

Zavarivanje

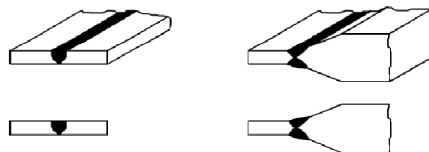
Sučeoni šavovi

Ugaoni šavova

1

Sučeoni šavovi

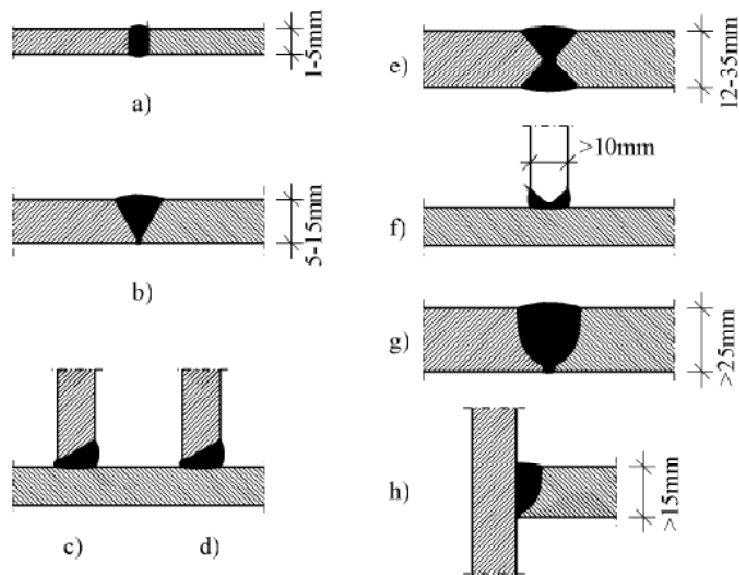
Elementi koji se spajaju leže u istoj ravni;



Vrste sučeonih šavova

- I šavovi – bez obrade ivica, $t = 1-5$ mm,
- V i 1/2V šavovi – $t = 5-15$ mm,
- X šavovi – dvostruki V šavovi, $t = 12-35$ mm,
- K šavovi – ugaoni spojevi, $t > 10$ mm,
- U šavovi – posebna obrada, $t > 25$ mm,
- J šavovi – ugaoni spojevi, $t > 15$ mm.

2



3

Proračun sučeonih šavova

Osnovne pretpostavke:

- zanemaruju se koncentracije napona;
- zanemaruju se sopstveni (zaostali) naponi;
- uticaji u šavovima se određuju kao u osnovnom materijalu;
- dimenzije sučeonih šavova su jednake dimenzijama osnovnog materijala ($a = t_{min}$);

4

Određivanje napona u sučeonim šavovima:**-normalni napon**

$$\sigma_x = \frac{N}{A} \pm \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{M_z}{W_z}$$

-smičući napon

$$\tau_{xz} = \frac{V \cdot S_y}{I_y \cdot a}$$

- uporedni napon

$$\sigma_u = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2 - \sigma_{\perp} \cdot \sigma_{\parallel} + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)}$$

Dopušten napon za sučeoone šavove ($\sigma_{b,w,dop}$)

$$\sigma_{b,w,dop} = k \cdot \sigma_{dop}$$

k - koeficijent kvaliteta; **σ_{dop} - dopušten napon za osnovni materijal;**

5

Koeficijent kvaliteta k

Zavisi od:

- kvaliteta šava;
- vrste naprezanja;
- vrste čelika;

Vrednosti koeficijenta k

Kvalitet šava	Vrsta naprezanja	Koeficijent k	
		S235, S275	S355
S - kvalitet	Zatezanje ili savijanje	1,00	1,00
	Pritisak	1,00	1,00
	Smicanje	0,60	0,60
I - kvalitet	Zatezanje ili savijanje	0,80	0,80
	Pritisak	1,00	1,00
	Smicanje	0,60	0,60
II - kvalitet	Zatezanje ili savijanje	0,72	0,65
	Pritisak	1,00	0,80
	Smicanje	0,55	0,50

6

Dokaz nasivosti sučeonih šavova:**Kontrola normalnih napona:**

$$\sigma_{x,\max} \leq \sigma_{b,w, dop}$$

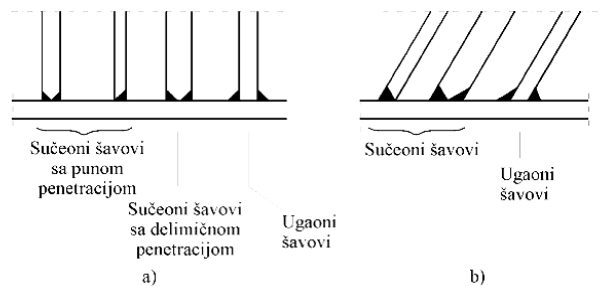
Kontrola smičućih napona:

$$\tau_{xz,\max} \leq \sigma_{b,w, dop}$$

Kontrola uporednih napona:

$$\sigma_{u,\max} \leq \sigma_{b,w, dop}$$

7

Ugaoni šavovi**Elementi koji se spajaju su pod uglom različitim od 180°**

Pravi ugaoni spojevi

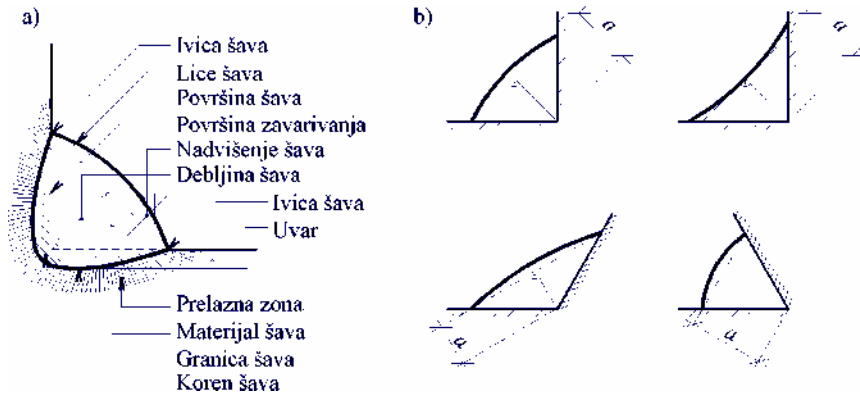
Kosi ugaoni spojevi

Minimalne dimenzije ugaonih šavova

	Minimalna	Maksimalna
Debljina ugaonih šavova a	3 mm	$0,7t_{\min}$
Dužina ugaonih šavova l, w	$6a$ ili 40 mm	$100a$

8

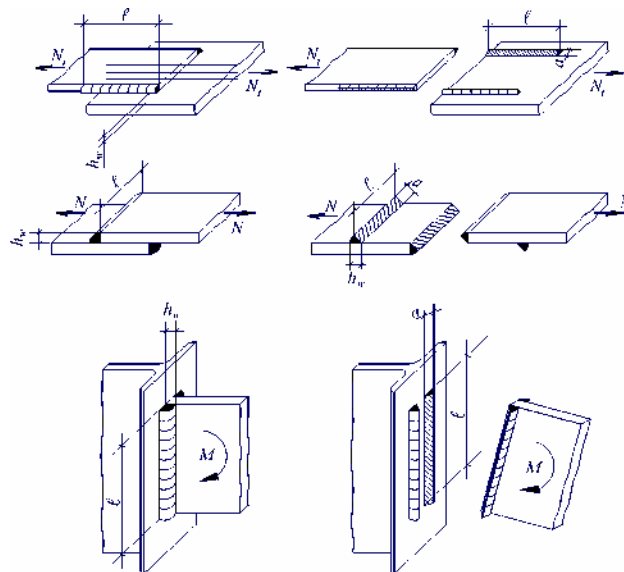
Osnovni elementi ugaonog šava



Određivanje debljine (a) ugaonog šava

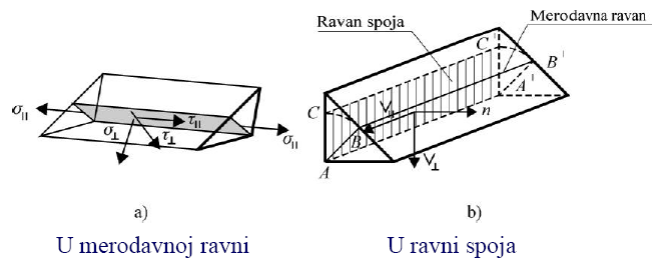
9

Proračun ugaonih šavova



10

Komponente napona u ugaonim šavovima:



- n - normalni napon koji deluje upravno na ravan spoja;
 $V_{\parallel}$ - napon smicanja koji deluje u pravcu šava;
 $V_{\perp}$ - napon smicanja koji deluje upravno na šav;

11

Kontrola nosivosti ugaonih šavova:

$$\sigma_u = \sqrt{n^2 + V_{\parallel}^2 + V_{\perp}^2} \leq \sigma_{w,dop}$$

- Uporedni napon σ_u je vektorski zbir svih komponentalnih napona u šavu!
- Dopušteni naponi za ugaone šavove $\sigma_{w,dop}$

Primena ugaonih šavova

Aksijalno opterećeni elementi:

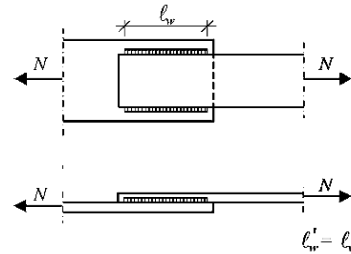
- spojevi na preklop i
- ugaoni spojevi.

Veze kod elemenata opterećenih na savijanje;

Kombinovano napregnuti elementi;

12

Proračun ugaonih šavova kod aksijalno opterećenih spojeva na preklop, podužni (bočni) ugaoni šavovi:

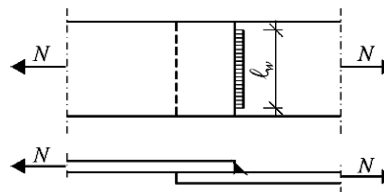


$$V_{||} = \frac{N}{l'_w \cdot 2 \cdot a}$$

$$\sigma_u = V_{||} \leq \sigma_{w,dop}$$

$$l'_w = l_w - 2a$$

Proračun ugaonih šavova kod aksijalno opterećenih spojeva na preklop. Poprečni (čeonni) ugaoni šavovi

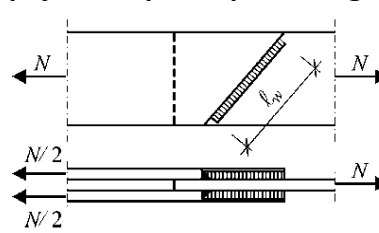


$$n = \frac{N}{l'_w \cdot a}$$

$$\sigma_u = n \leq \sigma_{w,dop}$$

13

Proračun ugaonih šavova kod aksijalno opterećenih spojeva na preklop - kosi ugaoni šavovi:



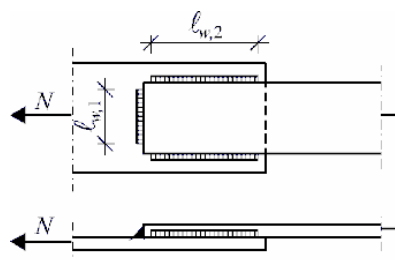
$$V_{||} = \frac{N \cdot \cos \theta}{l'_w \cdot 2 \cdot a}$$

$$n = \frac{N \cdot \sin \theta}{l'_w \cdot 2 \cdot a}$$

$$\sigma_u = \sqrt{V_{||}^2 + n^2} \leq \sigma_{w,dop}$$

Poprečni i podužni ugaoni šavovi

I slučaj: $l_{w,2} > 1,5 l_{w,1}$

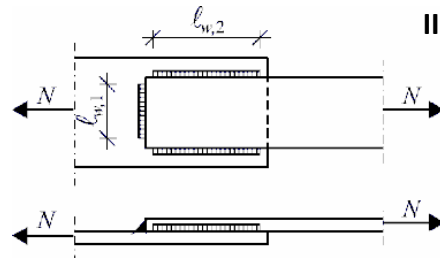


$$V_{||,2} = \frac{N}{l'_{w,2} \cdot 2 \cdot a} \quad n_1 = 0$$

$$\sigma_u = V_{||,2} \leq \sigma_{w,dop}$$

14

Poprečni i podužni ugaoni šavovi



II slučaj: $0,5 l_{w,1} < l_{w,2} \leq 1,5 l_{w,1}$

$$F_{w,max} = F_{w,2} + F_{w,1} / 3$$

$$F_{w,1} = a \cdot l'_{w,1} \cdot \sigma_{w,dop}$$

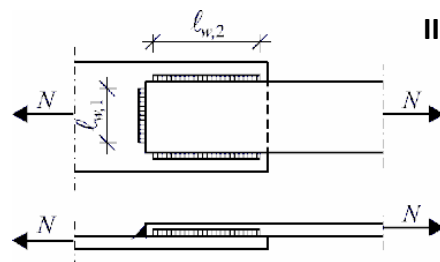
$$F_{w,2} = 2a \cdot l'_{w,2} \cdot \sigma_{w,dop}$$

Kontrola nosivosti

$$N \leq F_{w,max}$$

15

Poprečni i podužni ugaoni šavovi



III slučaj: $l_{w,2} < 0,5 l_{w,1}$

$$F_{w,max} = F_{w,2} / 3 + F_{w,1}$$

$$F_{w,1} = a \cdot l'_{w,1} \cdot \sigma_{w,dop}$$

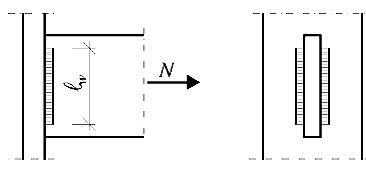
$$F_{w,2} = 2a \cdot l'_{w,2} \cdot \sigma_{w,dop}$$

Kontrola nosivosti

$$N \leq F_{w,max}$$

16

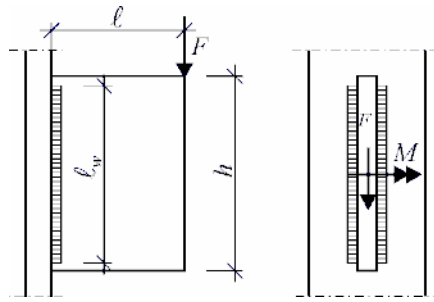
Proračun ugaonih šavova kod aksijalno opterećenih elemenata u ugaonim spojevima:



$$n = \frac{N}{l'_w \cdot 2 \cdot a}$$

$$\sigma_u = n \leq \sigma_{w,dop}$$

Proračun ugaonih šavova kod veza opterećenih na savijanje



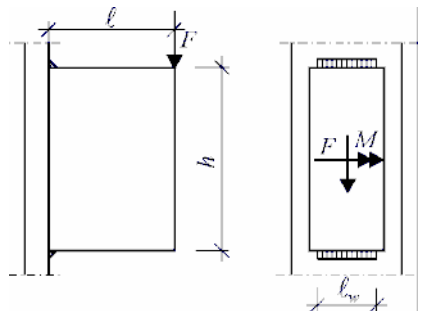
$$n = \frac{M}{W_w} = \frac{F \cdot l}{2 \cdot \frac{a \cdot l_w^2}{6}} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{a \cdot l_w^2}$$

$$V_{II} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot l_w}$$

$$\sigma_u = \sqrt{n^2 + V_{II}^2} \leq \sigma_{w,dop}$$

17

Proračun ugaonih šavova kod veza opterećenih na savijanje



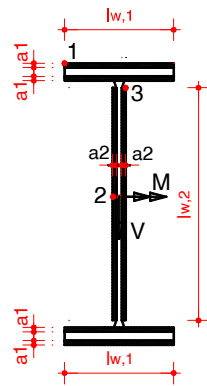
$$n = \frac{M}{W_w} = \frac{F \cdot l}{h} \cdot \frac{1}{a \cdot l_w}$$

$$V_{\perp} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot l_w}$$

$$\sigma_u = \sqrt{n^2 + V_{\perp}^2} \leq \sigma_{w,dop}$$

18

Proračun ugaonih šavova kod veza opterećenih na savijanje



Tačka 1 $n = \frac{M_y}{W_{y,w}} \leq \sigma_{w,dop}$

Tačka 2 $V_{II} = \frac{V \cdot S_{y,w,2}}{I_{y,w} \cdot 2a_2} \approx \frac{V}{2a_2 \cdot l_{w,2}} \leq \sigma_{w,dop}$

Tačka 3 $n = \frac{M_y}{I_{y,w}} \cdot z_3 \quad V_{II} = \frac{V \cdot S_{y,w,3}}{I_{y,w} \cdot 2a_2}$

$$\sigma_u = \sqrt{n^2 + V_{II}^2} \leq \sigma_{w,dop}$$

19

Geometrijske karakteristike

Moment inercije šavova za y-y osu:

$$I_{y,w} = 2 \cdot (a_1 \cdot l_{w,1}) \left[\left(\frac{h}{2} - t_f - \frac{a_1}{2} \right)^2 + \left(\frac{h}{2} + \frac{a_1}{2} \right)^2 \right] + 2 \frac{a_2 \cdot l_{w,2}^3}{12}$$

Otporni moment šavova za y-y osu:

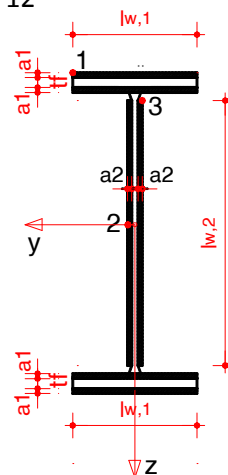
$$W_{y,w} = I_{y,w} / (h/2 + a_1)$$

Statički moment šavova u tački 3:

$$S_{y,w,3} = 2 \cdot a_1 \cdot l_{w,1} \cdot (h - t_f) / 2$$

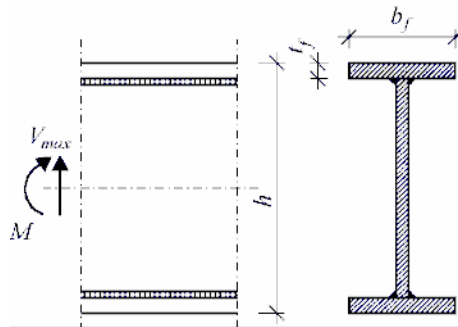
Statički moment šavova u tački 2:

$$S_{y,w,2} = S_{y,w,3} + a_2 \cdot l_{w,2}^2 / 4$$



20

Proračun ugaonih šavova kod veza opterećenih na savijanje



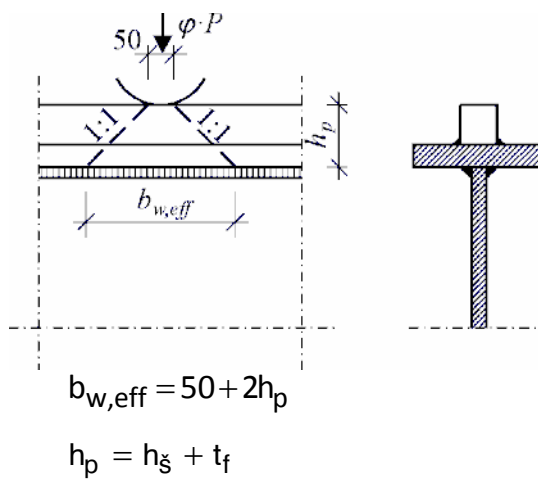
$$V_{II} = \frac{V_{\max} \cdot S_{y,1}}{I_y \cdot 2a}$$

$$S_{y,1} = b_f \cdot t_f \cdot (h - t_f) / 2$$

$$\sigma_u = V_{II} \leq \sigma_{w,dop}$$

21

Proračun ugaonih šavova kod veza opterećenih na savijanje



$$V_{II} = \frac{V_{\max} \cdot S_{y,1}}{I_y \cdot 2a}$$

$$n = \frac{\varphi P}{2a \cdot b_{w,eff}}$$

$$\sigma_u = \sqrt{n^2 + V_{II}^2} \leq \sigma_{dop}$$

22

- Dopušteni naponi za ugaone šavove $\sigma_{w,dop}$

Slučaj opterećenja	Vrsta osnovnog materijala		
	S235	S275	S355
I	120	145	170
II	135	160	190