

Технологија Машинске обраде

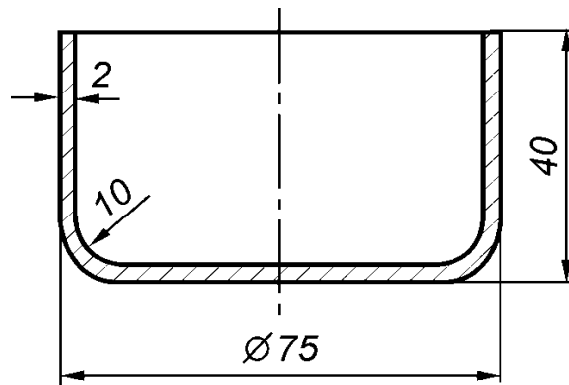
АУДИТОРНЕ ВЕЖБЕ
Рачунски задаци

ОБРАДА МЕТАЛА ДЕФОРМИСАЊЕМ

Пример задатка из обраде извлачењем

Проф. др Саша Живановић

ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020



7

Задаци из обраде извлачењем

Задатак 7.1 За израдак дат на слици који се израђује извлачењем (без подмазивања) у хладном стању одредити:

- А) мере припремка
 - Б) Све компоненте силе извлачења и укупну силу извлачења за пун ход извлакача.
 - В) Отпор при бочном сабијању и отпор савијања лима око ивице прстена за извлачење за половину хода извлакача
- Материјал: челик за дубоко извлачење,

$$r_p = 10 \text{ mm} \quad R_m = 380 \text{ N/mm}^2$$

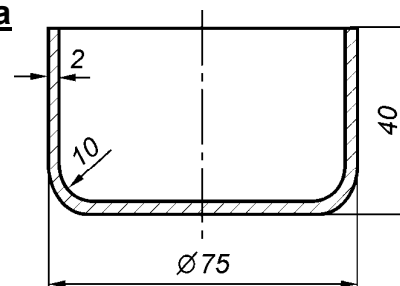


Таблица ефективних напона

ϕ [%]	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
σ_{eff} [N/mm ²]	160	220	270	250	360	390	430	490	530	540	540

Напомена: Из таблица и опсега бирати максималне вредности.

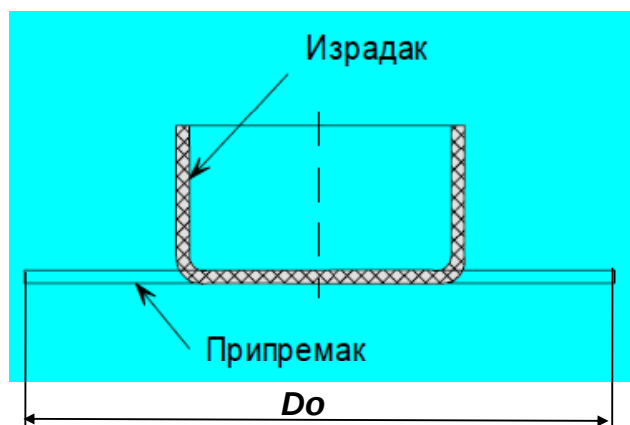
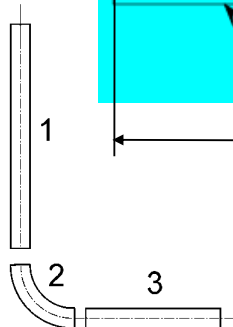
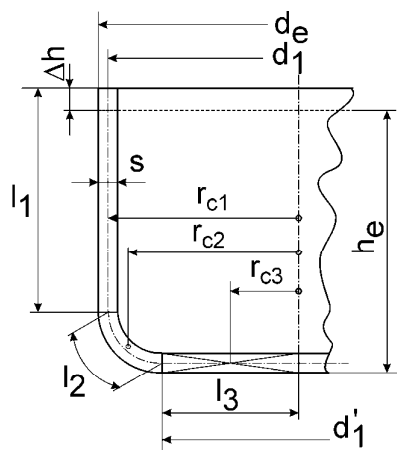
ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

Мере припремка

$$D_o = \sqrt{d_1'^2 + 4d_1l_1 + 2\pi d_1'r_1 + 8r_1^2}$$

или

$$D_o = \sqrt{8\sum l_i r_{ci}} = 2\sqrt{2\sum l_i r_{ci}}$$

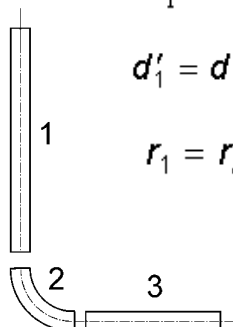
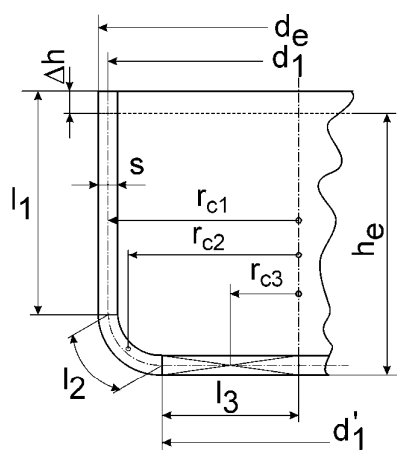


Карактеристичне величине обратка при извлачењу

ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

Мере припремка

$$D_o = \sqrt{d_1'^2 + 4d_1l_1 + 2\pi d_1'r_1 + 8r_1^2}$$



$$d_1 = d_e - s = 75 - 2 = 73 \text{ mm}$$

$$d_1' = d_e - s - 2r_1 = 75 - 2 - 2 \cdot 11 = 51 \text{ mm}$$

$$r_1 = r_i + s/2 = 10 + 1 = 11 \text{ mm}$$

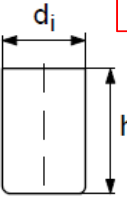
Карактеристичне величине обратка при извлачењу

ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

Додатак за опсецање Δh

Таблица 6.6

Додаци за опсецање при извлачењу

Израдак	h_i [mm]	Додатак Δh [mm] за h_i / d_i			
		0,5 – 0,8	0,8 – 1,6	1,6 – 2,5	2,5 – 4
	10	1,0	1,2	1,5	2,0
	20	1,2	1,6	2,0	2,5
	50	2,0	2,5	3,0	3,5
	100	3,0	3,8	4,5	5,0
	150	4,0	5,0	5,5	6,0
	200	5,0	6,3	6,5	7,0
	250	6,0	7,5	7,5	8,0
	300	7,0	8,5	8,5	9,0

$h_i = 40$

Δh додатак за опсецање лима при извлачењу Таблица 6.6, стр 322

$$h_e = 40, \frac{h_e}{d_e} = \frac{40}{75} = 0.533 \rightarrow \Delta h = 1.733 \text{ mm (лин. интерполација).}$$

За висину $h_i = 40$ линеарном интерполацијом се добија вредност $\Delta h = 1.733$

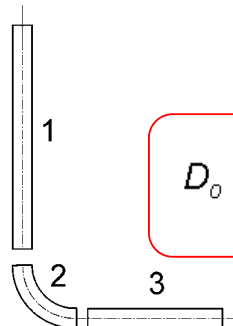
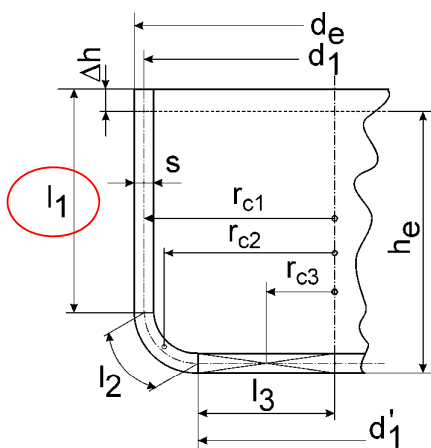
ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

$$l_1 + r_1 + \frac{s}{2} = h_e + \Delta h$$



$$l_1 = h_e + \Delta h - r_1 - \frac{s}{2} \rightarrow l_1 = h_e + \Delta h - r_1 - s/2 = 40 + 1.733 - 11 - 1 = 29.733 \text{ mm}$$

Мере припремка



$$D_o = \sqrt{d_1'^2 + 4d_1 l_1 + 2\pi d_1' r_1 + 8r_1^2}$$

$$D_o = \sqrt{51^2 + 4 \cdot 73 \cdot 29.733 + 2\pi 51 \cdot 11 + 8 \cdot 11^2} = 125.6 \text{ mm}$$

Карактеристичне величине обратка при извлачењу

ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

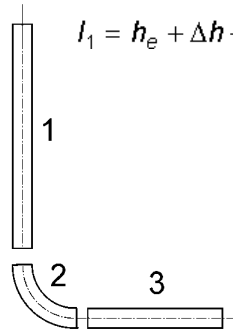
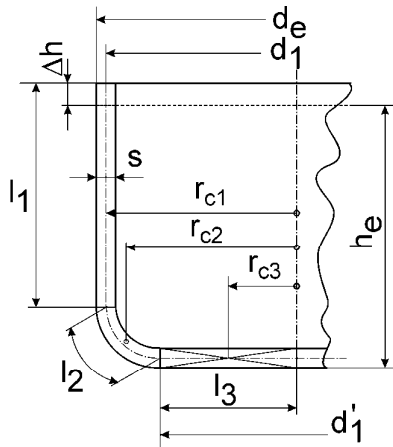
Мере припремка

$$D_o = \sqrt{8 \sum l_i r_{ci}} = 2\sqrt{2 \sum l_i r_{ci}}$$

Претходно је већ одређено l_1

$$l_1 = h_e + \Delta h - r_1 - s/2 = 40 + 1.733 - 11 - 1 = 29.733 \text{ mm}$$

$$r_{c1} = \frac{d_1}{2} = 36.5 \text{ mm}$$

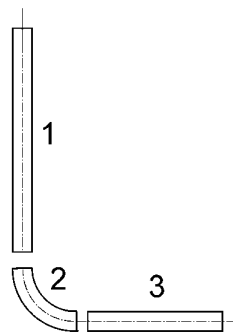
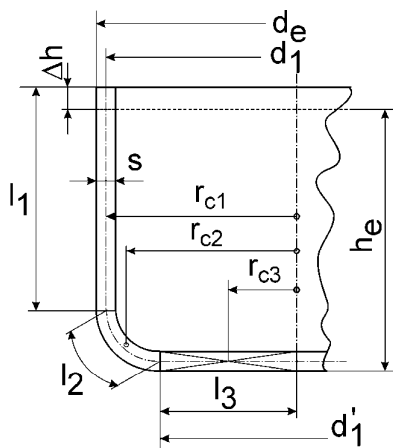


Карактеристичне величине обратка при извлачењу

Мере припремка

$$l_2 = \frac{\pi}{2} r_1 = \frac{\pi}{2} \cdot 11 = 17.2787 \text{ mm}$$

$$r_{c2} = \frac{d_e}{2} - r_1 - s + 2\left(r_1 + \frac{s}{2}\right) \frac{\sin \frac{\pi}{4}}{\frac{\pi}{2}} \cdot \cos \frac{\pi}{4} = \frac{d'_1}{2} + 2r_1 \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\pi}{2}} = \frac{d'_1}{2} + \frac{2r_1}{\pi} = 32.5028 \text{ mm}$$

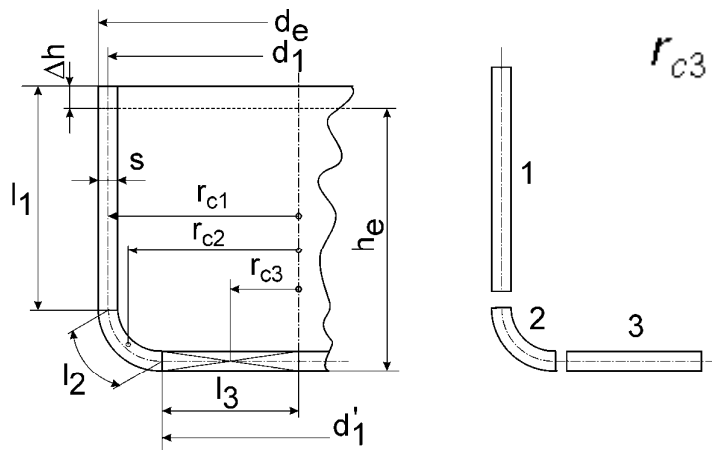


Карактеристичне величине обратка при извлачењу

Мере припремка

$$l_3 = \frac{d'_1}{2} = 25.5 \text{ mm}$$

$$r_{c3} = \frac{d'_1}{4} = \frac{l_3}{2} = 12.75 \text{ mm}$$

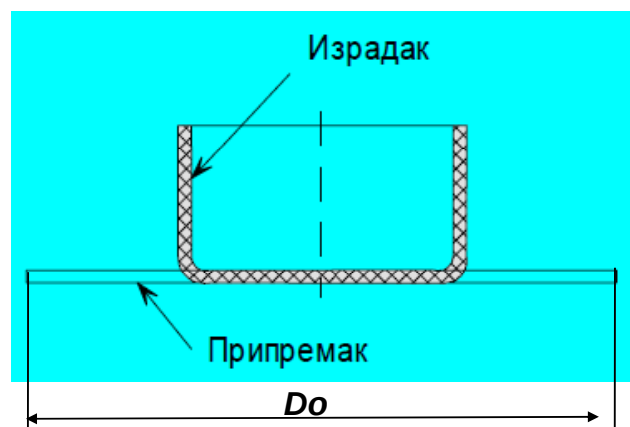


Карактеристичне величине обратка при извлачењу

Мере припремка

$$D_o = \sqrt{8 \sum l_i r_{ci}} = \sqrt{8(l_1 r_{c1} + l_2 r_{c2} + l_3 r_{c3})} =$$

$$= \sqrt{8(29.733 \cdot 36.5 + 17.2787 \cdot 32.5028 + 25.5 \cdot 12.75)} = 125.602 \text{ mm}$$



Број операција извлачења

$$n = 1 + \frac{\log d_e - \log m_1 D_o}{\log m_2} =$$

$$n = 1 + \frac{\log 75 - \log 0.49 \cdot 125.6}{\log 0.74} = 0.343 \Rightarrow 1 \text{ операција}$$

Број операција извлачења. Према табlici 6.10, стр 336, усваја се за $(s/D_o) \cdot 100\% = 1.59\%$ $m_1=0.49$, $m_2=0.74$

Одређивање вредности степена извлачења m_1 , m_2

Таблица 6.10
Препоручене вредности степена извлачења

m_i	Релативна дељина лима $\frac{s}{D_o} \cdot 100\%$					
	2-1,5	1,5-1,0	1,0-0,6	0,6-0,3	0,3-0,15	0,15-0,08
m_1	0,48-0,50	0,50-0,53	0,53-0,55	0,55-0,58	0,58-0,6	0,60-0,63
m_2	0,73-0,75	0,75-0,76	0,76-0,78	0,78-0,79	0,79-0,80	0,80-0,82
m_3	0,75-0,78	0,78-0,79	0,79-0,80	0,81-0,82	0,81-0,82	0,82-0,84
m_4	0,78-0,80	0,8-0,81	0,81-0,82	0,82-0,83	0,83-0,85	0,85-0,86
m_5	0,80-0,82	0,82-0,84	0,84-0,85	0,85-0,86	0,86-0,87	0,87-0,88

Напомена: Наведене вредности се односе на челични лим за дубоко извлачење и месингани лим.

Број операција извлачења. Према табlici 6.10, стр 336, усваја се за $(s/D_o) \cdot 100\% = 1.59\%$ $m_1=0.49$, $m_2=0.74$

б) Све компоненте силе извлачења и укупну силу извлачења за пун ход извлакача.

$$F_u = \sum_{i=1}^4 F_i = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

Потребна деформациона сила треба да савлада све отпоре који се појављују при извлачењу. То су:

F₁ - отпор при бочном сабијању, који се појављује при преласку прстенастог дела у цилиндрични омотач,

F₂ - отпор трења између лима и држача лима и лима и прстена за извлачење,

F₃ - отпор трења око заобљења прстена за извлачење, и

F₄ - отпор савијања лима око заобљења прстена за извлачење.

Провера потребе за држачем лима

Држач лима је потребан при извлачењу тањих лимова и за мање степене деформација, односно за

$$\frac{s}{D_0} 100 \leq 2\% \quad \text{и} \quad m = \frac{d}{D_0} \leq 0,6$$

Ако се покаже да држач лима није потребан онда нема компоненте силе **F₂**

У задатку:

Држач лима.

Пошто је $(s/D_0) = 0.0159 < 0.02$ и $m_1 = 0.49 < 0.6$ држач лима је потребан (j-на 6.128 стр 330).

Притисак држача лима

$$p = \frac{2 \div 3}{1000} \left[\left(\frac{D_o}{d-s} - 1 \right)^3 + \frac{d-s}{200s} \right] \sigma_M$$

Са цртежа d_e

Задато σ_M или $R_m = 380 \text{ N/mm}^2$

$$p = \frac{3}{1000} \left[\left(\frac{125.6}{75-2} - 1 \right)^3 + \frac{75-2}{200 \cdot 2} \right] 380 = 0.63 \text{ Мра}$$

Сила држача лима

$$F_d = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - (d_e + 2r_p)^2) p = \frac{\pi}{4} (125.6^2 - (75 + 2 \cdot 10)^2) 0.63 = 3340.083 \text{ N}$$

ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

Померање лима h' за пун ход извлакача

$$h_i = h_e - s = 40 - 2 = 38 \text{ mm} \quad \text{Пун ход извлакача}$$

$$(r_i + r_p + s) = 10 + 10 + 2 = 22 < h_i$$

$$(r_i + r_p + s) < h_i \quad \Rightarrow \quad h' = h_i - 0.43(r_i + r_p + s)$$

$$h' = 38 - 0.43(10 + 10 + 2) = 28.54 \text{ mm}$$

ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

Логаритамска деформација обратка на ивици обода

$$\varphi_R = \frac{1}{2} \ln \frac{R_o^2}{R_o^2 - 2rh'}$$

$$R_o = D_o / 2 = 125.6 / 2 = 62.8 \text{ mm}, \quad r = \frac{d_1}{2} = \frac{73}{2} = 36.5 \text{ mm}$$

$$\varphi_R = \frac{1}{2} \ln \frac{62.8^2}{62.8^2 - 2 \cdot 36.5 \cdot 28.54} = 0.375, \quad \varphi_R = 37.5\% \rightarrow k_R = 460 \text{ N/mm}^2$$

Таблица ефективних напона

$\varphi[\%]$	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
$\sigma_{\text{eff}}[\text{N/mm}^2]$	160	220	270	250	360	390	430	490	530	540	540

37.5%

Линеарном интерполацијом!

Логаритамска деформација обратка на ивици прстена за извлачење

$$\varphi_r = \frac{1}{2} \ln \frac{r + 2h'}{r}$$

$$r = \frac{d_1}{2} = \frac{73}{2} = 36.5 \text{ mm}$$

$$\varphi_r = \frac{1}{2} \ln \frac{r + 2h'}{r} = \frac{1}{2} \ln \frac{36.5 + 2 \cdot 28.54}{36.5} = 0.47 \quad \varphi_r = 47\% \rightarrow k_r = 518 \text{ N/mm}^2$$

Таблица ефективних напона

$\varphi[\%]$	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
$\sigma_{\text{eff}}[\text{N/mm}^2]$	160	220	270	250	360	390	430	490	530	540	540

47%

Линеарном интерполацијом!

Средњи специфични деформациони отпор

$$k_m = (k_r + k_R)/2$$

$$k_m = (k_r + k_R)/2 = 489 \text{ N/mm}^2$$

Отпор при бочном сабијању - F_1

$$F_1 = 2.2 \cdot r \cdot \pi \cdot s \cdot K_m \cdot \ln \frac{R}{r}$$

$$F_1 = 2.2 \pi s \ln \frac{R}{r} K_m = 2.2 \cdot \pi \cdot 36.5 \cdot 2 \cdot \ln \frac{62.8}{36.5} \cdot 489 = 133880.809 \text{ N}$$

Отпор трења између лима и држача лима и лима и прстена за извлачење - F_2

$$F_2 = 2\mu_o F_d$$

$$\mu_o = 0.19$$

Без подмазивања
Челик Т6.7, стр 330.



Таблица 6.7

Препоручене вредности коефицијента трења μ_o

Услови извлачења	Челик	Алумин.	Дурал.
Без подмазивања	0,19	0,25	0,22
Подмазивање минералним уљима	0,15	0,15	0,16
Подмазивање графитним мастима	0,08	0,10	0,09

Сила држача лима је претходно већ одређена

$$F_d = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - (d_e + 2r_p)^2) p = \frac{\pi}{4} (125.6^2 - (75 + 2 \cdot 10)^2) \cdot 0.63 = 3340.083 \text{ N}$$

$$F_2 = 2\mu_o F_d = 1269.23154 \text{ N}$$

ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

Пораст отпора извлачења због трења око заобљења прстена- F_3

$$F_3 = F_o \left(e^{\mu \frac{\pi}{2}} - 1 \right)$$

где је $F_o = F_1 + F_2$

$$F_o = F_1 + F_2 = 135150.04054 \text{ N}$$

$$F_3 = F_o \left(e^{\mu \frac{\pi}{2}} - 1 \right) = 47001.116 \text{ N}$$

Отпор савијања лима око ивице прстена за извлачење - F_4

$$F_4 = 2\pi r s^2 \frac{k_f}{2r_p + s}$$

K_f – специф. деформациони отпор савијања

$$k_f \cong k_m.$$

$$F_4 = 2\pi 36.5 \cdot 2^2 \frac{489}{2 \cdot 10 + 2} = 20390.0787 \text{ N}$$

ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

Укупна сила извлачења - F

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = \sum_{i=1}^4 F_i$$

$$F = 133880.809 + 1269.23154 + 47001.116 + 20390.0787 = 202541.235 \text{ N}$$

$$F_u = \sum_{i=1}^4 F_i = \left(2.2\pi \cdot r \cdot s \cdot k_m \ln \frac{R}{r} + 2\mu_o F_d \right) \cdot e^{\mu \frac{\pi}{2}} + 2\pi \cdot r \cdot s^2 \frac{k_m}{2r_p + s} =$$

$$= \left(2.2\pi \cdot 36.5 \cdot 2 \cdot 489 \ln \frac{62.8}{36.5} + 2 \cdot 0.19 \cdot 3340.083 \right) \cdot e^{0.19 \frac{\pi}{2}} + 2\pi \cdot 36.5 \cdot 2^2 \frac{489}{2 \cdot 10 + 2} =$$

$$F = 202541.235 \text{ N}$$

ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

с) Отпор при бочном сабијању и отпор савијања лима око ивице прстена за извлачење за половину хода извлакача.

Померање лима h' за ПОЛОВИНУ хода извлакача

$$h_i = 40 - s = 38, \quad h_i / 2 = 19 \text{ mm}$$

$$(r_i + r_p + s) = 22 \text{ mm}$$

$$(r_i + r_p + s) > h_i \rightarrow h' = 0.57(r_i + r_p + s)$$

$$h' = 0.57(r_i + r_p + s) = 0.57(10 + 10 + 2) = 12.54 \text{ mm}$$

Логаритамска деформација обратка на ивици обода

$$\varphi_R = \frac{1}{2} \ln \frac{R_o^2}{R_o^2 - 2rh'}$$

$$R_o = D_o / 2 = 125.6 / 2 = 62.8 \text{ mm}, \quad r = \frac{d_1}{2} = \frac{73}{2} = 36.5 \text{ mm}$$

$$\varphi_R = \frac{1}{2} \ln \frac{R_o^2}{R_o^2 - 2rh'} = \frac{1}{2} \ln \frac{62.8^2}{62.8^2 - 2 \cdot 36.5 \cdot 12.54} = 0.132, \quad \varphi_R = 13.2\% \rightarrow k_R = 252 \text{ N/mm}^2$$

13.2%

Таблица ефективних напона

$\varphi[\%]$	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
$\sigma_{\text{eff}}[\text{N/mm}^2]$	160	220	270	250	360	390	430	490	530	540	540

Линеарном интерполацијом!

Логаритамска деформација обратка на ивици прстена за извлачење

$$\varphi_r = \frac{1}{2} \ln \frac{r + 2h'}{r}$$

$$r = \frac{d_1}{2} = \frac{73}{2} = 36.5 \text{ mm}$$

$$\varphi_r = \frac{1}{2} \ln \frac{r + 2h'}{r} = \frac{1}{2} \ln \frac{36.5 + 2 \cdot 12.54}{36.5} = 0.26, \quad \varphi_r = 26\% \rightarrow k_r = 366 \text{ N/mm}^2$$

Таблица ефективних напона

$\varphi[\%]$	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
$\sigma_{\text{eff}}[\text{N/mm}^2]$	160	220	270	250	360	390	430	490	530	540	540

26%

Линеарном
интерполацијом!

ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

Средњи специфични деформациони отпор

$$k_m = (k_y + k_R)/2 = \frac{366 + 252}{2} = 309 \text{ N/mm}^2$$

Отпор при бочном сабијању - F1 за половину хода извлакача

$$F_1 = 2.2\pi s \ln \frac{R}{r} K_m = 2.2 \cdot \pi 36.5 \cdot 2 \cdot \ln \frac{62.8}{36.5} \cdot 309 = 84599.5296 \text{ N}$$

Отпор савијања лима око ивице прстена за извлачење – F4 за половину хода извлакача

$$F_4 = 2\pi s^2 \frac{k_f}{2r_p + s} = 2\pi 36.5 \cdot 2^2 \frac{309}{2 \cdot 10 + 2} = 12884.528 \text{ N, где је } k_f \approx k_m.$$

ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ © 2020

Задатак за вежбу

Задатак 7.2 За израдак дат на слици који се израђује извлачењем у једној операцији $n=1$, (без подмазивања) у хладном стању одредити:

А) Мере припремка.

Б) Отпор при бочном сабијању и отпор савијања лима око ивице прстена за извлачење, за **ПУН хода извлакача**.

В) Отпор при бочном сабијању и отпор савијања лима око ивице прстена за извлачење, за **ПОЛОВИНУ хода извлакача**.

Материјал: челик за дубоко извлачење, $r_p = 10\text{mm}$

$$R_m = 380 \text{ N/mm}^2$$

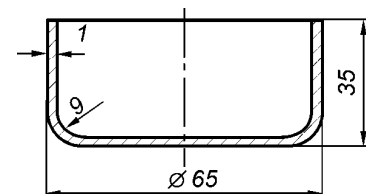


Таблица ефективних напона

ϕ [%]	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
σ_{eff} [N/mm ²]	160	220	270	250	360	390	430	490	530	540	540

Напомена: Из таблица и опсега усвајати максималне вредности.

Литература



1. Калајџић, М., ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНОГРАДЊЕ, Машински факултет Београд, (издање које вам је расположиво)
2. М. Калајџић, (редактор), Љ. Тановић, Б. Бабић, М. Главоњић, З. Миљковић, Р. Пузовић, Б. Кокотовић, М. Поповић, Живановић, С., Д Тошић, И. Васић, ТЕХНОЛОГИЈА ОБРАДЕ РЕЗАЊЕМ – Приручник – помоћни уџбеник, Универзитет у Београду, Машински факултет, (издање које вам је расположиво)





ХВАЛА НА ПАЖЊИ !

проф. др Саша Живановић

Питања и сугестије могу се у свако доба упутити на
адресу: szivanovic@mas.bg.ac.rs .