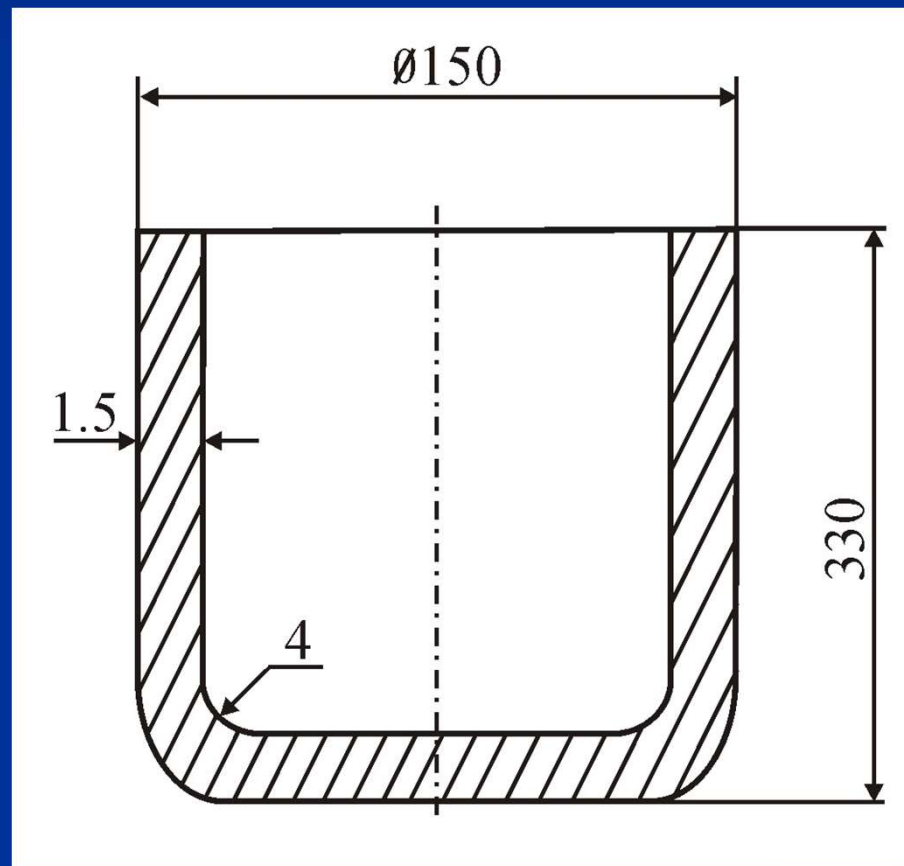


4. Domaći zadatak - Izvlačenje

Za obradak dobijen izvlačenjem potrebno je:

- odrediti deformacionu silu i deformacioni rad.

Uslovi: $\sigma_M = 570 [N / mm^2]$

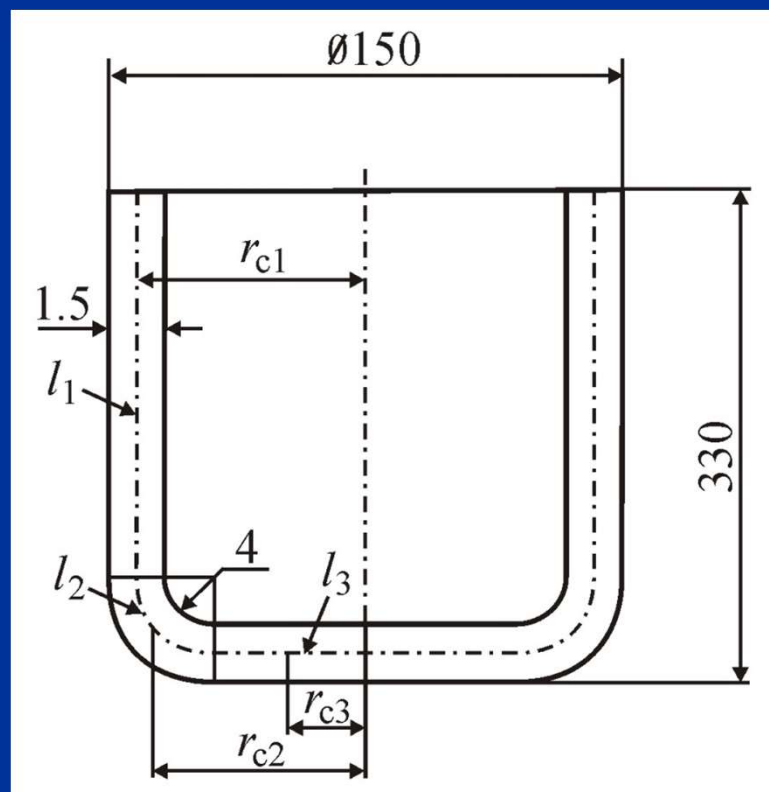


Slika 4.1.

PRORAČUN:

1. Mjere priprema

- $h_i = 330[mm]$ - visina obratka poslije i -te operacije,
 $d_i = 150[mm]$ - prečnik obratka poslije i -te operacije,
 $r_i = 4[mm]$ - radijus zaobljenja,
 $s = 1.5[mm]$ - debljina izradka,



Slika 4.2.

$$D_p = \sqrt{8 \sum r_{ci} l_i} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

D_p - prečnik pripremka,

l_1 - dužina po srednjoj liniji, po izvodnici pripremka,

r_{c1} - radijalno rastojanje od ose simetrije do parcijalne linije izvodnice,

l_2 - dužina zaobljenog dijela izvodnice,

r_{c2} - rastojanje težišta linije l_2 (zaobljenog dijela) do ose simetrije,

l_3 - dužina ravnog dijela izradka,

$$l_1 = h_i + \Delta h - r_i - s = 330 + 10 - 4 - 1.5 = 334.5 [mm]$$

Δh - dodatak za odsijecanje (iz tabele 3.7.3.)

$$\frac{h_i}{d_i} = \frac{330}{150} = 2.2 \Rightarrow \Delta h = 10.0 [mm]$$

$$r_{c1} = \frac{d_i}{2} - \frac{s}{2} = \frac{150}{2} - \frac{1.5}{2} = 74.25 [mm]$$

$$l_2 = \left(r_i + \frac{s}{2}\right) \frac{\pi}{2} = 7.45[mm]$$

$$r_{c2} = \frac{d_i}{2} - r_i - s + \left[\left(r_i + \frac{s}{2}\right) \sin \frac{\pi}{4} \cos \frac{\pi}{4} \right] : \frac{\pi}{4}$$

$$r_{c2} = \frac{150}{2} - 4 - 1.5 + \left[\left(4 - \frac{1.5}{2}\right) \sin \frac{\pi}{4} \cos \frac{\pi}{4} \right] : \frac{\pi}{4} = 72.46[mm]$$

$$l_3 = \frac{d_i}{2} - r_i - s = \frac{150}{2} - 4 - 1.5 = 69.5[mm]$$

$$r_{c3} = \frac{l_3}{2} = 34.75[mm]$$

$$D_p = \sqrt{8(r_{c1}l_1 + r_{c2}l_2 + r_{c3}l_3)}$$

$$D_p = \sqrt{8(74.25 \cdot 334.5 + 72.46 \cdot 7.45 + 34.75 \cdot 69.5)} = 471.52[mm]$$

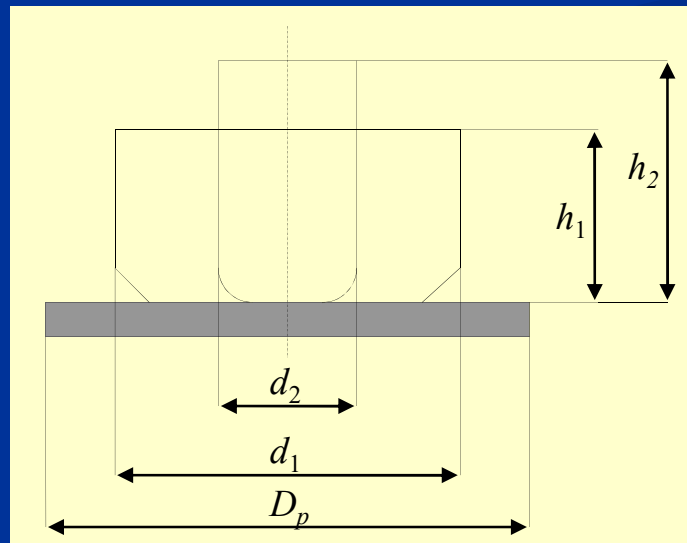
2. Broj operacija izvlačenja

n - broj operacija izvlačenja,
(Iz tabele 3.7.1.)

$$\frac{h_i}{d_i} = \frac{330}{150} = 2.2 \quad s_r = \frac{s}{D_p} = \frac{1.5}{471.52} \cdot 100[\%] = 0.55[\%] \quad \Rightarrow n = 3$$

s_r - relativna debljina lima,

U ovom primjeru rezultate ćemo prikazati samo za dvije operacije



Slika 4.3.

3. Geometrijske mjere priprema posle prve operacije

m - odnos izvlačenja
(Iz tabele 3.7.2.)

$$s_r = 0.55 [\%] \quad m_1 = 0.55 - 0.58 \text{ usvajamo } m_1 = 0.55$$
$$m_2 = 0.78 - 0.79 \text{ usvajamo } m_2 = 0.78$$

3.1. Prečnik obratka poslije prve operacije

$$d_1 = D_p \cdot m_1 = 471.52 \cdot 0.55 = 259.34 [mm]$$

3.2. Visina obratka poslije prve operacije

$$h_1 = 0.25 \cdot \left(\frac{D_p^2}{d_1} - d_1 \right) + \frac{0.43 \cdot a_1}{d_1} (d_1 + 0.32 \cdot a_1)$$

$$h_1 = 0.25 \cdot \left(\frac{471.52^2}{259.34} - 259.34 \right) + \frac{0.43 \cdot 55.42}{259.34} (259.34 + 0.32 \cdot 55.42)$$

$$h_1 = 174.95[mm]$$

$$a_1 = \frac{d_1 - d_2}{2} = \frac{259.34 - 148.5}{2} = 55.42[mm]$$

$$d_2 = d_i - s = 150 - 1.5 = 148.5[mm]$$

4. Geometrijske mjere priprema posle druge operacije

$$d_2 = 148.5[mm]$$

$$h_2 = h_i + \Delta h - \frac{s}{2} = 330 + 10 - \frac{1.5}{2} = 339.25[mm]$$

5. Proračun držača lima

Kako je: $s_r = \frac{s}{D_p} < 0.02 \Rightarrow s_r = \frac{1.5}{471.52} = 0.0032 < 0.02$ treba držač lima

$$P \approx \frac{2.5}{1000} \left[\left(\frac{D_p}{d_1 - s} - 1 \right)^3 + \frac{d_1 - s}{200 \cdot s} \right] \sigma_M = \frac{2.5}{1000} \left[\left(\frac{471.52}{259.34 - 1.5} - 1 \right)^3 + \frac{2549.34 - 1.5}{200 \cdot 1.5} \right] 570 \approx 2.03[N/mm^2]$$

$$F_{dl} = (A_0 - A)P = \frac{\pi}{4} (D_p^2 - (d_1 + 2a_1)^2) P = \frac{3.14}{4} (471.52^2 - (259.34 + 2 \cdot 55.42)^2) 2.04 = 135995.4[N]$$

F_{dl} - sila držača lima

6. Deformaciona sila za prvu operaciju

$$F_I = \left(2.2\pi \frac{d_1}{2} \cdot s \cdot K_m \ln \frac{D_p}{d_1} + 2 \cdot \mu_0 \cdot F_{dl} \right) e^{\mu_0 \frac{\pi}{2}} + 2\pi \frac{d_1}{2} \cdot s^2 \frac{K_1}{2r_d + s} =$$
$$= \left(2.2 \cdot 3.14 \frac{259.34}{2} \cdot 1.5 \cdot 575 \cdot \ln \frac{471.52}{259.34} + 2 \cdot 0.19 \cdot 135995.4 \right) e^{0.19 \cdot \frac{3.14}{2}} +$$
$$+ 2 \cdot 3.14 \cdot \frac{259.34}{2} \cdot 1.5^2 \frac{830}{2 \cdot 4 + 1.5} = 852123.8 [N] = 852.1 [kN]$$

Na osnovu $\sigma_M = 570 [N/mm^2]$ (izabrati čelik Č.1330)

$$K_0 = 320 [N/mm^2]$$

$$\varphi = \ln \frac{D_p}{d_1} = \ln \frac{471.52}{259.34} = 0.60 \cdot 100 [\%] = 60 [\%] \Rightarrow K_1 = 830 [N/mm^2]$$

$$K_m = \frac{K_0 + K_1}{2} = \frac{320 + 830}{2} = 575 [N/mm^2]$$

(Iz tabele 3.7.5.)

Za čelik bez podmazivanja $\mu_0 = 0.19$

$r_d = r_i = 4 [mm]$ - radijus alata

7. Deformacioni rad za prvu operaciju

$$W_I = F_I h_1 x_1 = 852.1 \cdot 174.95 \cdot 0.80 = 119259.91 [kNmm] = 119.3 [kJ]$$

(Iz tabele 3.7.6.)

Za $m_1 = 0.55$ dobijamo $x_1 = 0.80$ - koeficijent punoće.

8. Deformaciona sila za drugu operaciju

$$F_{II} = 2\pi \frac{d_2}{2} s \cdot K_m \left[2e^{\frac{\mu_0 \pi}{4}} \frac{d_1 - d_2}{d_1 + d_2} \left(1.1 + \frac{\mu_0}{\operatorname{tg} \frac{\pi}{4}} \right) + \frac{s}{2\rho_i} \right] = 390892.98 [N] = 390.9 [kN]$$

$$\rho_i = r_i + \frac{s}{2} = 4 + \frac{1.5}{2} = 4.75 [mm]$$

9. Deformacioni rad za drugu operaciju

$$W_{II} = F_{II} h_2 x_2 = 390.9 \cdot 339.25 \cdot 0.67 = 88850.59 [kNmm] = 88.8 [kJ]$$

(Iz tabele 3.7.6.)

Za $m_2 = 0.78$ dobijamo $x_2 = 0.67$ - koeficijent punoće.

10. Zaključak

$$F_{\max} = F_I = 852.1 [kN]$$

$$W = W_I + W_{II} = 119.3 + 88.8 = 208.1 [kJ]$$