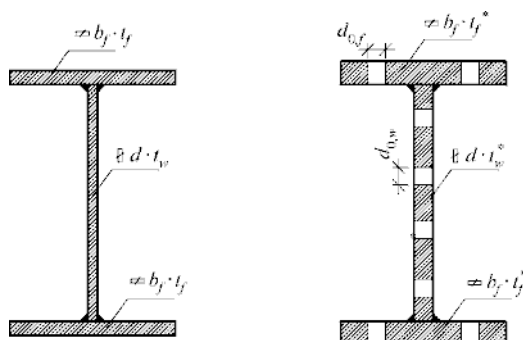
$$A_{f,net} \geq A_f$$

$$A_{w,net} \geq A_w$$

$$A_{net} \geq A$$

Neto površina poprečnog preseka štapa na mestu nastavka treba da bude veća ili jednaka od bruto površine preseka štapa izvan nastavka, i to pojedinačno za nožice i rebro i ukupno za čitav poprečni presek.

Proračun debljine ojačanja



$$A_{f,net} = (b_f - n_{f,1} \cdot d_{0,f}) \cdot t_f^* \geq A_f = b_f \cdot t_f \Rightarrow t_f^* \geq \frac{b_f}{b_f - n_{f,1} \cdot d_{0,f}} \cdot t_f$$

$$A_{w,net} = (d - n_{w,1} \cdot d_{0,w}) \cdot t_w^* \geq A_f = d \cdot t_w \Rightarrow t_w^* \geq \frac{d}{d - n_{w,1} \cdot d_{0,w}} \cdot t_w$$

Proračun podvezica

1. Statički pokriven nastavak **sa kompenzacijom ΔA** :

nožice	rebro	ukupno
$A_{f,p,net} \geq A_f$	$A_{w,p,net} \geq A_w$	$A_{p,net} \geq A$

2. Statički pokriven nastavak **bez kompenzacije ΔA** :

nožice	rebro	ukupno
$A_{f,p,net} \geq A_{f,net}$	$A_{w,p,net} \geq A_{w,net}$	$A_{p,net} \geq A_{net}$

Proračun broja zavrtnjeva

1. Statički pokriven nastavak **sa kompenzacijom ΔA** :

$$\begin{array}{cc} \text{nožice} & \text{rebro} \\ n_f \geq \frac{A_f \cdot \sigma_{\text{dop}}}{F_{f,\text{dop}}} & n_w \geq \frac{A_w \cdot \sigma_{\text{dop}}}{F_{w,\text{dop}}} \end{array}$$

2. Statički pokriven nastavak **bez kompenzacije ΔA** :

$$\begin{array}{cc} \text{nožice} & \text{rebro} \\ n_f \geq \frac{A_{f,\text{net}} \cdot \sigma_{\text{dop}}}{F_{f,\text{dop}}} & n_w \geq \frac{A_{w,\text{net}} \cdot \sigma_{\text{dop}}}{F_{w,\text{dop}}} \end{array}$$

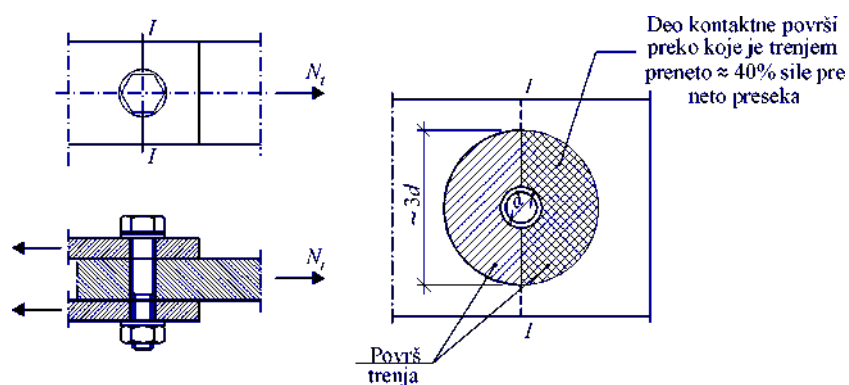
Umesto bruto površine koristi se neto površina preseka.

Specifičnosti proračuna montažnih nastavaka sa prednapregnutim zavrtnjevima

- Odnose se i na nastavke koji se dimenzionišu prema sili i na statički pokrivene nastavke;
- Pri proračunu napona u oslabljenom preseku i pri dimenzionisanju podvezica može se uzeti u obzir smanjenje (redukcija) sile u merodavnom preseku usled trenja;
- Ova redukcija se ne uzima u obzir pri proračunu broja zavrtnjeva;

Smanjenje sile u neto preseku usled trenja u tarnoj ravni

Trenjem se prenosi oko 40% sile u zavrtnju pre mesta maksimalnog slabljenja preseka rupom za spojna sredstva;



Smanjenje sile pri proračunu montažnog nastavaka prema zadatoj sili N_t

Sila u I redu

$$N_{t,red}^I = N_t - 0,4 \cdot n_1 \cdot F_{s,dop}$$

Sila u II redu (ako je merodavan drugi red)

$$N_{t,red}^{II} = \max \begin{cases} N_t - n_1 \cdot F_{s,dop} - 0,4 n_2 \cdot F_{s,dop} \\ N_t - n_1 \cdot F_{s,dop} - 0,2 (n_1 + n_2) \cdot F_{s,dop} \end{cases}$$

Redukovane vrednosti sile se koriste pri kontroli napona u neto preseku (ojačanje) i pri dimenzionsanju podvezica.

**Koeficijent redukcije k_{red} pri proračunu
statički pokrivenih montažnih nastavaka**

$$N_{t,red}^I = N_t - 0,4 \cdot n_1 \cdot m \cdot F_{s,dop} =$$

$$N_t \left(1 - 0,4 \cdot n_1 \frac{m \cdot F_{s,dop}}{N_t} \right) =$$

$$N_t \left(1 - 0,4 \frac{n_1}{n_{uk}} \right) = k_{red} \cdot N_t$$

Koeficijentom redukcije k_{red} množi se bruto površina preseka van nastavka (A), pri proračunu statički pokrivenih nastavaka. Na primer:

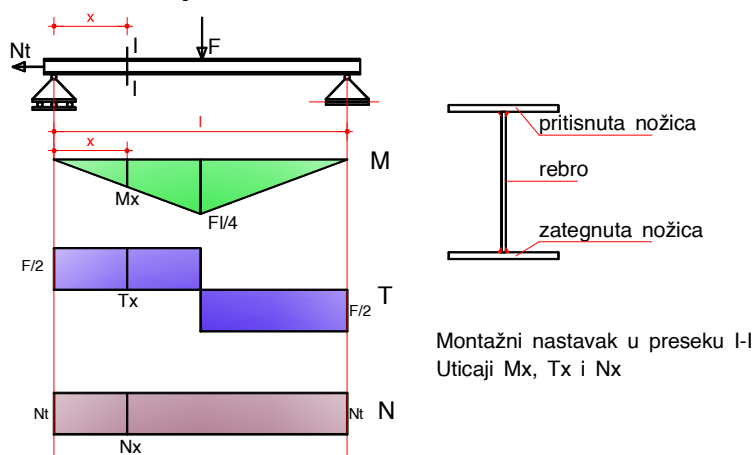
$$A_{net}^* \geq A \cdot k_{red}$$

$$k_{red} = \begin{cases} 1 - 0,4 \frac{n_1}{n_{uk}} & \text{Za presek I-I} \\ 1 - \frac{n_1}{n_{uk}} - 0,2 \frac{n_1 + n_2}{n_{uk}} & \text{Za presek II-II} \end{cases}$$

Proračun montažnih nastavaka pritisnutih štapova prema sili N_c

- Nije potrebna kontrola oslabljenog preseka, niti njegovoojačanje;
- Proračunavaju se samo podvezice i potreban broj zavrtneja;
- Preraspodela sila na nožice i rebro se vrši kao kod zategnutih štapova;
- Podvezice se dimenzionišu prema bruto površini poprečnog preseka (A)

Proračun montažnih nastavaka nosača prema zadatim silama



- Nastavak se dimenzioniše prema stvarnim uticajima na mestu nastavljanja nosača
- Uticaji se raspodeljuju na njegove sastavne delove, nožice i rebro
- Momenti se raspodeljuju prema momentu inercije

$$M = M_f + M_w \quad M_f = M \frac{I_f}{I} \quad M_w = M \frac{I_w}{I}$$
- Transverzalne sile se prenosi samo preko rebra profila
- Normalna sila se prenose na isti način kao kod štapova (prema površini preseka)