

TECHNOLÓGIA TVÁRNENIA – Objemové tvárnenie za studena

Objemové tvárnenie za studena

Objemové tvárnenie za studena je charakteristické tým, že pôsobením vonkajších síl na východiskový polotovár meníme jeho **tvar, rozmery** a **fyzikálno-mechanické vlastnosti** s **podstatnou zmenou jeho hrúbky** tak, aby spĺňal výkresom predpísané parametre, **pod teplotou rekryštalizácie**.

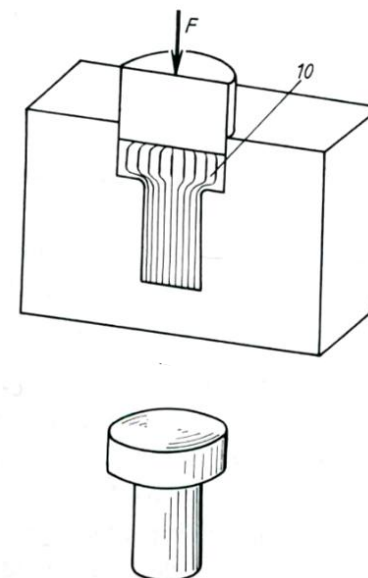
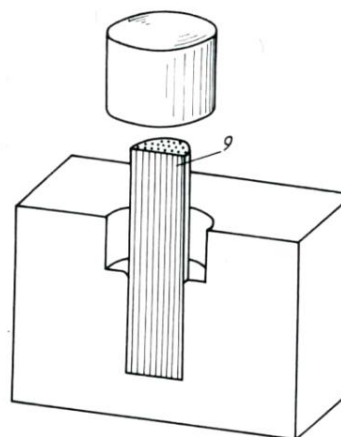
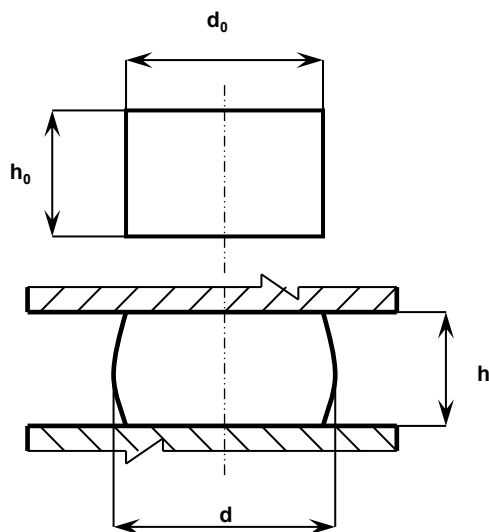
Tieto zmeny sa realizujú prostredníctvom **mechanizmov plastickej deformácie bez porušenia súdržnosti** materiálu.

Objemové tvárnenie za studena

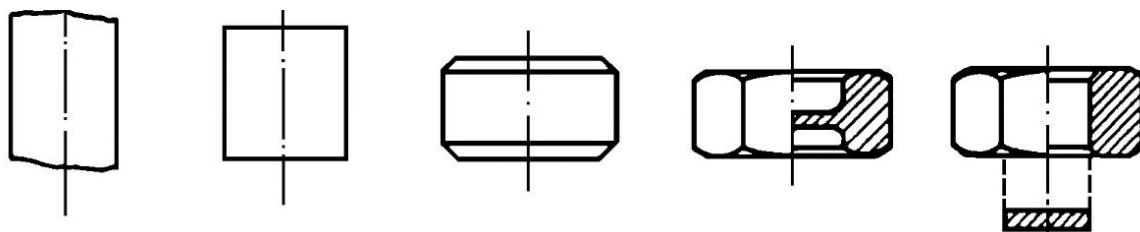
K základným prácam objemového tvárnenia za studena patrí:

- **ubíjanie a nabíjanie**
- **pretláčanie**
- **razenie**
- **kalibrovanie**
- **objemové ťahanie**
- **rotačné kovanie**
- **radiálne lisovanie**

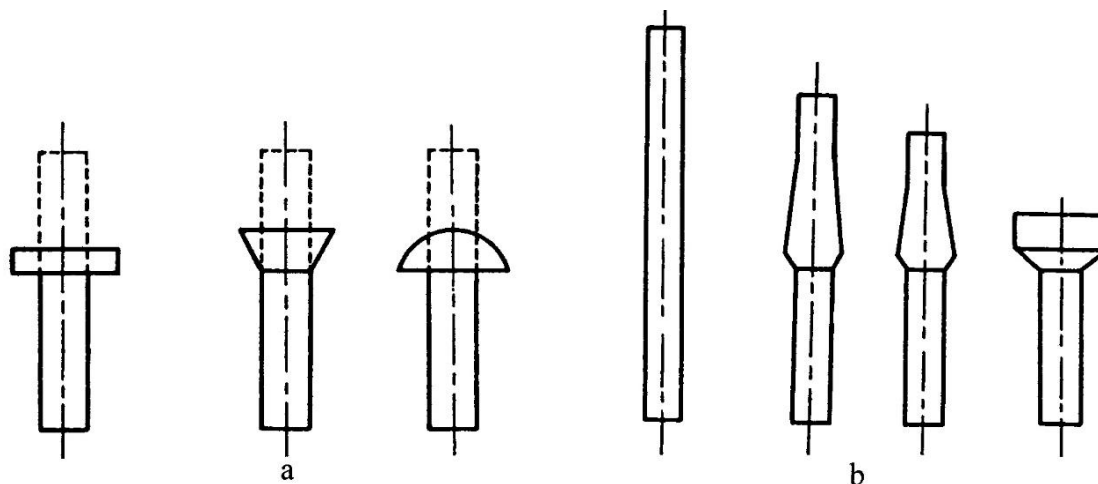
Ubíjanie a nabíjanie



Ubíjanie a nabíjanie



Výroba matice ubíjaním



Výroba súčiastok nabíjaním

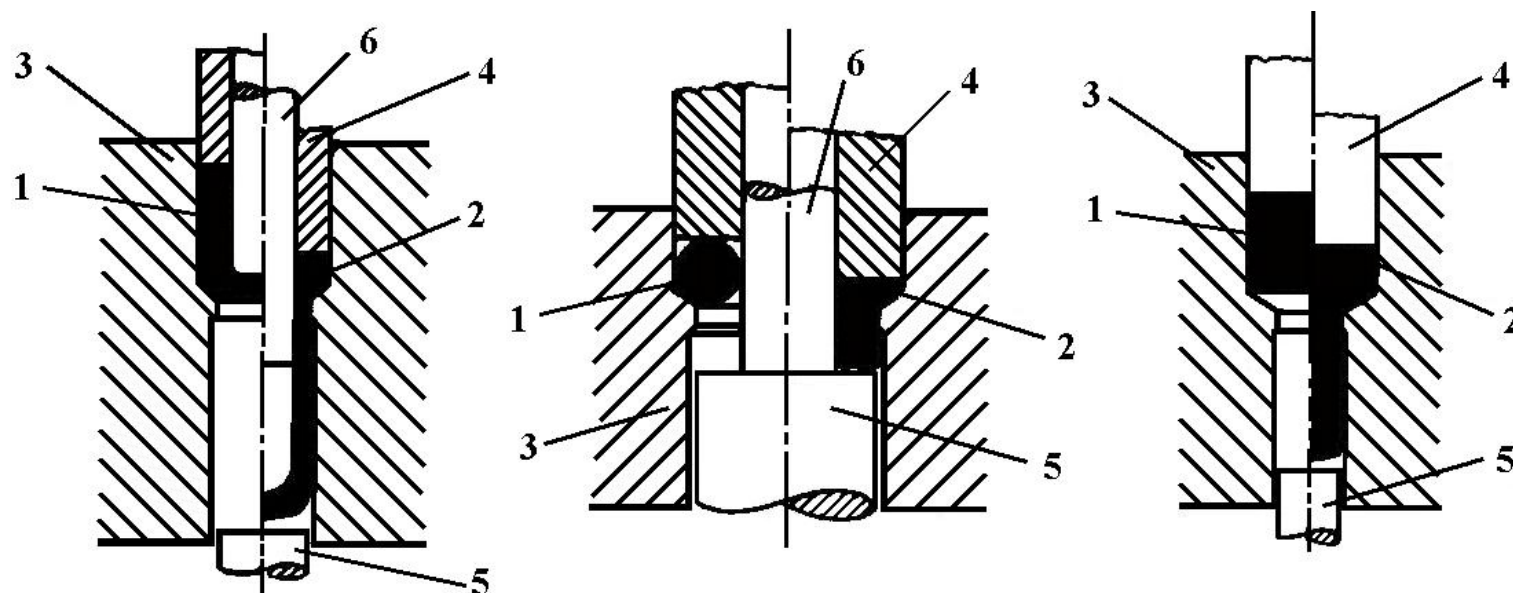
a – nitu na jeden úder, b – skrutky na viac úderov

Pretláčanie

Medzi základné spôsoby pretláčania patrí:

- **dopredné** pretláčanie
- **spätné** pretláčanie
- **združené** (kombinované) pretláčanie
- **stranové** pretláčanie
- **vtláčanie**

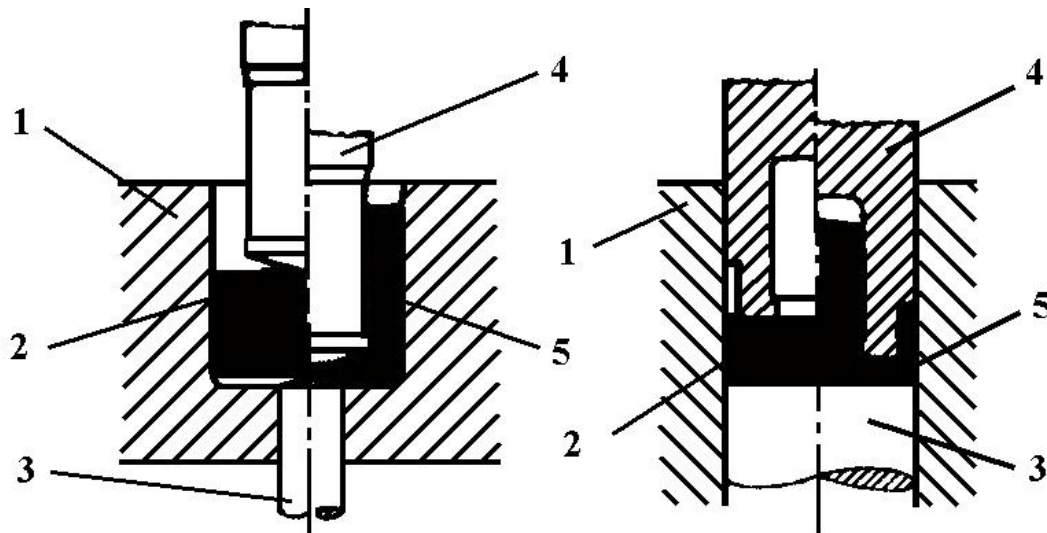
Dopredné pretláčanie



Dopredné pretláčanie

*1 – polotovar, 2 – výtvarok, 3 – pretlačnica, 4 – pretlačník,
5 – vyhadzovač, 6 – trň*

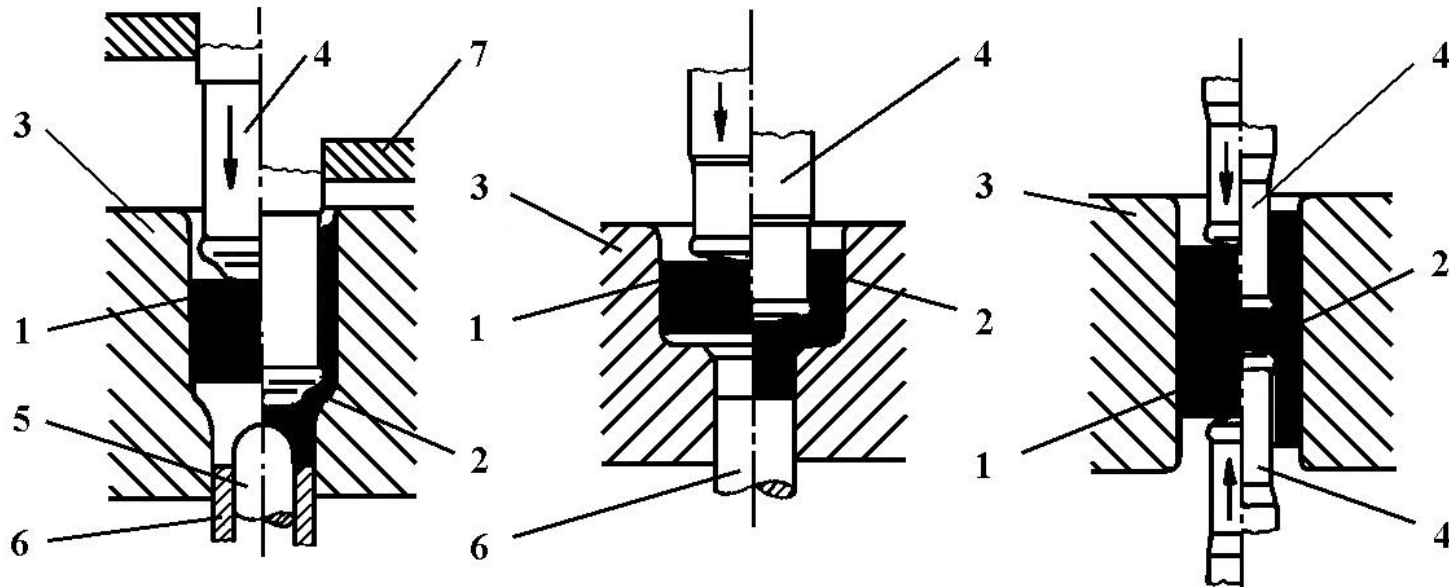
Spätné pretláčanie



Spätné pretláčanie

*1 – pretlačnica, 2 – polotovar, 3 – vyhadzovač,
4 – pretlačník, 5 – výtvarok*

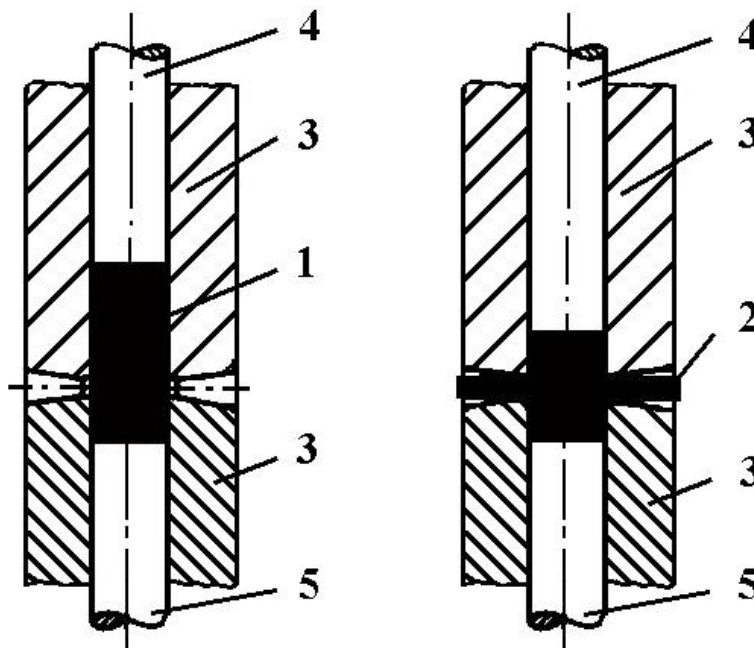
Združené pretláčanie



Združené pretláčanie

1 – polotovár, 2 – výtvarok, 3 – pretlačnica, 4 – pretlačník, 5 – trň, 6 – vyhadzovač

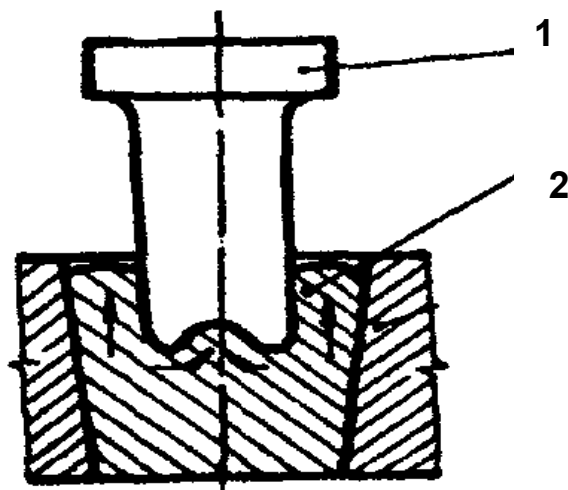
Stranové pretláčanie



Stranové pretláčanie

1 – polotovar, 2 – výtvarok, 3 – pretlačnica,
4 – pretlačník, 5 – vyhadzovač

Vtláčanie



Vtláčanie

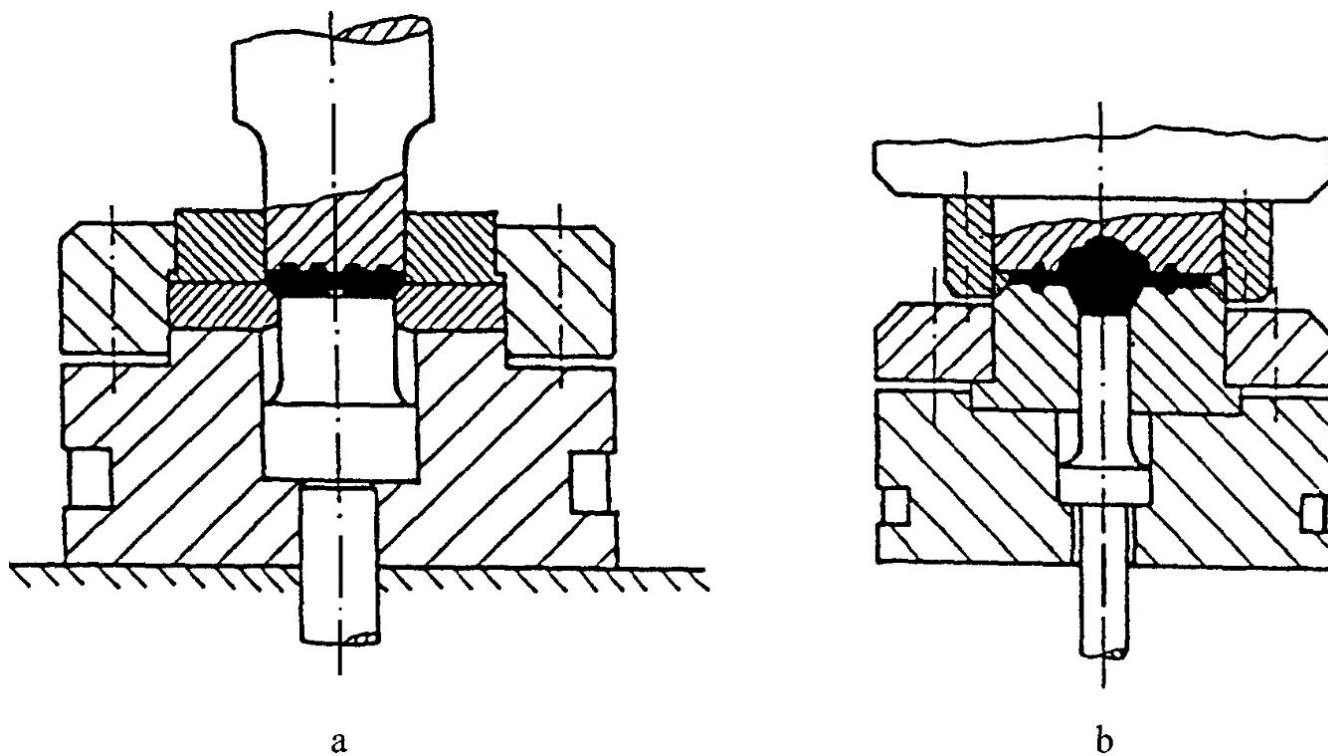
1 – vtláčací nástroj (punc), 2 – polotovár

Razenie

Rozdelenie spôsobov razenia:

- **razenie v uzatvorených razidlách**
- **razenie v otvorených razidlách**
- **ryhovanie**
- **značkovanie**

Princíp razenia



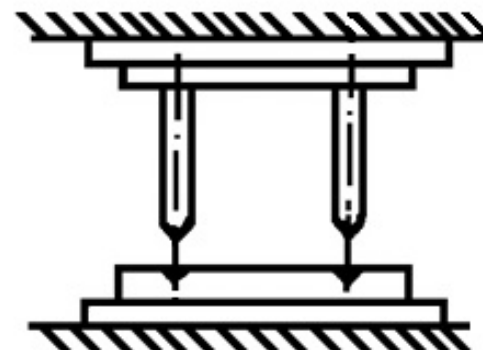
Princíp razenia

a – v **uzatvorenom** razidle, b – v **otvorenom** razidle

Operácie razenia



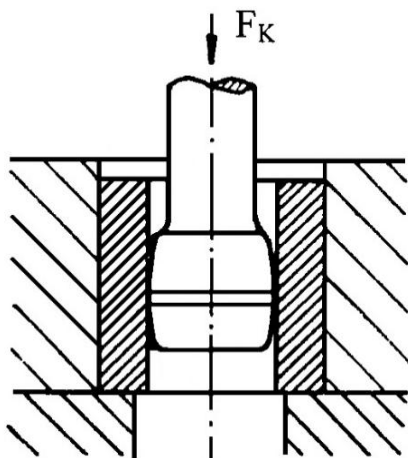
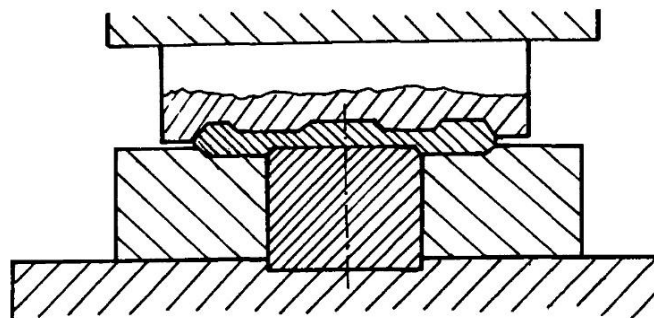
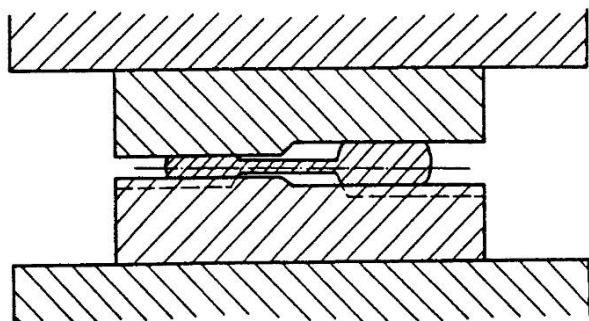
a



b

Schémy operácií razenia
a – *ryhovanie*, b – *značkovanie*

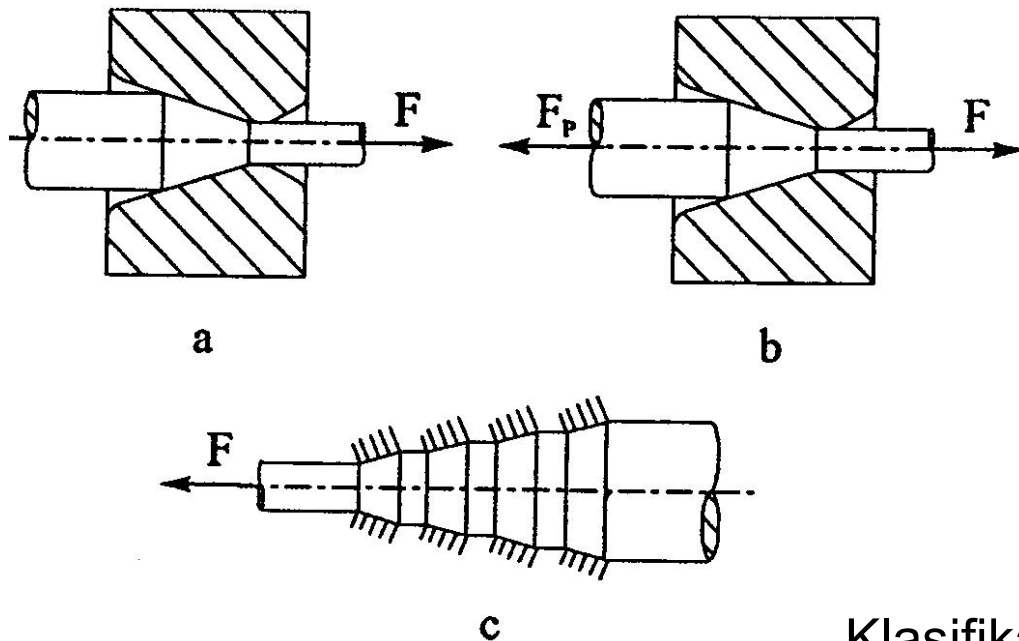
Kalibrovanie



Klasifikácia kalibrovania:

- ***plošné*** kalibrovanie
- ***objemové*** kalibrovanie
- ***kombinované*** kalibrovanie
- ***kalibrovanie otvorov***

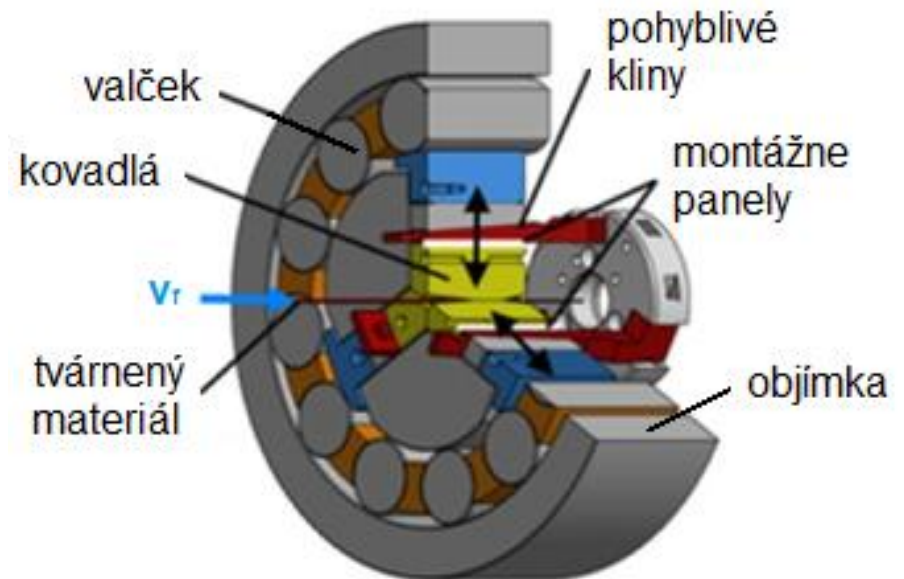
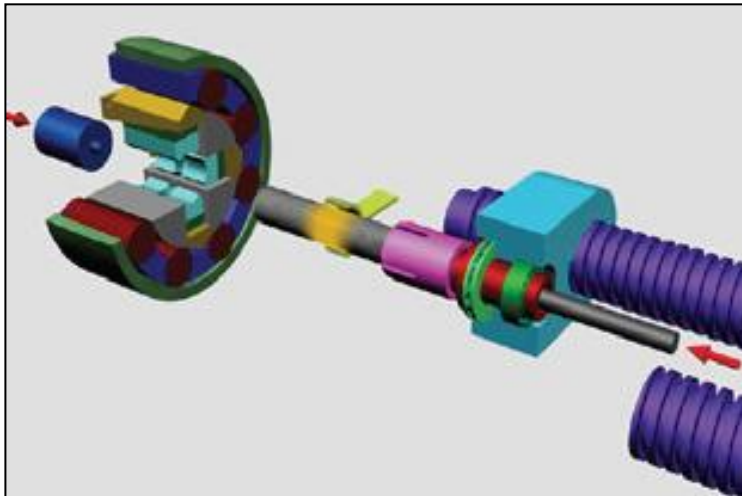
Ťahanie (objemové)



Klasifikácia ťahania (objemového):

- **jednoduché** ťahanie (a)
- ťahanie **s protiťahom** (b)
- **stupňovité** ťahanie (c)

Rotačné kovanie



Radiálne lisovanie

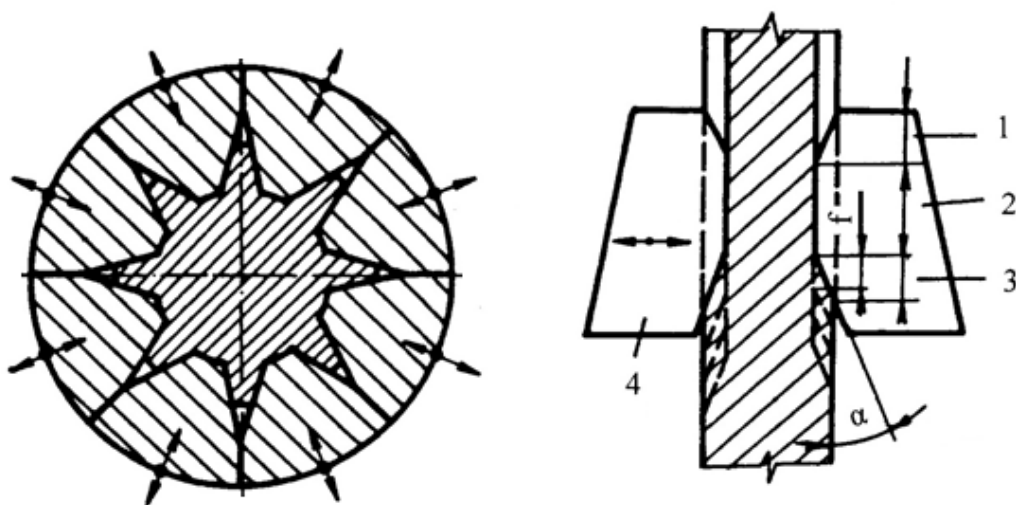
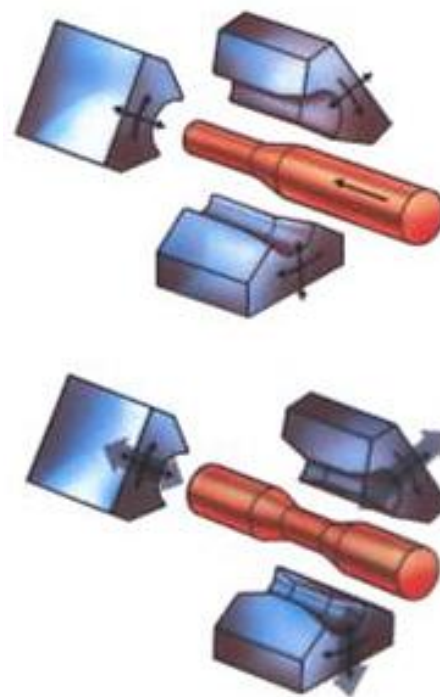
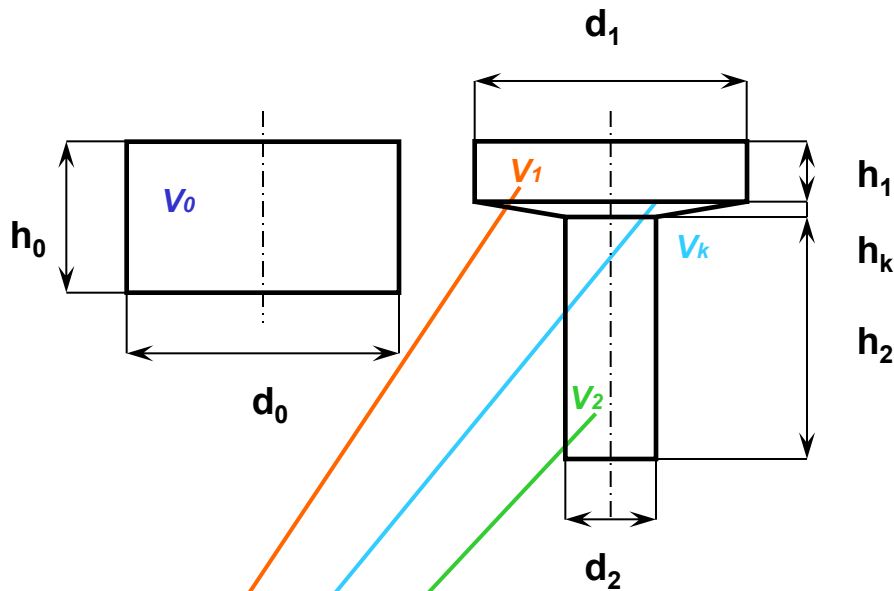


Schéma postupného radiálneho lisovania

1 – odľahčenie, 2 – kalibrujúca časť,
3 – pretvárna časť, 4 – čeľuste,
 f – posuv, α – nábehový uhol



Pretláčanie – príklad



Výpočet polotovaru:

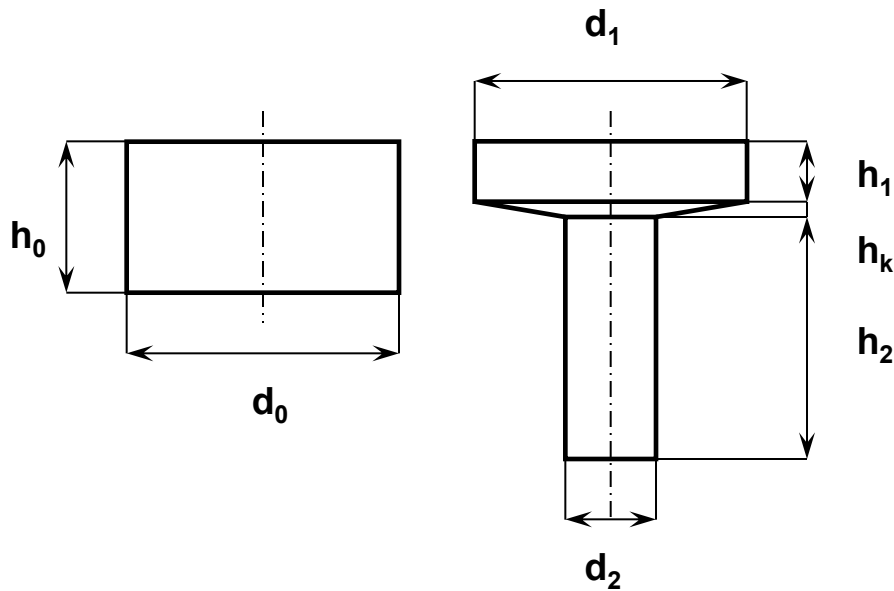
$$V_{polo(0)} = V_{pretláč}$$

$$\frac{\pi d_0^2}{4} h_0 = V_{pretláč}$$

$$V_{pretláč} = V_1 + V_k + V_2 = \frac{\pi d_1^2}{4} h_1 + \frac{\pi h_k}{3} (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2) + \frac{\pi d_2^2}{4} h_2$$

$$V_k = \frac{\pi h_k}{3} (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)$$

Pretláčanie – príklad



Výpočet polotovaru:

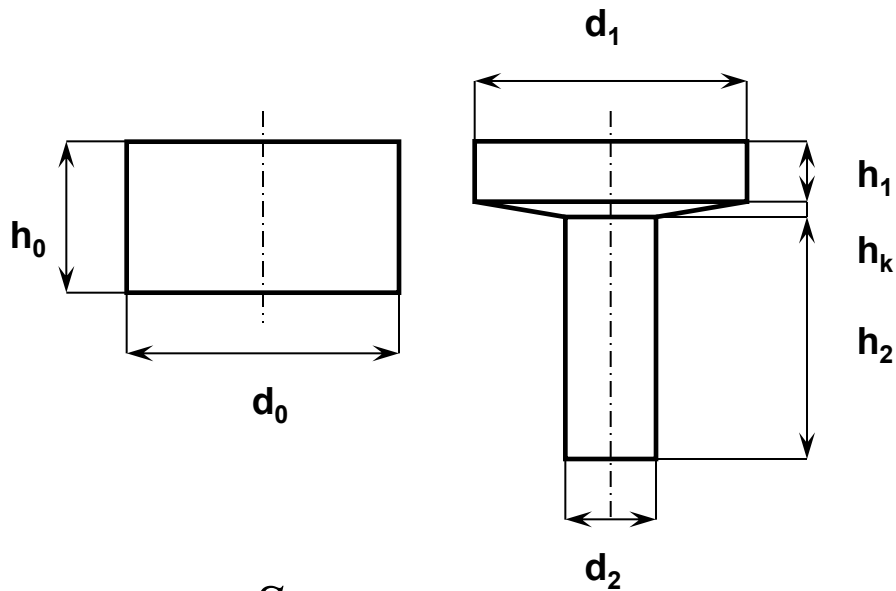
$$V_{polot} = V_{pretl\check{a}}$$

$$\frac{\pi d_0^2}{4} h_0 = V_{pretl\check{a}} \Rightarrow h_0 = \frac{4V_{pretl\check{a}}}{\pi d_0^2}$$

$$d_0 \leq d_1$$

$$V_{pretl} = \frac{\pi d_1^2}{4} h_1 + \frac{\pi h_k}{3} (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2) + \frac{\pi d_2^2}{4} h_2$$

Pretláčanie – príklad



Technologické parametre:

- logaritmické pretvorenie φ ,
- redukcia R ,
- sila na pretláčanie Fp ,
- pretláčacia práca Ap .

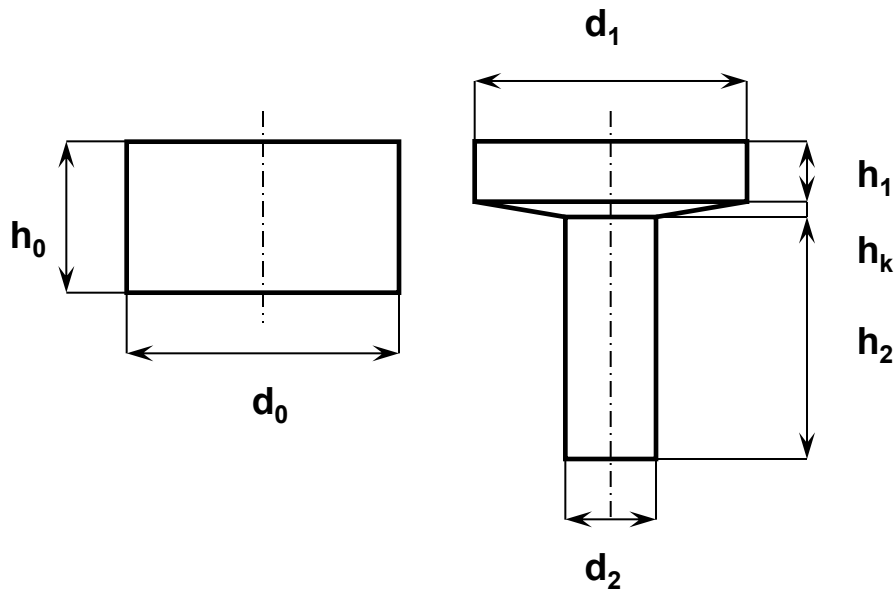
$$\varphi = \ln \frac{S_1}{S_2} (-)$$

$$Fp = pS_{\zeta}(N)$$

$$R = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \cdot 100(\%)$$

$$Ap = Fp \Delta h \psi (J)$$

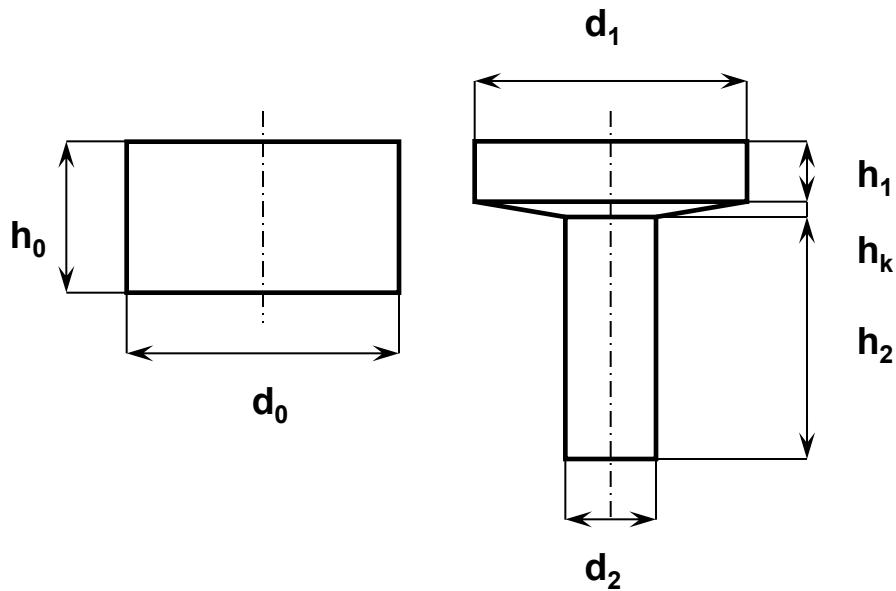
Pretláčanie – príklad



Logaritmické pretvorenie φ

$$\varphi = \ln \frac{S_1}{S_2} = \ln \frac{\frac{\pi d_1^2}{4}}{\frac{\pi d_2^2}{4}} (-)$$

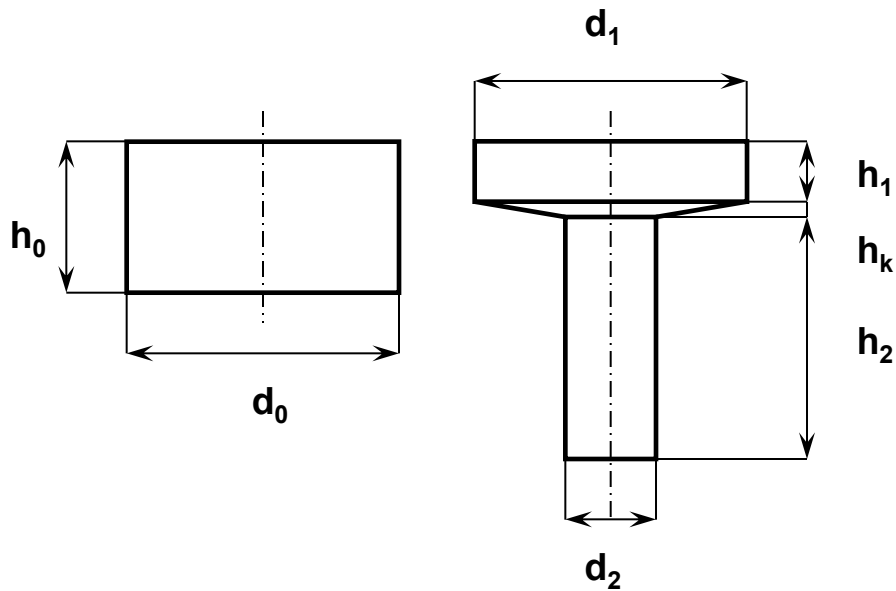
Pretláčanie – príklad



Redukcia R

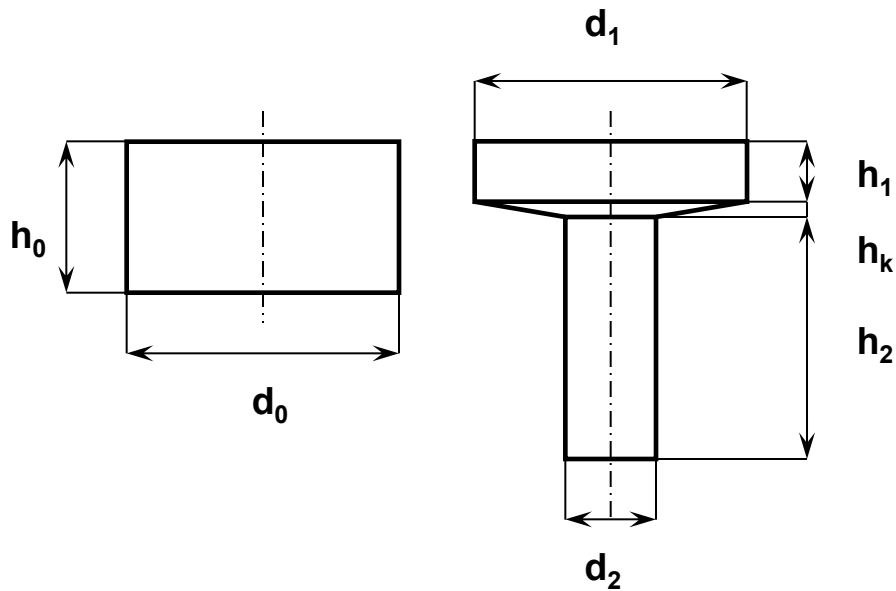
$$R = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \cdot 100 = \frac{\frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} \cdot 100(\%)$$

Pretláčanie – príklad



Sila na pretláčanie F_p
$$F_p = pS_{\check{c}} = p \frac{\pi d_1^2}{4} (N)$$

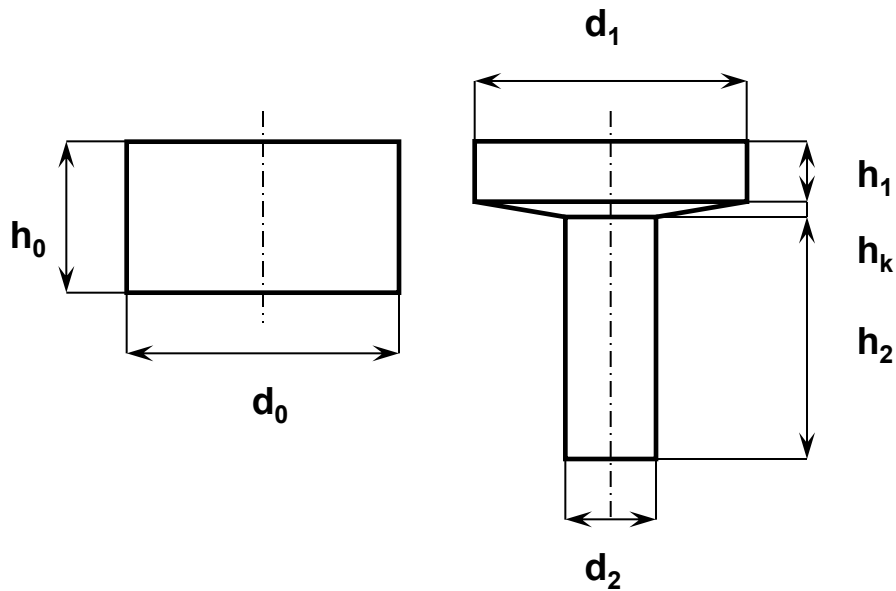
Pretláčanie – príklad



Pretláčacia práca A_p

$$A_p = F_p \Delta h \psi(J)$$

Pretláčanie – príklad



Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre súčiastku, vyrobenú dopredným pretláčaním, ktorej materiál je STN 41 1416, $R_m = (400 \text{ až } 490) \text{ MPa}$ a rozmery sú $d_1 = 26,4 \text{ mm}$, $h_1 = 8,5 \text{ mm}$, $d_2 = 21,5 \text{ mm}$, $h_2 = 42,8 \text{ mm}$, $h_k = 5 \text{ mm}$.

Rozmery polotovaru: $d_0 = ?$, $h_0 = ?$.

Pretvorenie $\varphi = ?$.

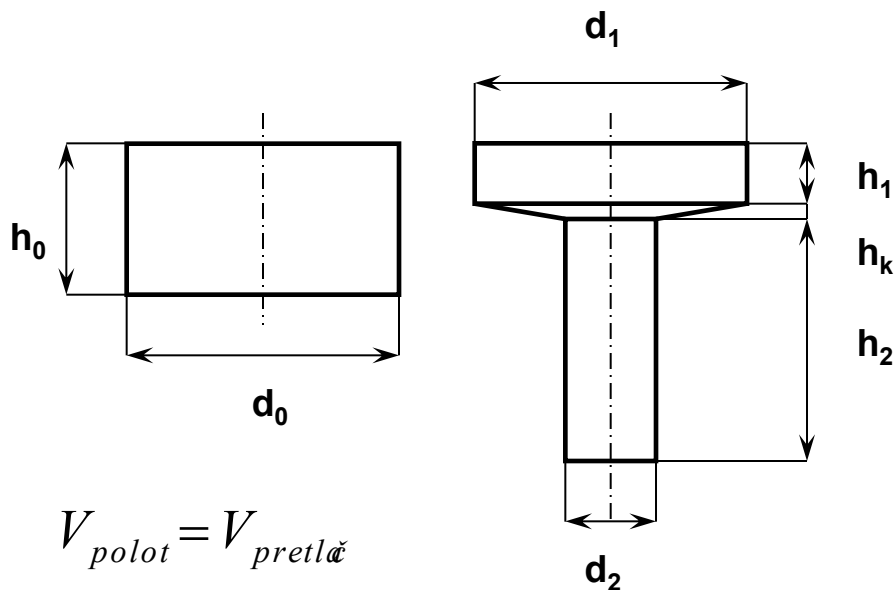
Redukciu $R = ?$.

Pretláčaciu silu $F_p = ?$.

Pretláčaciu prácu $A_p = ?$.

$$V_{\text{polot}} = V_{\text{pretlač}}$$

Pretláčanie – príklad



Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre súčiastku, vyrobenú dopredným pretláčaním, ktorej materiál je STN 41 1416, $R_m = (400 \text{ až } 490) \text{ MPa}$ a rozmery sú $d_1 = 26,4 \text{ mm}$, $h_1 = 8,5 \text{ mm}$, $d_2 = 21,5 \text{ mm}$, $h_2 = 42,8 \text{ mm}$, $h_k = 5 \text{ mm}$.

Rozmery polotovaru: $d_0 = ?$, $h_0 = ?$.

$$V_{\text{polot}} = V_{\text{pretlã}}$$

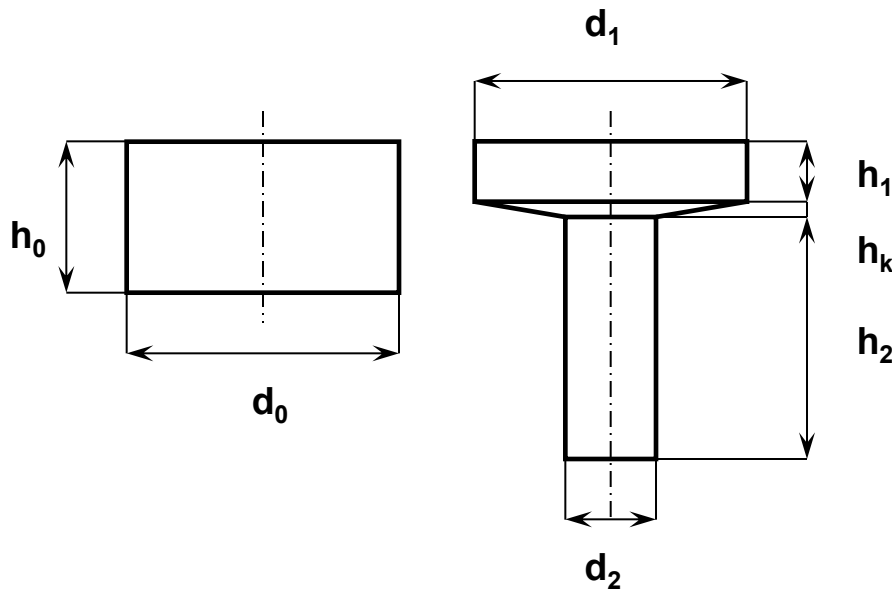
$$\frac{\pi d_0^2}{4} h_0 = V_{\text{pretlã}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_0 = \frac{4V_{\text{pretlã}}}{\pi d_0^2}$$

$$d_0 \leq d_1$$

$$V_{\text{pretl}} = \frac{\pi d_1^2}{4} h_1 + \frac{\pi h_k}{3} (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2) + \frac{\pi d_2^2}{4} h_2$$

Pretláčanie – príklad

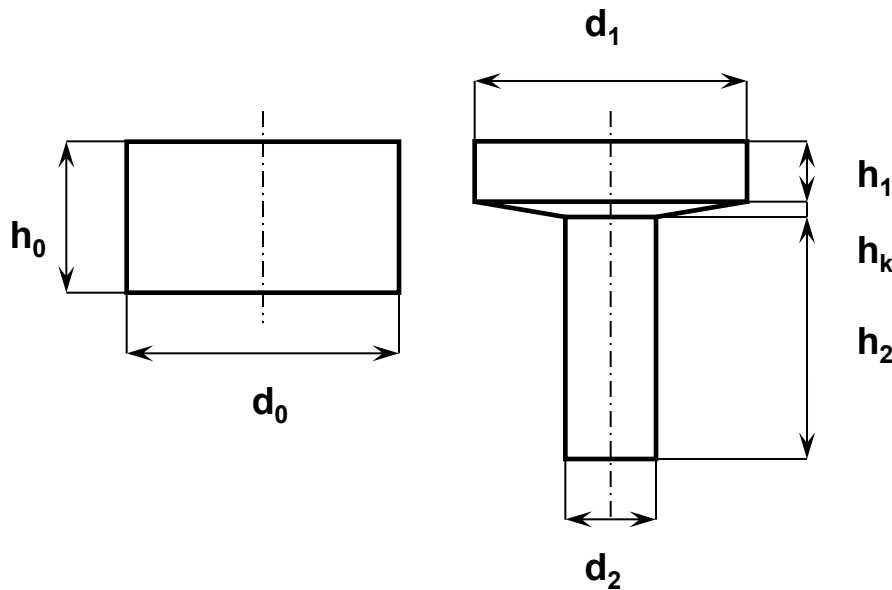


Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre súčiastku, vyrobenú dopredným pretláčaním, ktorej materiál je STN 41 1416, $R_m = (400 \text{ až } 490) \text{ MPa}$ a rozmery sú $d_1 = 26,4 \text{ mm}$, $h_1 = 8,5 \text{ mm}$, $d_2 = 21,5 \text{ mm}$, $h_2 = 42,8 \text{ mm}$, $h_k = 5 \text{ mm}$.

Logaritmické pretvorenie φ

$$\varphi = \ln \frac{S_1}{S_2} = \ln \frac{\frac{\pi d_1^2}{4}}{\frac{\pi d_2^2}{4}} = \ln \frac{\cancel{4} \pi d_1^2}{\cancel{4} \pi d_2^2} = \ln \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

Pretláčanie – príklad

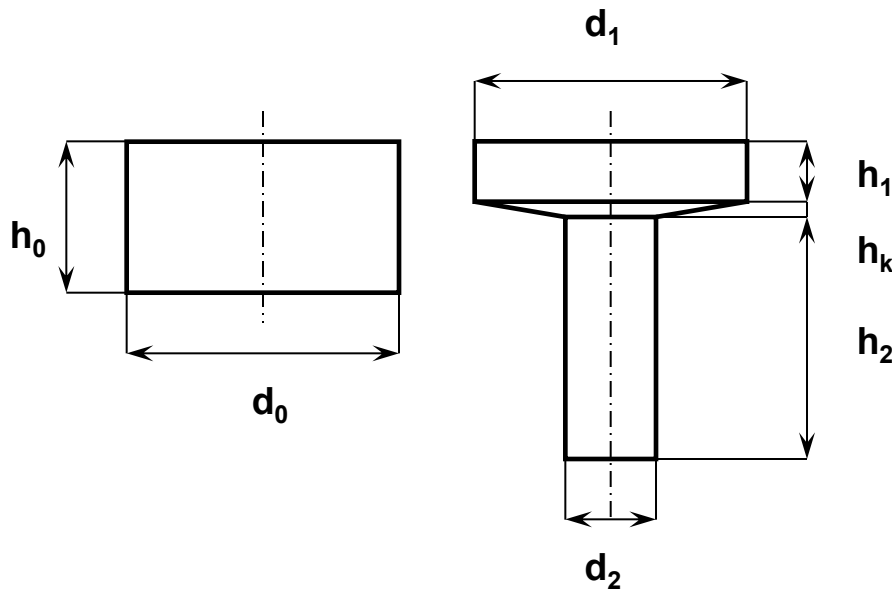


Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre súčiastku, vyrobenú dopredným pretláčaním, ktorej materiál je STN 41 1416, $R_m = (400 \text{ až } 490) \text{ MPa}$ a rozmery sú $d_1 = 26,4 \text{ mm}$, $h_1 = 8,5 \text{ mm}$, $d_2 = 21,5 \text{ mm}$, $h_2 = 42,8 \text{ mm}$, $h_k = 5 \text{ mm}$.

Redukcia R

$$R = \frac{S_R}{S_1} 100 = \frac{S_1 - S_2}{S_1} 100 = \frac{\frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} 100 = \frac{\cancel{\frac{\pi}{4}} (d_1^2 - d_2^2)}{\cancel{\frac{\pi}{4}} d_1^2} 100 = \boxed{\frac{d_1^2 - d_2^2}{d_1^2} 100} (\%)$$

Pretláčanie – príklad

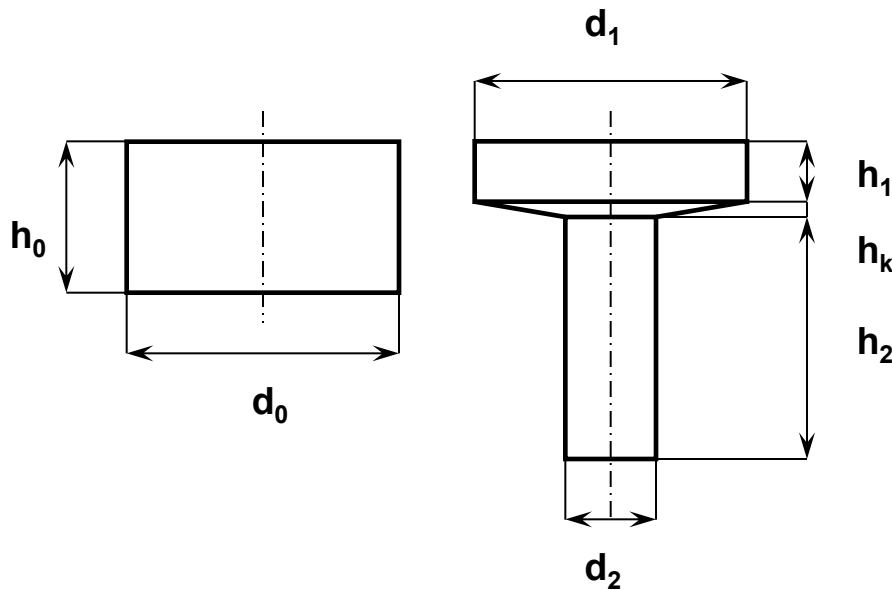


Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre súčiastku, vyrobenú dopredným pretláčaním, ktorej materiál je STN 41 1416, $R_m = (400 \text{ až } 490) \text{ MPa}$ a rozmery sú $d_1 = 26,4 \text{ mm}$, $h_1 = 8,5 \text{ mm}$, $d_2 = 21,5 \text{ mm}$, $h_2 = 42,8 \text{ mm}$, $h_k = 5 \text{ mm}$.

Sila na pretláčanie F_p

$$F_p = pS_{\check{c}} = pS_1 = p \frac{\pi d_1^2}{4} (N)$$

Pretláčanie – príklad

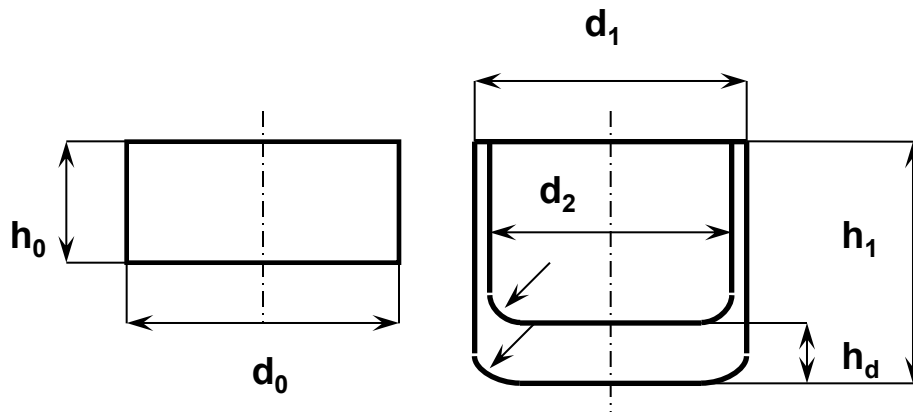


Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre súčiastku, vyrobenú dopredným pretláčaním, ktorej materiál je STN 41 1416, $R_m = (400 \text{ až } 490) \text{ MPa}$ a rozmery sú $d_1 = 26,4 \text{ mm}$, $h_1 = 8,5 \text{ mm}$, $d_2 = 21,5 \text{ mm}$, $h_2 = 42,8 \text{ mm}$, $h_k = 5 \text{ mm}$.

Pretláčacia práca A_p

$$A_p = F_p \Delta h \psi = F_p (h_0 - h_1) \psi \quad (J)$$

Pretláčanie – príklad



Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre súčiastku, vyrobenú spätným pretláčaním, ktorej materiál je STN 41 1373 $R_m=(360\text{ až }470)$ MPa a rozmery sú $d_1=32,4$ mm, $h_1=54$ mm, $h_d=1,5$ mm.

Rozmery polotovaru: $d_0 = ?$, $h_0 = ?$.

$$V_{polot} = V_{pretl\check{a}}$$

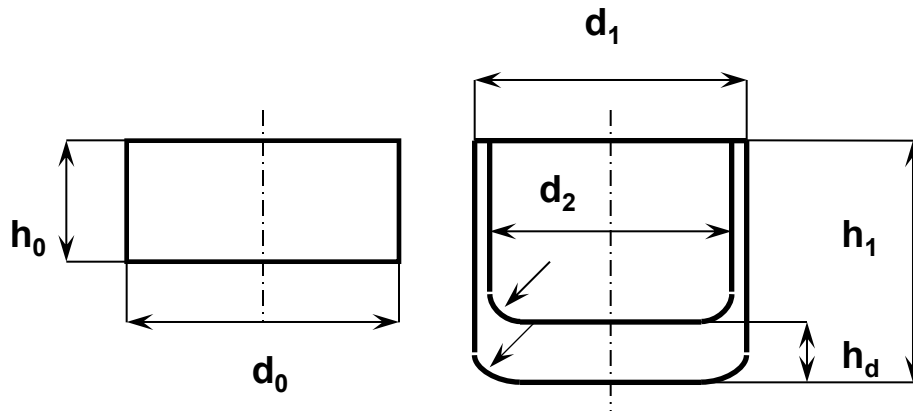
$$\frac{\pi d_0^2}{4} h_0 = V_{pretl\check{a}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_0 = \frac{4V_{pretl\check{a}}}{\pi d_0^2}$$

$$d_0 \leq d_1$$

$$V_{pretl} = \left(\frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4} \right) h_1 + \frac{\pi d_2^2}{4} h_d$$

Pretláčanie – príklad

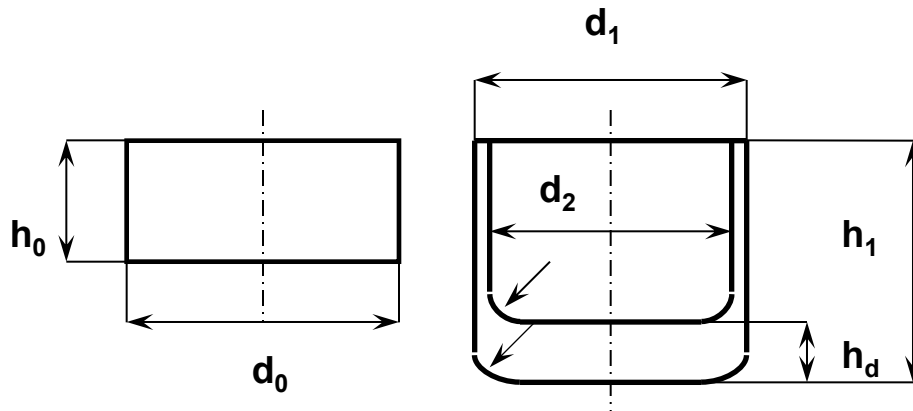


Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre súčiastku, vyrobenú spätným pretláčaním, ktorej materiál je STN 41 1373 $R_m = (360 \text{ až } 470) \text{ MPa}$ a rozmery sú $d_1 = 32,4 \text{ mm}$, $h_1 = 54 \text{ mm}$, $h_d = 1,5 \text{ mm}$.

Logaritmické pretvorenie φ

$$\varphi = \ln \frac{S_1}{S} = \ln \frac{\frac{\pi d_1^2}{4}}{\frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4}} = \ln \frac{\frac{\pi}{4} d_1^2}{\frac{\pi}{4} d_1^2 - \frac{\pi}{4} d_2^2} = \ln \frac{\cancel{\frac{\pi}{4}} d_1^2}{\cancel{\frac{\pi}{4}} (d_1^2 - d_2^2)} = \ln \frac{d_1^2}{d_1^2 - d_2^2}$$

Pretláčanie – príklad

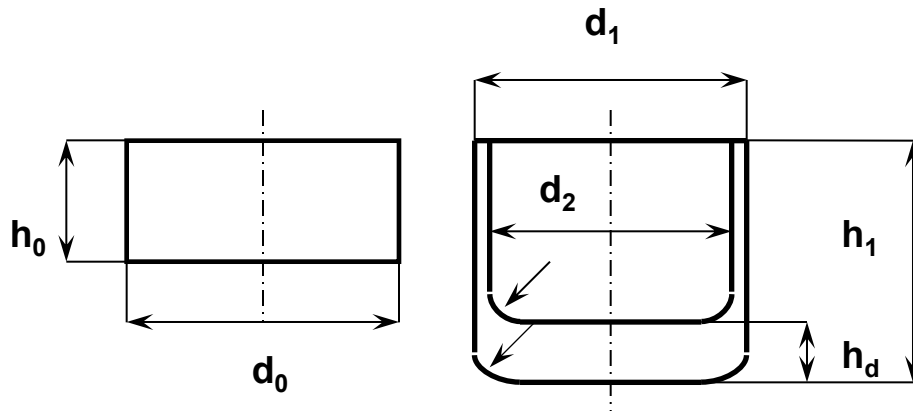


Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre súčiastku, vyrobenú spätným pretláčaním, ktorej materiál je STN 41 1373 $R_m = (360 \text{ až } 470) \text{ MPa}$ a rozmery sú $d_1 = 32,4 \text{ mm}$, $h_1 = 54 \text{ mm}$, $h_d = 1,5 \text{ mm}$.

Redukcia R

$$R = \frac{S_R}{S_1} 100 = \frac{S_2}{S_1} 100 = \frac{\frac{\pi d_2^2}{4}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} 100 = \frac{\cancel{\pi} d_2^2}{\cancel{\pi} d_1^2} 100 = \boxed{\frac{d_2^2}{d_1^2} 100} (\%)$$

Pretláčanie – príklad

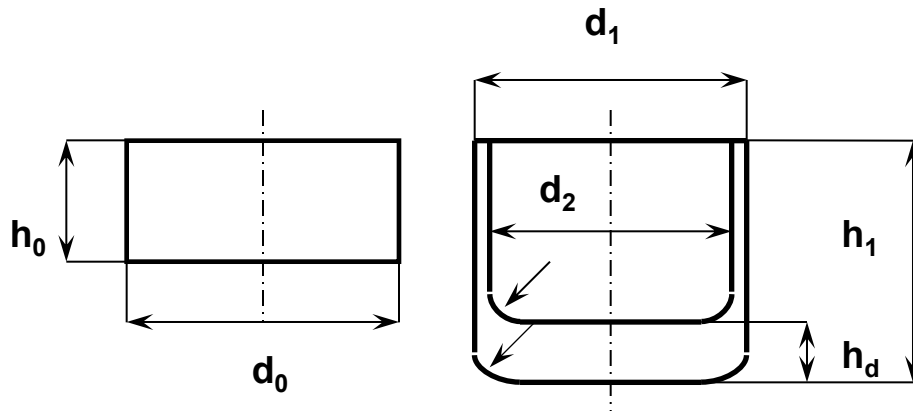


Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre súčiastku, vyrobenú spätným pretláčaním, ktorej materiál je STN 41 1373 $R_m=(360\text{ až }470)$ MPa a rozmery sú $d_1=32,4$ mm, $h_1=54$ mm, $h_d=1,5$ mm.

Sila na pretláčanie F_p

$$F_p = pS_{\zeta} = pS_2 = p \frac{\pi d_2^2}{4} (N)$$

Pretláčanie – príklad

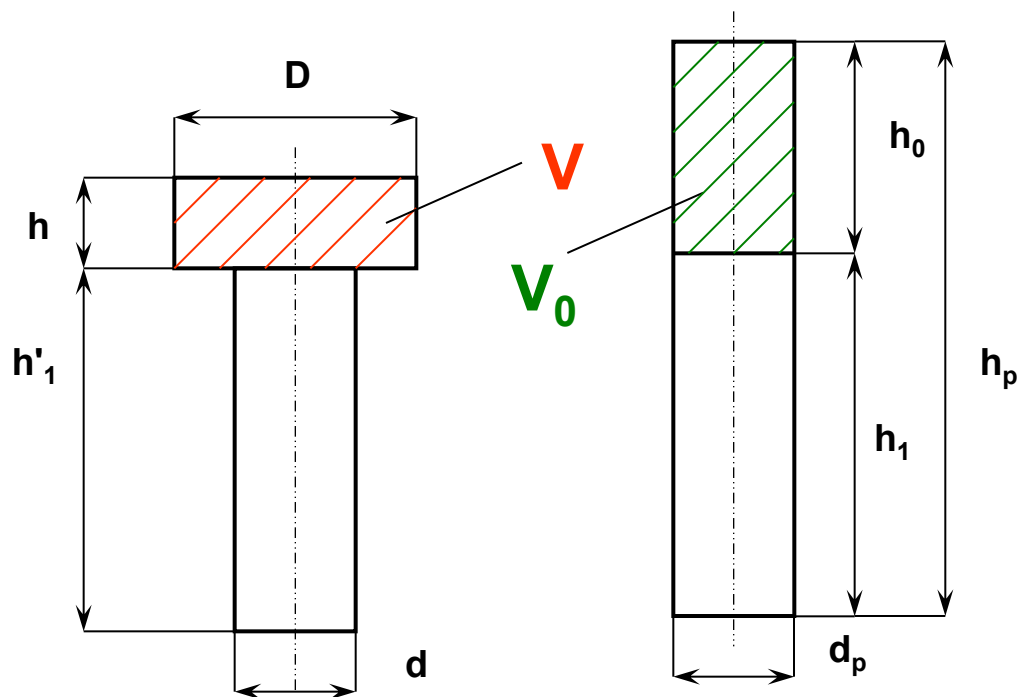


Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre súčiastku, vyrobenú spätným pretláčaním, ktorej materiál je STN 41 1373 $R_m=(360\text{až}470)$ MPa a rozmery sú $d_1=32,4$ mm, $h_1=54$ mm, $h_d=1,5$ mm.

Pretláčacia práca A_p

$$A_p = F_p \Delta h \psi = F_p (h_0 - h_d) \psi \quad (J)$$

Nabíjanie – príklad



Výpočet polotovaru:

$$h_1 = h'_1$$

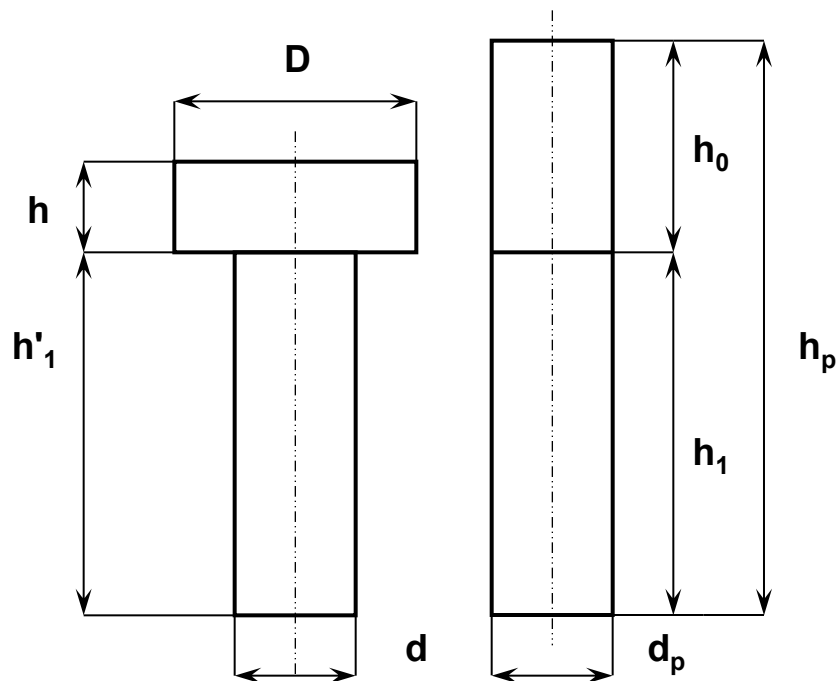
$$d = d_p$$

$$d_p \rightarrow \text{dané}$$

$$h_p = h_0 + h_1$$

$$V = V_0 \Rightarrow \frac{\pi D^2}{4} h = \frac{\pi d_p^2}{4} h_0 \Rightarrow h_0 = \frac{4\pi D^2}{4\pi d_p^2} h = \frac{D^2}{d_p^2} h$$

Nabíjanie – príklad



Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre výrobu skrutky M 10, vyrobenú nabíjaním, ktorej materiál je STN 41 2020.3 a rozmery sú $D = 16 \text{ mm}$, $d = 10 \text{ mm}$, $h'_1 = 45 \text{ mm}$, $h = 6,4 \text{ mm}$. Koeficient trenia pri ubíjaní $f = 0,15$.

Výpočet polotovaru:

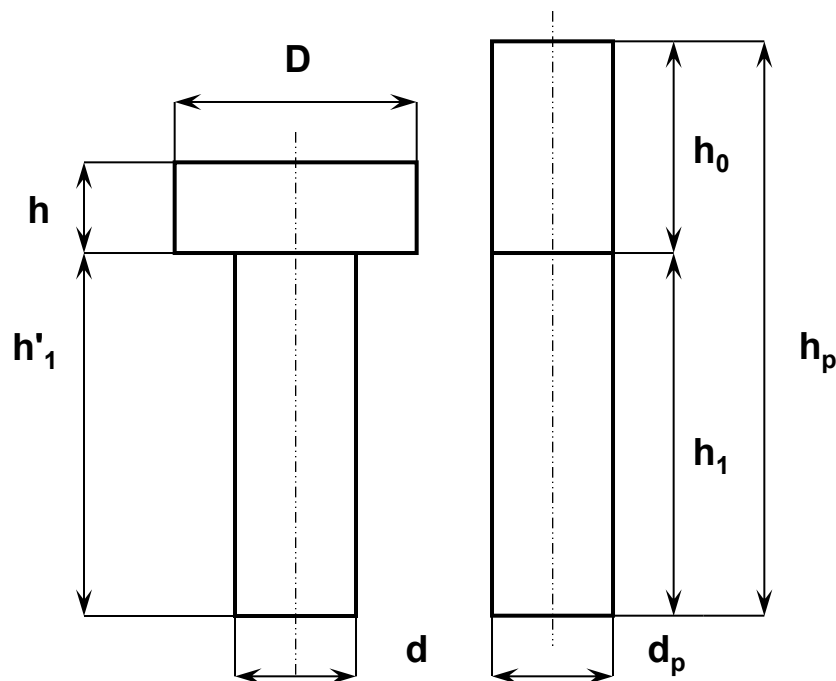
$$h_1 = h'_1 \quad d = d_p$$

$$\begin{aligned} V = V_0 &\Rightarrow \frac{\pi D^2}{4} h = \frac{\pi d_p^2}{4} h_0 \Rightarrow h_0 = \frac{\cancel{4} \pi D^2}{\cancel{4} \pi d_p^2} h = \frac{D^2}{d_p^2} h = \\ &= \frac{16^2}{10^2} 6,4 = 16,38 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h_p = h_0 + h_1 = 16,38 + 45 = \underline{61,38 \text{ mm}}$$

$$d_p = d = \underline{10 \text{ mm}}$$

Nabíjanie – príklad

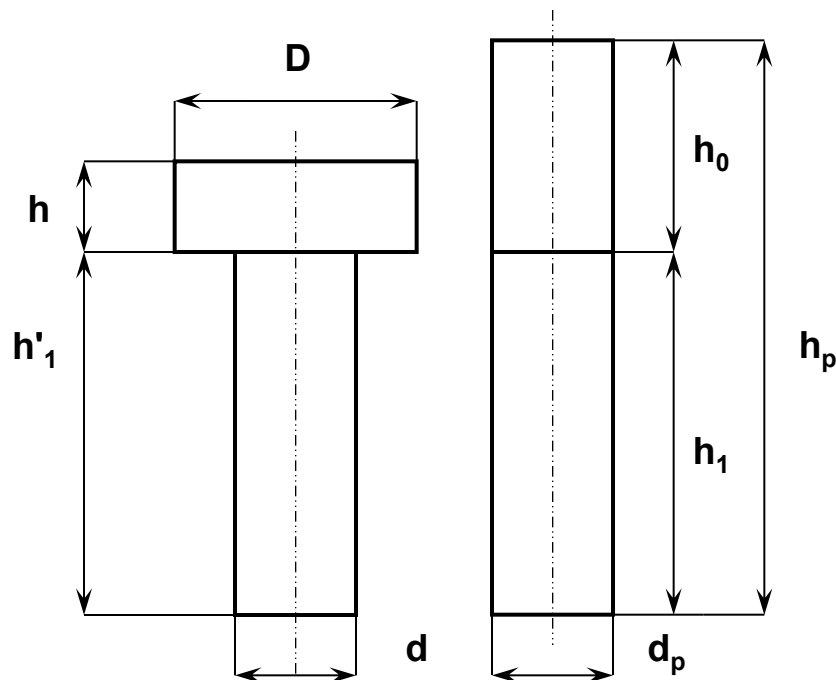


Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre výrobu skrutky M 10, vyrobenú nabíjaním, ktorej materiál je STN 41 2020.3 a rozmery sú $D = 16$ mm, $d = 10$ mm, $h'_1 = 45$ mm, $h = 6,4$ mm. Koeficient trenia pri ubíjaní $f = 0,15$.

Technologické parametre:

- štíhlostný pomer λ ,
- pomerné pretvorenie ε ,
- logaritmické pretvorenie φ ,
- sila na nabíjanie F_n ,
- práca na nabíjanie A_n .

Nabíjanie – príklad



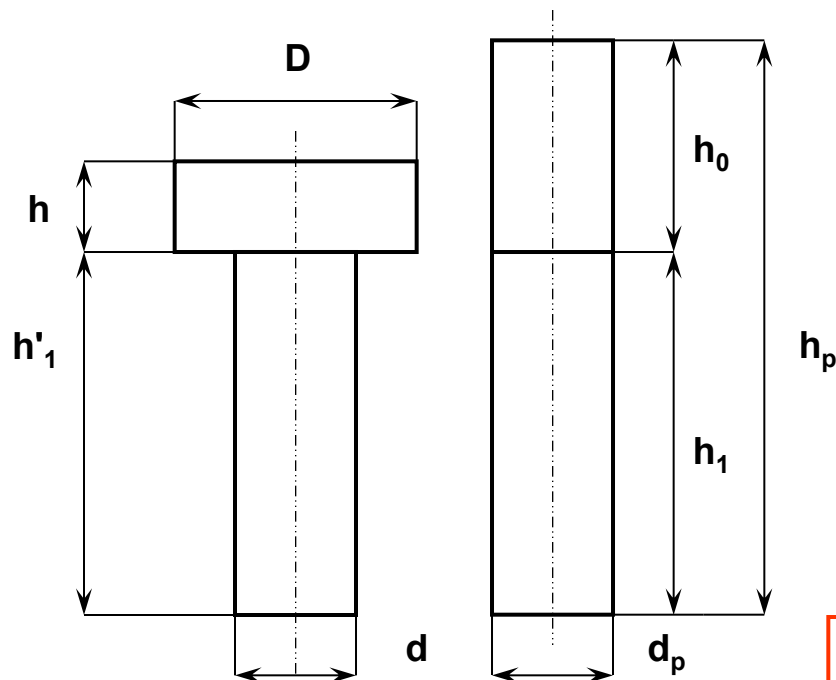
Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre výrobu skrutky M 10, vyrobenú nabíjaním, ktorej materiál je STN 41 2020.3 a rozmery sú $D = 16$ mm, $d = 10$ mm, $h'_1 = 45$ mm, $h = 6,4$ mm. Koeficient trenia pri ubíjaní $f = 0,15$.

Štíhlostný pomer

$$\lambda = \frac{h_0}{d_p}$$

$$\lambda = \frac{h_0}{d_p} = \frac{16,38}{10} = \underline{\underline{1,64}}$$

Nabíjanie – príklad



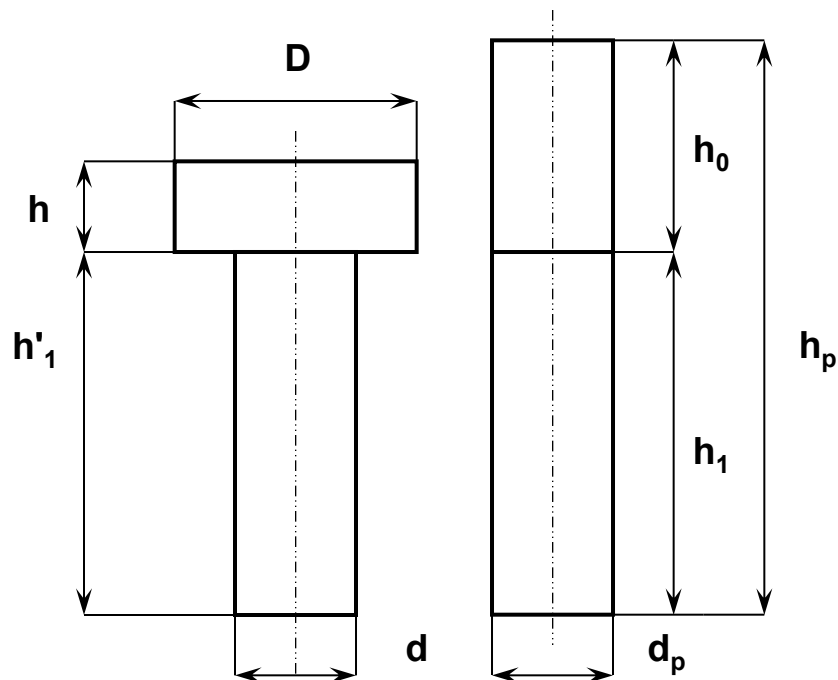
Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre výrobu skrutky M 10, vyrobenú nabíjaním, ktorej materiál je STN 41 2020.3 a rozmery sú $D = 16$ mm, $d = 10$ mm, $h'_1 = 45$ mm, $h = 6,4$ mm. Koeficient trenia pri ubíjaní $f = 0,15$.

Pomerné pretvorenie

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} 100$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} 100 = \frac{h_0 - h}{h_0} 100 = \frac{16,38 - 6,4}{16,38} 100 = \underline{\underline{60,93 \text{ (\%)}}}$$

Nabíjanie – príklad



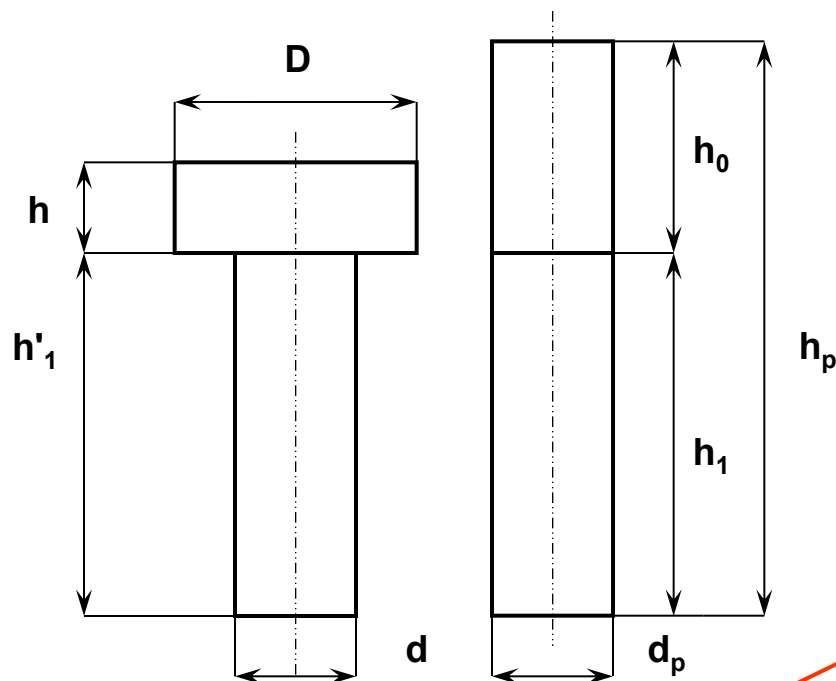
Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre výrobu skrutky M 10, vyrobenú nabíjaním, ktorej materiál je STN 41 2020.3 a rozmery sú $D = 16$ mm, $d = 10$ mm, $h' = 45$ mm, $h = 6,4$ mm. Koeficient trenia pri ubíjaní $f = 0,15$.

Logaritmické pretvorenie

$$\varphi = \ln \frac{h_0}{h}$$

$$\varphi = \ln \frac{h_0}{h} = \ln \frac{16,38}{6,4} = \underline{\underline{0,94}}$$

Nabíjanie – príklad



Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre výrobu skrutky M 10, vyrobenú nabíjaním, ktorej materiál je STN 41 2020.3 a rozmery sú $D = 16$ mm, $d = 10$ mm, $h'1 = 45$ mm, $h = 6,4$ mm. Koeficient trenia pri ubíjaní $f = 0,15$.

Sila na nabíjanie

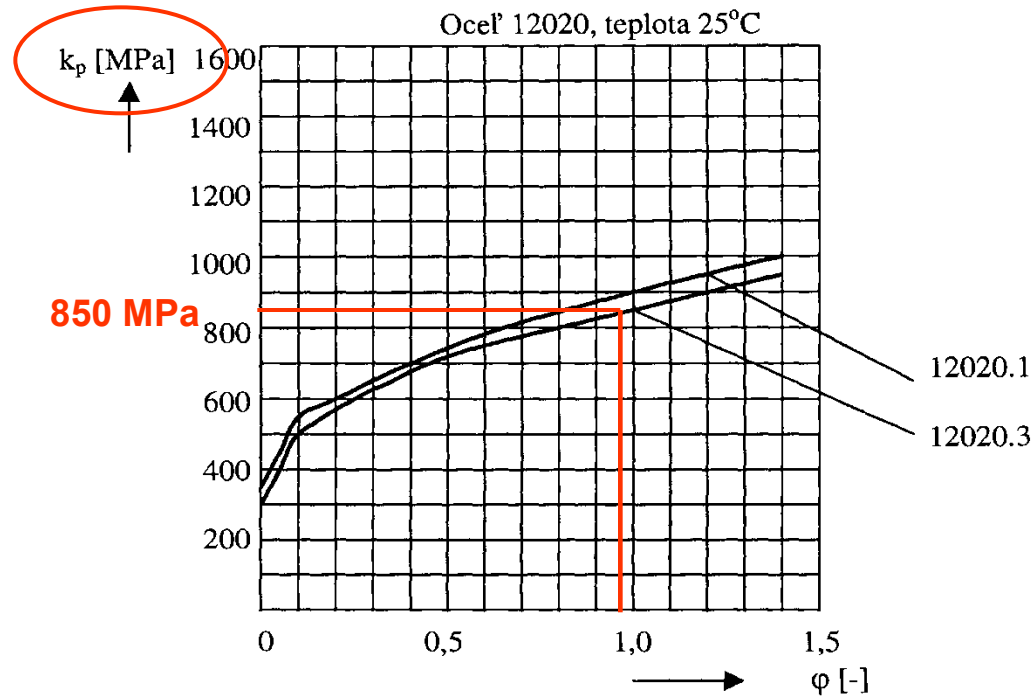
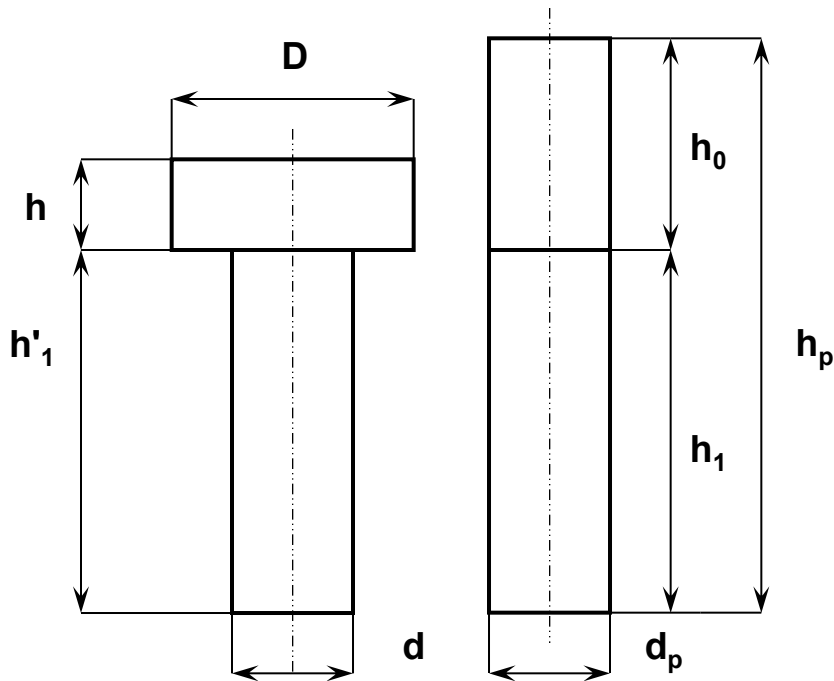
$$F_n = pS$$

$$F_n = pS = k_p \left(1 + \frac{f}{3} \frac{D}{h} \right) \frac{\pi D^2}{4} =$$

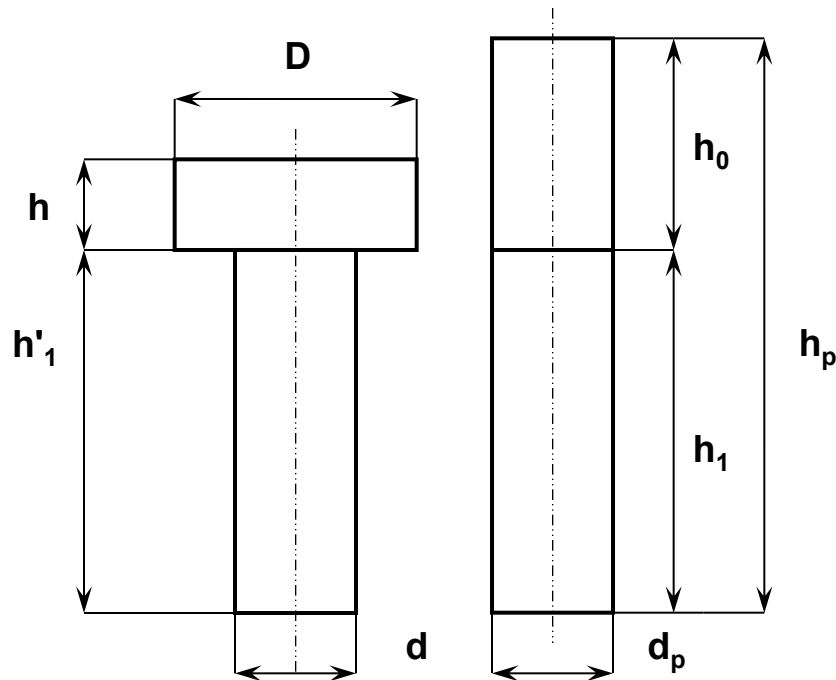
$$= 850 \left(1 + \frac{0,15}{3} \frac{16}{6,4} \right) \frac{\pi 16^2}{4} = \underline{192,3 \text{ kN}}$$

$$p = k_o = k_p \left(1 + \frac{f}{3} \frac{D}{h} \right)$$

Nabíjanie – príklad



Nabíjanie – príklad



Vypočítajte rozmery polotovaru a technologické parametre pre výrobu skrutky M 10, vyrobenú nabíjaním, ktorej materiál je STN 41 2020.3 a rozmery sú $D = 16 \text{ mm}$, $d = 10 \text{ mm}$, $h'1 = 45 \text{ mm}$, $h = 6,4 \text{ mm}$. Koeficient trenia pri ubíjaní $f = 0,15$.

Práca na nabíjanie

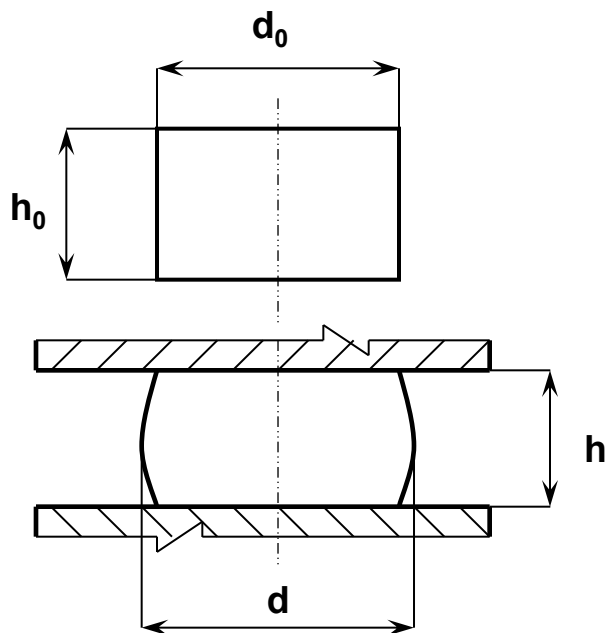
$$A_{n_{von}} = F_n \Delta h \psi$$

$$A_n = F_n \Delta h \psi = F_n (h_0 - h) \psi = 192,3 \cdot 9,98 \cdot 0,6 = \underline{1151,5 \text{ J}}$$

$$A_{n_{vnut}} = k_o V \varphi$$

$$A_{n_{vnut}} = k_o V \varphi = k_o \cdot \frac{\pi D^2}{4} h \cdot \varphi = 956,25 \cdot \frac{\pi 16^2}{4} 6,4 \cdot 0,94 = \underline{1155,4 \text{ J}}$$

Ubíjanie – príklad

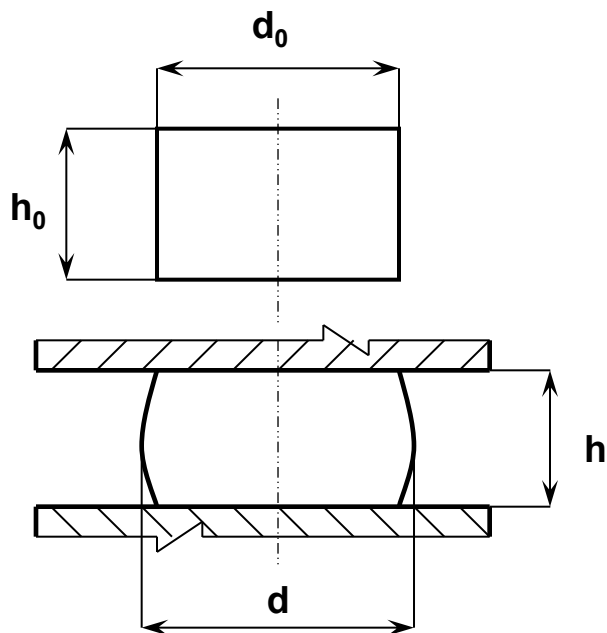


Vypočítajte technologické parametre pri ubíjaní súčiastky z materiálu STN 41 1320.1. Rozmery polotovaru sú $d_0 = 25 \text{ mm}$, $h_0 = 36 \text{ mm}$, $h = 24 \text{ mm}$.

Technologické parametre:

- štíhlostný pomer λ ,
- pomerné pretvorenie ε ,
- logaritmické pretvorenie φ ,
- sila na nabíjanie F_u ,
- práca na nabíjanie A_u .

Ubíjanie – príklad



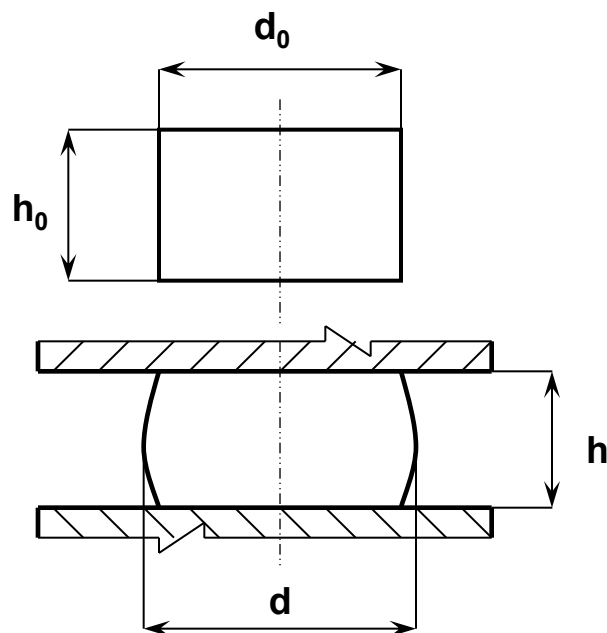
Vypočítajte technologické parametre pri ubíjaní súčiastky z materiálu STN 41 1320.1. Rozmery polotovaru sú $d_0 = 25 \text{ mm}$, $h_0 = 36 \text{ mm}$, $h = 25 \text{ mm}$.

Štíhlostný pomer

$$\lambda = \frac{h_0}{d_0}$$

$$\lambda = \frac{h_0}{d_0} = \frac{36}{25} = \underline{1,44}$$

Ubíjanie – príklad



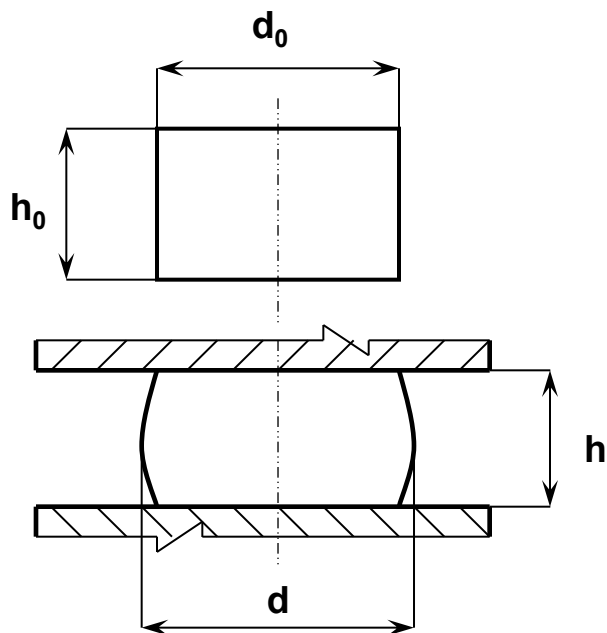
Vypočítajte technologické parametre pri ubíjaní súčiastky z materiálu STN 41 1320.1. Rozmery polotovaru sú $d_0 = 25$ mm, $h_0 = 36$ mm, $h = 25$ mm.

Pomerné pretvorenie

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} 100$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} 100 = \frac{h_0 - h}{h_0} 100 = \frac{36 - 25}{36} 100 = \underline{\underline{30,56 \text{ (\%)}}}$$

Ubíjanie – príklad



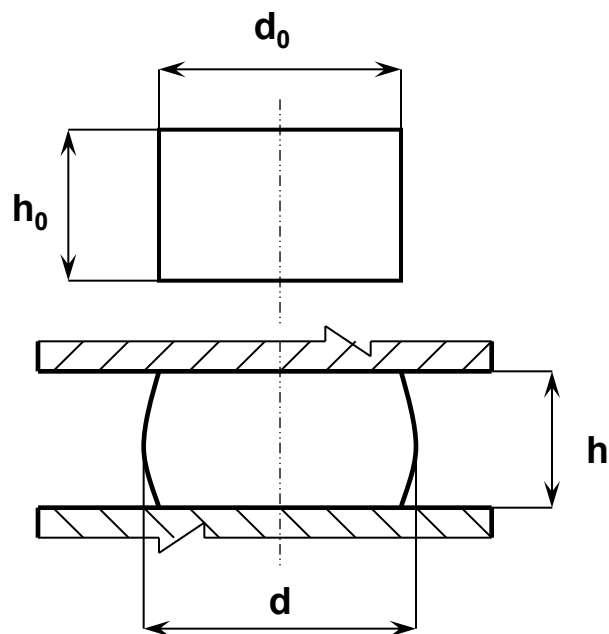
Vypočítajte technologické parametre pri ubíjaní súčiastky z materiálu STN 41 1320.1. Rozmery polotovaru sú $d_0 = 25$ mm, $h_0 = 36$ mm, $h = 25$ mm.

Logaritmické pretvorenie

$$\varphi = \ln \frac{h_0}{h}$$

$$\varphi = \ln \frac{h_0}{h} = \ln \frac{36}{25} = \underline{0,36}$$

Ubíjanie – príklad



Vypočítajte technologické parametre pri ubíjaní súčiastky z materiálu STN 41 1320.1. Rozmery polotovaru sú $d_0 = 25 \text{ mm}$, $h_0 = 36 \text{ mm}$, $h = 25 \text{ mm}$.

Sila na ubíjanie

$$F_u = pS$$

$$F_u = pS = k_p \left(1 + \frac{f}{3} \frac{d}{h} \right) \frac{\pi d^2}{4} =$$

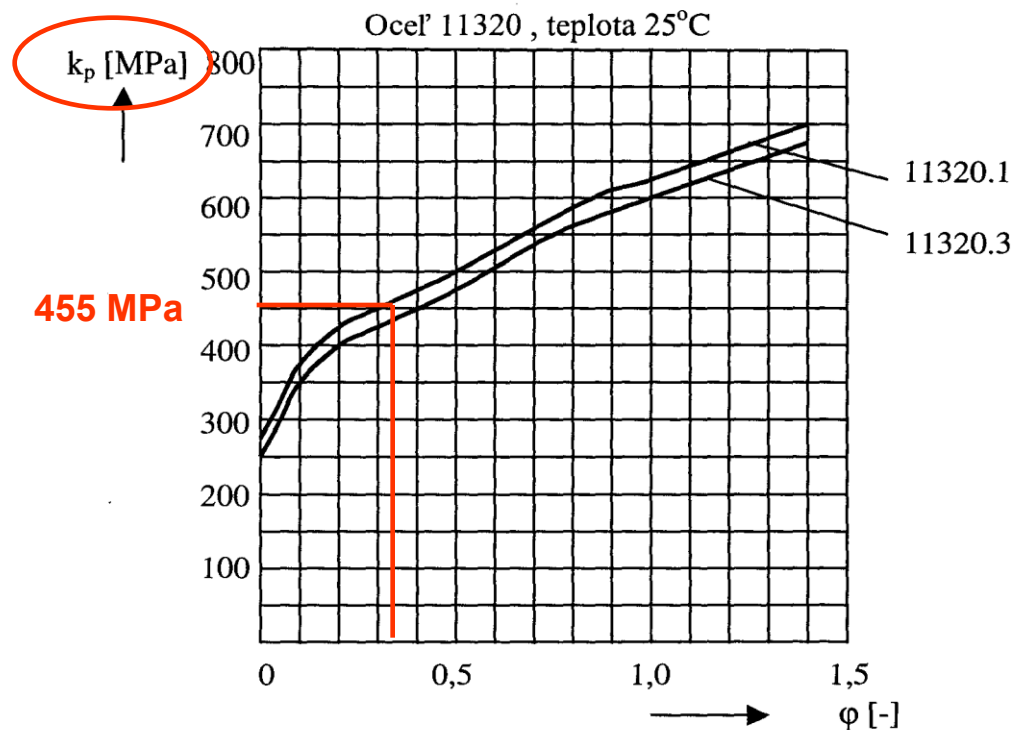
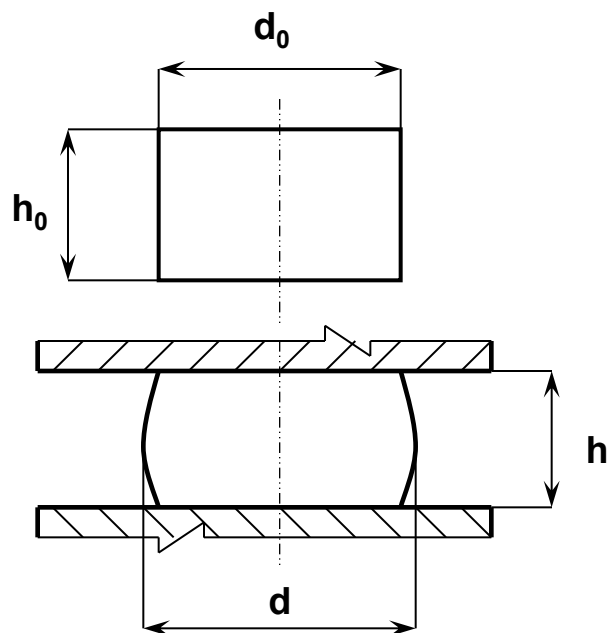
$$= 455 \left(1 + \frac{0,15}{3} \frac{30}{25} \right) \frac{\pi 30^2}{4} = \underline{340,92 \text{ kN}}$$

$$V = V_0 \Rightarrow \frac{\pi d^2}{4} h = \frac{\pi d_0^2}{4} h_0 \Rightarrow d^2 = \frac{4 \pi d_0^2 h_0}{4 \pi h} \Rightarrow$$

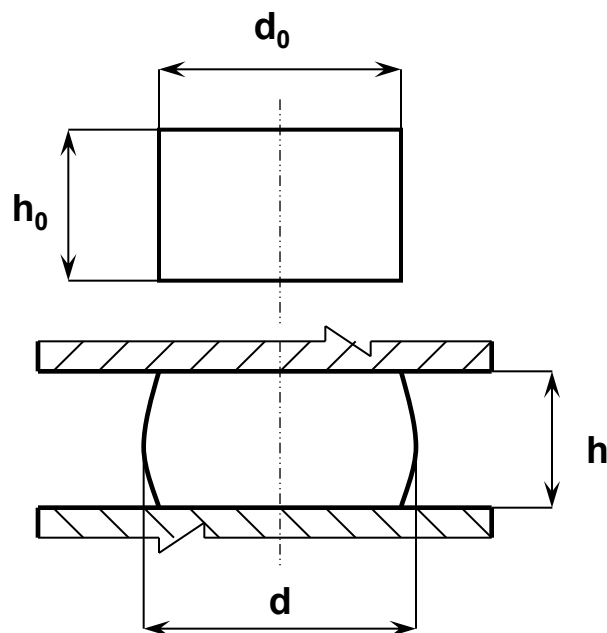
$$\Rightarrow d = d_0 \sqrt{\frac{h_0}{h}} = 25 \sqrt{\frac{36}{25}} = 30 \text{ mm}$$

$$p = k_o = k_p \left(1 + \frac{f}{3} \frac{d}{h} \right)$$

Ubíjanie – príklad



Ubíjanie – príklad



Vypočítajte technologické parametre pri ubíjaní súčiastky z materiálu STN 41 1320.1. Rozmery polotovaru sú $d_0 = 25 \text{ mm}$, $h_0 = 36 \text{ mm}$, $h = 25 \text{ mm}$.

Práca na ubíjanie

$$A_{u_{von}} = F_u \Delta h \psi$$

$$\begin{aligned} A_u &= F_u \Delta h \psi = F_u (h_0 - h) \psi = \\ &= 340,92 \cdot 11,0,8 = \underline{3000,1 \text{ J}} \end{aligned}$$

$$A_{u_{vnut}} = k_o V \varphi$$

$$A_{u_{vnut}} = k_o V \varphi = k_o \cdot \frac{\pi d^2}{4} h \cdot \varphi = 482,3 \cdot \frac{\pi 30^2}{4} 25 \cdot 0,36 = \underline{3068,3 \text{ J}}$$

Odporučená literatúra

BAČA, J., BÍLIK, J. *Technológia tvárnenia*. Bratislava : STU Bratislava, 2000. ISBN 80-227-1339-2.

BENKO, B., MÄSIAR, H., KOTRAS, P. *Technológia tvárnenia, zlievania a zvárania. Návod na cvičenia*. Bratislava : STU Bratislava, 1991. 171 s. ISBN 80-227-0340-0.

BÍLIK, J. et al. *Technológia tvárnenia. Návod na cvičenia*. Bratislava : STU Bratislava, 2004. 201 s. ISBN 80-227-2099-2.

BLAŠČÍK, F. et al. *Technológia tvárnenia, zlievarenstva a zvárania*. Bratislava: Alfa Bratislava, 1988.

ČABELKA, J. et al. *Mechanická technológia*. Bratislava: SAV Bratislava, 1967.

HRIVŇÁK, A., EVÍN, E., SPIŠÁK, E. *Technológia plošného tvárnenia*. Bratislava : Alfa Bratislava, 1990. 264 s. ISBN 80-05-00439-7.

Odporučená literatúra

KALPAKJIAN, S. *Manufacturing Engineering and Technology*. Massachusetts : PE-USR, 2006. 895 pp. ISBN 0-13-148965-8.

KOSTKA, P. *Metal forming*. Bratislava : SjF STU Bratislava, 2002. 117 p. ISBN 80-227-1801-7.

LIPA, Z. et al. *Priemyselné technológie a výrobné zariadenia*. Bratislava : STU Bratislava, 2003. 324 s. ISBN 80-227-1907-2.

LETKO, I. et al. *Priemyselné technológie*. Žilina: ZUSI, 2002.

MORAVEC, J.: *Technológia 1*. EDIS, 2020.

MORAVEC, J.: *Technológia tvárnenia kovov*. EDIS, 2016.

ŠUGÁR, P., ŠUGÁROVÁ, J. *Výrobné technológie – zlievanie, zváranie, tvárnenie*. Zvolen : TU Zvolen, 2009. 291 s. ISBN 978-80-89090-587.

VASILKO, K., BOKUČAVA, G. *Výrobné technológie*. Prešov: FVT, 2001.

TECHNOLÓGIA TVÁRNENIA – Objemové tvárnenie za studena