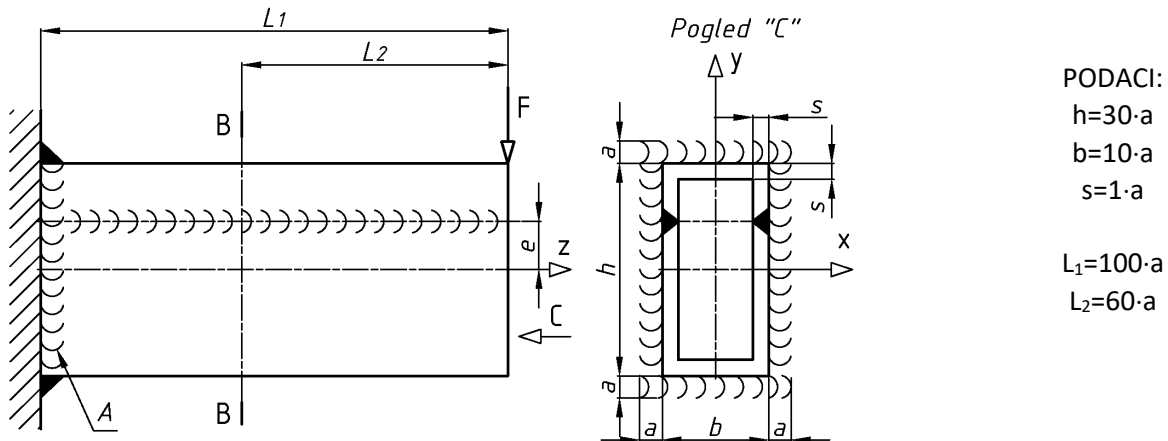
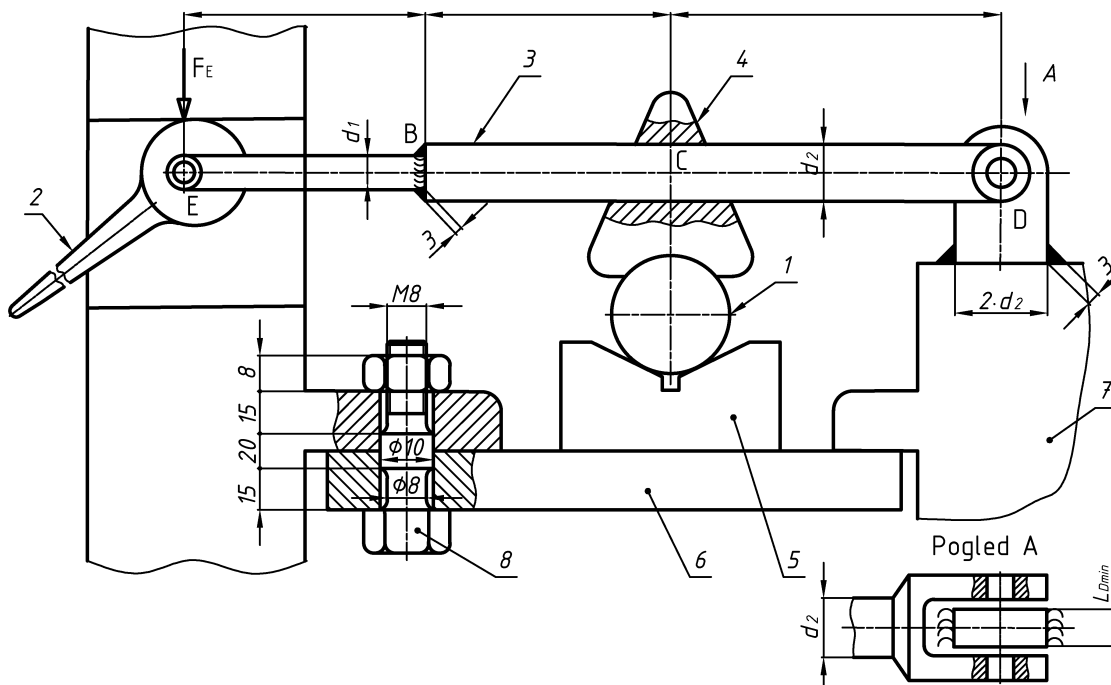


- Konzola poprečnog presjeka kao na slici, zavarena na kraju A, **ugaonim ivičnim ravnim šavom**. Za dati položaj sile F odrediti:
 - Računsku debljinu zavarenog šava iz uslova da je sila konstantna **F=15 kN**.
 - Za dimenzionisani šav, provjeriti amplitudni dinamički stepen sigurnosti, ako na konzolu djeluje promjenljiva sila, koja se mijenja od **F=5÷15 kN**. Materijal konzole **S235**, a kvalitet šava **“D”**.
 - Odrediti maksimalni napon savijanja u presjeku B-B, na udaljenosti **e=10·a** od neutralne ose.

NACRTATI: radionički crtež konzole.



- Stezanje obratka (1) vrši se pomoću ekscentra (2), a preko poluge (3) i stege (4). Obradak se oslanja na prizmu (5), koja je postavljena na ploču (6). Ploča je sa 4 vijka (8) vezana za tijelo (7). Nakon obrade jednog komada, vrši se njegovo otpuštanje i stezanje drugog. Pri tome se stezanje vrši dotle dok sila, koja pritišće predmet, ne dostigne vrijednost **Fc=3 kN**. Pri ovoj sili, jedan vijak se istegne za **$\lambda_z=1,2 \mu\text{m}$** . Potrebno je:
 - Dimenzionisati prečnike (d_1 , d_2) poluge (3), ako je materijal poluge **C22E**.
 - Odrediti minimalnu dužinu oslonca u tački D (L_{Dmin}), ako je statički stepen sigurnosti na zatezanja/pritisak **$S_{w,s,zp}=2$** . Šav je kvaliteta „D“. Materijal oslonca je S235JR.
 - Izračunati dinamički stepen sigurnosti zavarenog spoja na mjestu B (kvalitet zavarenog šava je „C“).
 - Izračunati silu koja dovodi do početka razdvajanja ploča i stepen sigurnosti u toku rada (zanemariti torziju), ako je **materijal vijka čelik 6.8**, a $E_V=2,1 \text{ MPa}$. NACRTATI: radioničke crteže pozicija (3), (6) i (8).



Student: _____, br. indeksa: _____

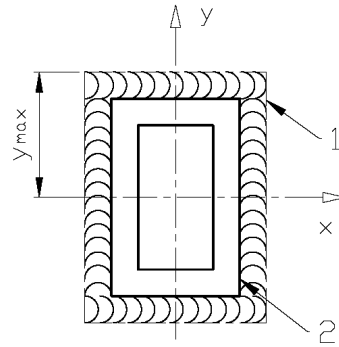
ZADATAK 1.

A) Proračun računске debljine zavarenog šava "A"

- Naponi na savijanje u šavu:

$$\sigma_{w,f} = \sigma_{\perp} = \frac{M_A}{I_x} y_{max} = \frac{15 \cdot 15^5 \cdot a}{10268 \cdot a^4} = \frac{2337}{a^2} [MPa]$$

$$M_A = F \cdot l = 15 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot a = 15 \cdot 15^5 \cdot a [Nmm]$$



Tab. 8.6 (str. 393)

Aksijalni moment inercije zavarenog šava "A":

$$I_x = I_{x1} - I_{x2} = \frac{(b + 2a)(h + 2a)^3}{12} - \frac{bh^3}{12} = \dots = 10268 \cdot a^4 [mm^4]$$

$$y_{max} = \frac{h}{2} + a = \frac{30a}{2} + a = 16 \cdot a [mm]$$

- Napon od smicanja u šavu:

$$\tau_{w,s} = \tau_{\parallel} = \frac{F}{A_s} = \frac{15 \cdot 10^3}{84 \cdot a^2} = \frac{178}{a^2} [MPa]$$

Smičuća površina šava:

$$A_s = (b + 2a) \cdot (h + 2a) - b \cdot h = \dots = 84 \cdot a^2 [mm^2]$$

- Ekvivalentni radni napon:

$$\sigma_v = \sqrt{\bar{\sigma}^2 + \bar{\sigma}_{\parallel}^2 - \bar{\sigma} \cdot \bar{\sigma}_{\parallel} + 2 \cdot (\tau^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \sigma_{wdoz} \quad (1)$$

$$\bar{\sigma}_{\parallel} = \frac{\sigma_{doz}}{\sigma_{wdoz}} \cdot \sigma_{\parallel}$$

$$\sigma = \sigma_{\perp} = \frac{2337}{a^2} [MPa]$$

$$\sigma_{\parallel} = 0$$

$\sigma_{wdoz} = 95 [MPa]$ – dozvoljeni napon zavarenog spoja

$$\sigma_{doz} = \frac{R_e}{S} = \frac{235}{2} = 117,5 [MPa]$$

$S = 2$ – stepen sigurnosti

$$\bar{\sigma} = \frac{117,5}{95} \cdot \frac{2337}{a^2} = \frac{2891}{a^2}$$

$$Iz (1) \Rightarrow \sigma_v = \sqrt{\bar{\sigma}^2 + 2 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \sigma_{wdoz}$$

$$\sqrt{\left(\frac{2891}{a^2}\right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{178}{a^2}\right)^2} \leq 95 [MPa] \Rightarrow a \geq 5,5 [mm]$$

$a = 6 [mm]$ - usvaja se.

Tab. 8.16

B) PRORAČUN DINAMIČKOG STEPENA SIGURNOSTI ZAVARENOG SPOJA

Opterećenje u zavarenom spoju "A" je jednosmjerno promjenljivo:

$$F = 5 \div 15 \text{ [kN]}$$

Spoj je opterećen na savijanje i smicanje.

- Vrijednost napona u zavarenom spoju od savijanja:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max} \cdot L_1}{W_x} = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 6}{138618} = 64,93 \text{ [MPa]}$$

$$W_x = \frac{I_x}{y_{max}} = \frac{10268 \cdot a^4}{16 \cdot a} = 138618 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{max} = \frac{F_{min} \cdot L_1}{W_x} = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 6}{138618} = 21,64 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = \dots = 43,3 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = \dots = 21,65 \text{ [MPa]}$$

Amplitudni dinamički stepen sigurnosti pri savijanju:

$$S_{w,Af} = \frac{\sigma_{w,Af}}{\sigma_{w,af}}$$

$\sigma_{w,Af}$ - Kritični napon (amplituda dinamičke izdržljivosti)

$\sigma_{w,af}$ - Amplitudni napon

$$\sigma_{w,Af} = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot K_t \cdot \sigma_{A,f,N} = 0,44 \cdot 0,9 \cdot 0,91 \cdot 186,7 = 73,9 \text{ [MPa]}$$

$\xi_1 = 0,44$ - faktor oblika šava / izdubljen šav

$\xi_2 = 0,9$ - faktor kvaliteta šava

$K_t = 1$ - tehnološki faktor veličine presjeka (za $d = t = b + 2a = 72 \text{ [mm]}$ i konstrukcioni čelik) - za dinamičku izdržljivost

$\sigma_{A,f,N} = \sigma_{AN}$ - amplituda dinamičke izdržljivosti epruvete

Iz Smitovog dijagrama (str. 149, sl. 4.18.a) za $\sigma_{sr} = 43,3 \text{ [MPa]}$:

$$\sigma_{AN} = \sigma_D - \sigma_{sr} \approx 230 - 43,3 = 186,7 \text{ [MPa]}$$

$$S_{w,Af} = \frac{\sigma_{w,Af}}{\sigma_{w,af}} = \frac{73,9}{21,65} = 3,42 \geq S_{w,A}$$

- Vrijednost napona u zavarenom spoju od smicanja:

$$\tau_{max} = \frac{F_{max}}{A_s} = \frac{15 \cdot 10^3}{84 \cdot a^2} = \dots = 4,96 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{max} = \frac{F_{min}}{A_s} = \frac{5 \cdot 10^3}{84 \cdot 6^2} = 1,65 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{sr} = \frac{\tau_{max} + \tau_{min}}{2} = \dots = 3,3 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_a = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2} = \dots = 1,66 \text{ [MPa]}$$

Tab. 8.15

Tab. 8.13

Tab. 4.21

Amplitudni stepen sigurnosti:

$$S_{w,A,s} = \frac{\tau_{w,A,s}}{\tau_{w,a,s}} = \frac{20,14}{1,66} = 12,13 \geq S_{w,A} = 1,5$$

$$\tau_{w,A,s} = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot K_t \cdot \tau_{A,s,N} = 0,22 \cdot 0,9 \cdot 101,7 = 20,14 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{A,s,N} = \tau_{AN} = \tau_D - \tau_{sr} = 105 - 3,3 = 101,7 \text{ [MPa]}$$

Iz Smitovog dijagrama (sl.4.18a za tangencijalne napone):

$$\tau_D \approx f(\tau_{sr}) \approx 105 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{w,a,s} = \tau_a = 1,66 \text{ [MPa]}$$

$\xi_1 = 0,22$ - faktor oblika šava (za smicanje)

- UKUPNI STEPEN SIGURNOSTI:

$$S_w = \frac{S_{w,A,f} \cdot S_{w,A,s}}{\sqrt{S_{w,A,f}^2 + S_{w,A,s}^2}} = \dots = 3,3$$

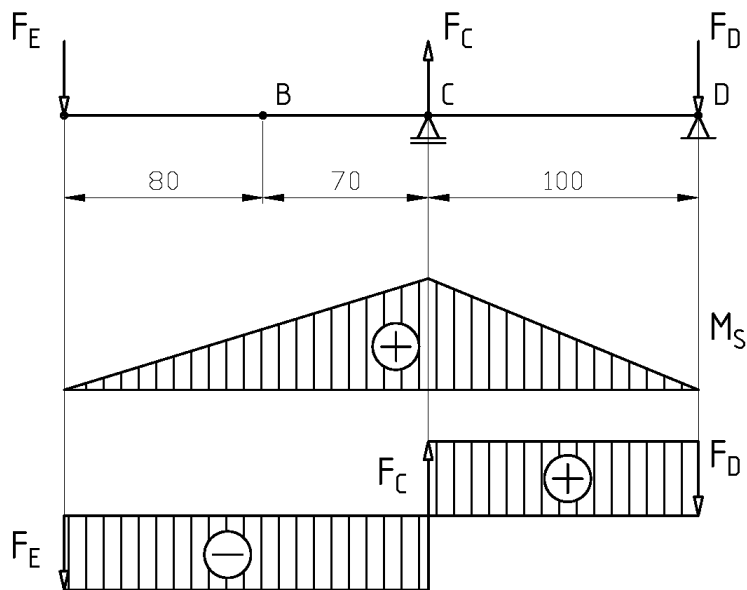
C) MAKSIMALNI NAPON SAVIJANJA U PRESJEKU B-B

/// Napomena: ovu tačku uraditi samostalno ///

Tab. 8.15

ZADATAK 2.

A) Dimenzionisanje prečnika



$$\sum M_D = 0 \Rightarrow -F_E \cdot 250 + F_C \cdot 100 = 0 \Rightarrow F_E = 1,2 \text{ [kN]}$$

$$M_{SB} = -F_E \cdot 80 = -1,2 \cdot 80 = 96 \text{ [kNmm]} - \text{moment savijanja u tački B}$$

$$M_{SC} = -F_E \cdot 150 = -1,2 \cdot 150 = 180 \text{ [kNmm]} - \text{moment savijanja u tački C}$$

Prečnik d_1 :

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{SB}}{\pi \cdot \sigma_{fdoz}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 96 \cdot 1000}{\pi \cdot 226,7}} = 16,3 \text{ [mm]}$$

Usvaja se: $d_1 = 18 \text{ [mm]}$ - (red R20)

$$\sigma_{fB} = \frac{M_{SB}}{W_{xB}} \leq \sigma_{fdoz} - \text{napon savijanja u tački B, mjerodavan za prečnik } d_1$$

$$\sigma_{fdoz} = \frac{R_e}{S_F} = \frac{340}{1,5} = 226,7 \text{ [MPa]}$$

$R_e = 340 \text{ [MPa]}$ - granica razvlačenja za čelik C22E

$S_F = (1,2 \div 1,8) = 1,5$ - minimalni stepen sigurnosti

Prečnik d_2 :

$$d_2 \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{SC}}{\pi \cdot \sigma_{fdoz}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 180 \cdot 1000}{\pi \cdot 226,7}} = 20,1 \text{ [mm]}$$

Usvaja se: $d_2 = 22 \text{ [mm]}$ - (red R'20)

Tab. 3.9.

Tab. 4.7v
Tab. 4.18b

Tab. 3.9.

B) Minimalna dužina oslonca u tački D

Reakcija u osloncu D:

$$\sum X_i = 0 \Rightarrow -F_E + F_C - F_D = 0 \Rightarrow F_D = F_C - F_E = 3 - 1,2 = 1,8 \text{ [kN]}$$

Radni napon:

$$\sigma_{w,zp} = \frac{F_D}{A_D}$$

$A_D = 2 \cdot a \cdot L_D$ – površina izložena naprezanju

Stepen sigurnosti statičko opterećenog spoja:

$$S_{w,s,zp} = \frac{\sigma_{w,s,zp}}{\sigma_{w,zp}} = 2 - (\text{dato u tekstu zadatka})$$

$$\frac{\sigma_{w,s,zp}}{\frac{F_D}{2 \cdot 3 \cdot L_D}} = 2$$

$$L_D \geq \frac{2 \cdot F_D}{6 \cdot \sigma_{w,s,zp}} = \frac{2 \cdot 1800}{6 \cdot 188} = 3,2$$

Usvaja se: $L_D = 4 \text{ [mm]}$ – (red R10)

Kritični napon:

$$\sigma_{w,s,zp} = \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot K_t \cdot R_{p0,2}$$

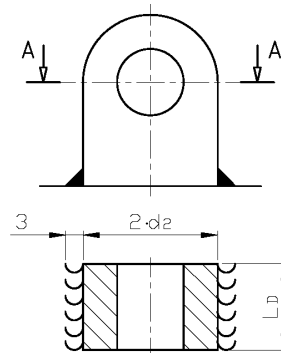
$R_{p0,2} = R_e = 235 \text{ [MPa]}$ – material S235JR

$\xi_2 = 0,8$ - kvalitet šava „D“

$\xi_3 = 1$ - faktor vrste napreznja

$K_t = 1$ - tehnološki faktor veličine presjeka ($d = t = 2 \cdot d_2 = 50 \text{ [mm]}$)

$$\sigma_{w,s,zp} = \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot K_t \cdot R_{p0,2} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 235 = 188 \text{ [MPa]}$$



Tab. 4.7a

Tab. 8.13.

Tab. 8.14.

Tab. 4.21a

C) Dinamički amplitudni stepen sigurnosti šava „B“

$$S_{w,A,f} = \frac{\sigma_{w,A,f}}{\sigma_{w,a,f}} = \frac{200}{44,1} = 4,54 \geq S_{w,A} = 1,5$$

$$\sigma_{w,A,f} = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot K_t \cdot \sigma_{A,zp,N} = 0,87 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 255,9 = 200 \text{ [MPa]}$$

$\xi_1 = 0,87$ - faktor oblika šava

$\xi_2 = 0,9$ - faktor kvaliteta šava

$K_t = 1$ - (za $d=16 \text{ mm}$)

$$\sigma_{A,zp,N} = \sigma_{AN} = \sigma_D - \sigma_{sr} \approx 300 - 44,1 = 255 \text{ [MPa]}$$

$\sigma_D \approx 300 \text{ [MPa]}$ – dinamička izdržljivost (Smitov dijagram str. 151)

$$\sigma_{sr} = \sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = \frac{\sigma_{max}}{2} = \frac{88,15}{2} = 44,1 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{SB}}{W_{xB}} = \frac{96 \cdot 1000}{1089} = 88,15 \text{ [MPa]}$$

$$W_{xB} = \frac{(d_1 + 2 \cdot a)^4 \cdot \pi - d_1^4 \cdot \pi}{32 \cdot (d_1 + 2 \cdot a)} = \frac{(16 + 2 \cdot 4)^4 \cdot \pi - 16^4 \cdot \pi}{32 \cdot (16 + 2 \cdot 4)} = 1089 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Tab. 8.15.

Tab. 8.13.

Tab. 8.6., str.393

D) Stepen sigurnosti protiv razdvajanja ploča

/// Napomena: Ovaj dio student treba samostalno uraditi, na osnovu primjera zadataka iz zavrtnajskih veza. ///