

TECHNOLÓGIA TVÁRNENIA – Plošné tvárnenie – ťahanie a tlačenie

Plošné tvárnenie

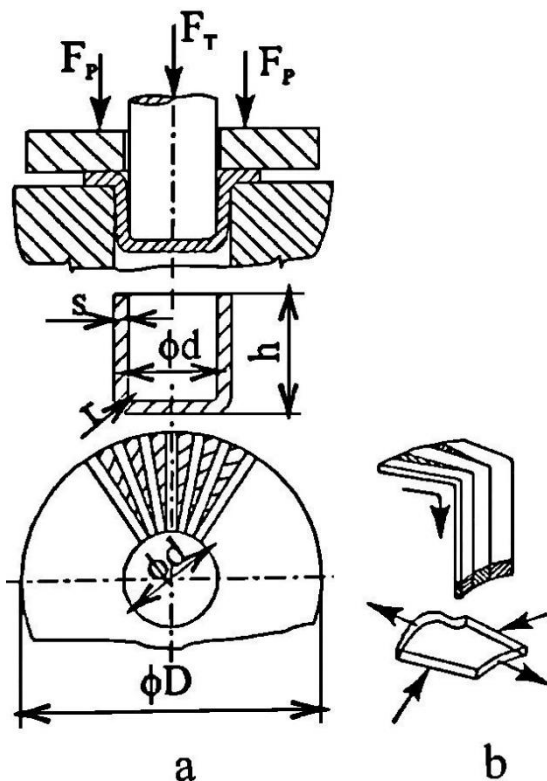
Plošné tvárnenie je charakteristické tým, že pôsobením vonkajších síl na východiskový polotovár meníme jeho **tvar, rozmery** a **fyzikálno-mechanické vlastnosti bez podstatnej zmeny jeho hrúbky** tak, aby spĺňal výkresom predpísané parametre.

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

Plošné tvárnenie:

- 1) ohýbanie,
- 2) **t'ahanie**,
- 3) tlačenie,
- 4) strihanie.

Ťahanie – princíp



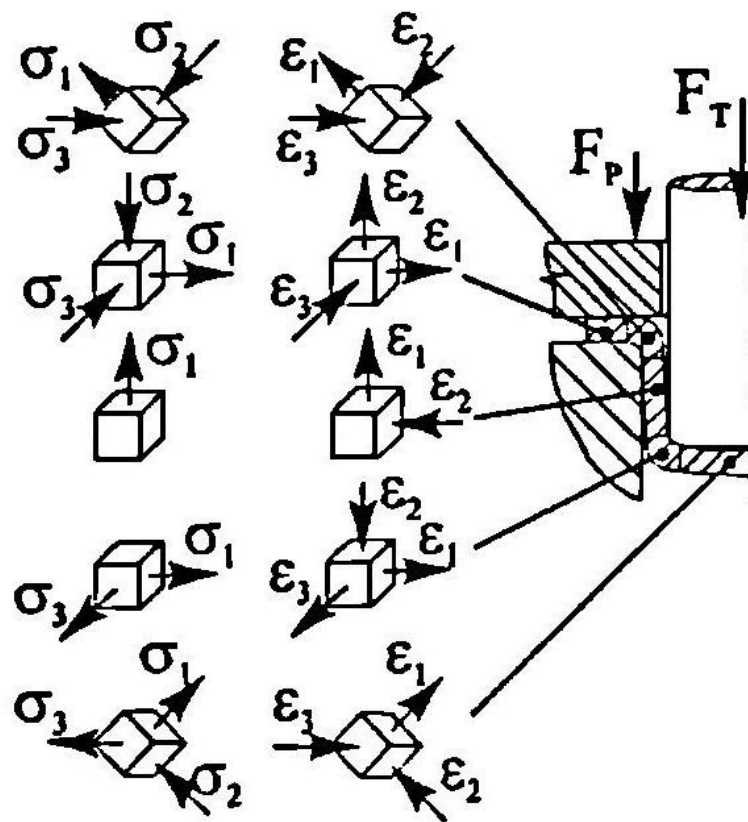
Ťahanie valcového výtvarku

a – schéma ťahania, b – princíp tvorby zvlnenia,

1 – ťažník, 2 – ťažnica, 3 – pridržiavač,

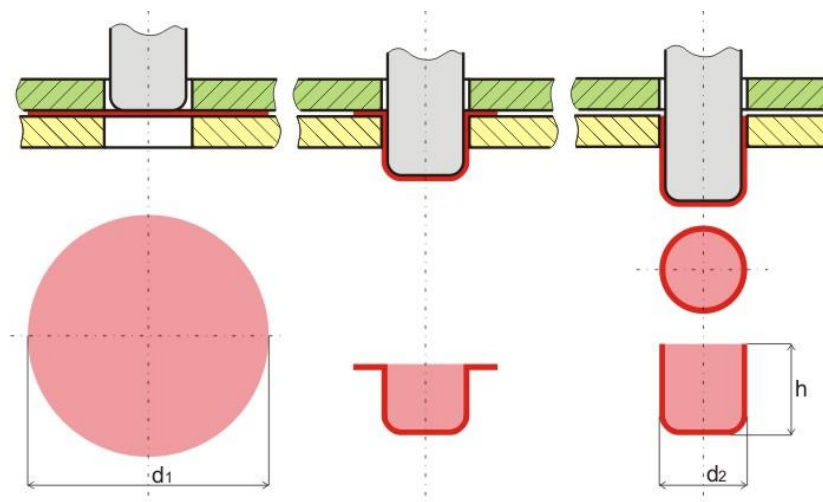
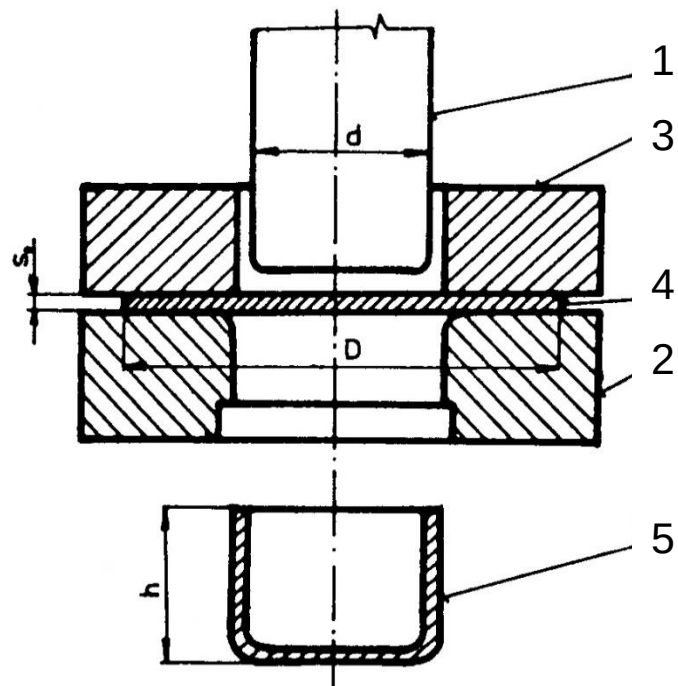
4 – prístrih, 5 – výtvarok

Ťahanie – princíp



***Napät'ovo-deformačné stavy materiálu
v procese hlbokého ťahania***

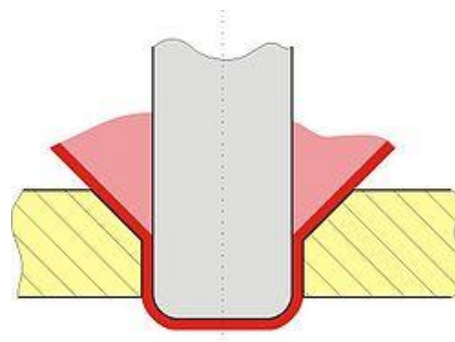
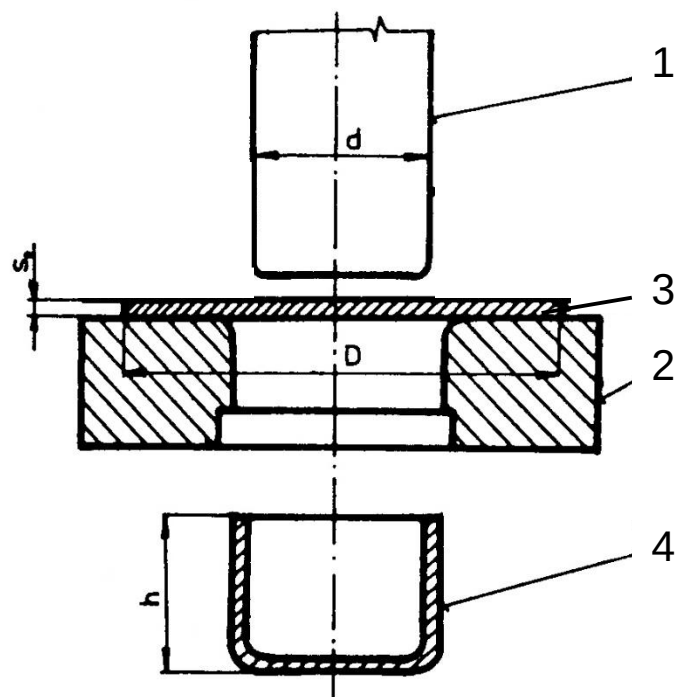
Ťahanie – princíp



Ťahanie valcového výtvarku s pridržiavačom

- 1 – ťažník, 2 – ťažnica,
3 – pridržiavač,
4 – prístrih, 5 – výtvarok

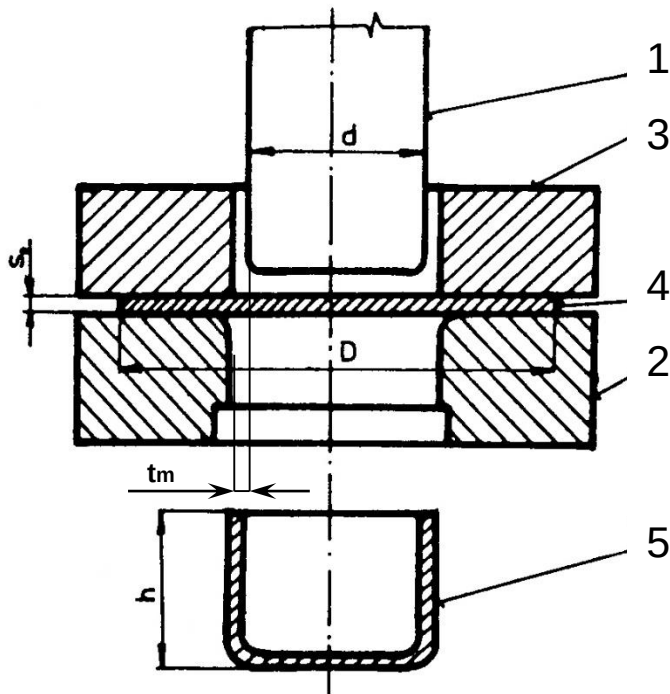
Ťahanie – princíp



Ťahanie valcového výtvarku **bez pridržiavača**

1 – ťažník, 2 – ťažnica,
3 – prístrih, 4 – výtvarok

Ťahanie – ťažná medzera



$$t_m = \frac{D_c - d_k}{2}$$

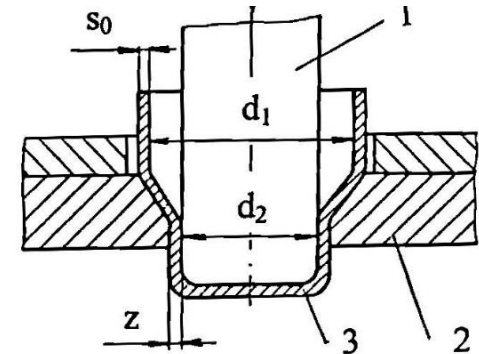
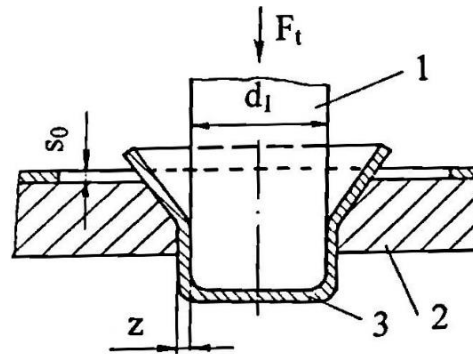
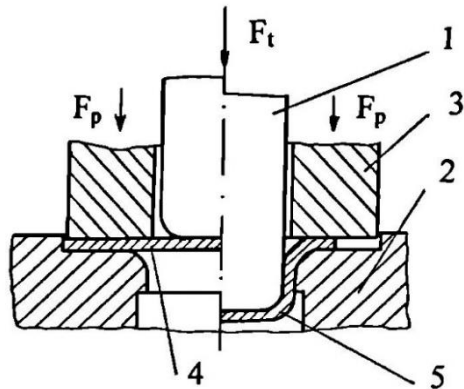
Rotačný výtvarok

$$t_m = 1,2s_0$$

Hranatý výtvarok

$$t_m = (1,15 \text{ až } 1,3)s_0$$

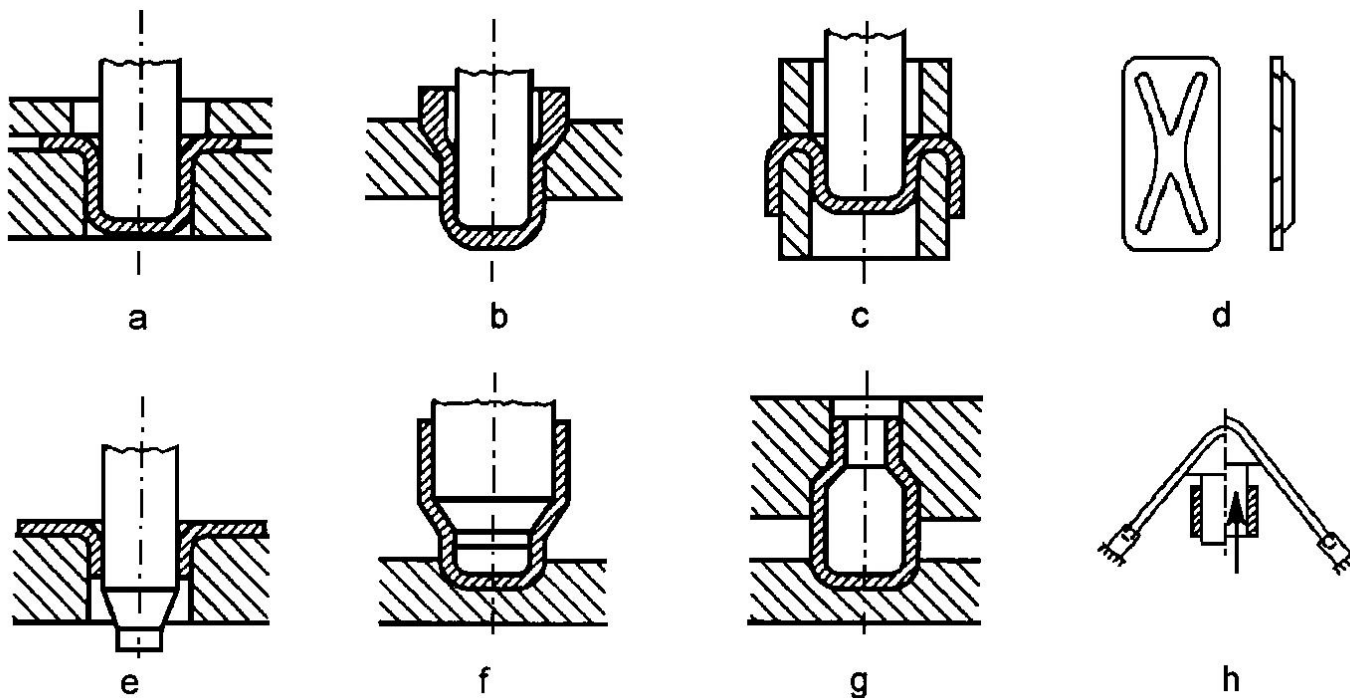
Ťahanie – rozdelenie



Súčiniteľ ťahania $m = \frac{d}{D}$ $m = \frac{d}{D} = \frac{d_1}{D} \frac{d_2}{d_1} \frac{d_3}{d_2} \frac{d_4}{d_3} \dots \frac{d_n}{d_{n-1}} = m_1 m_2 m_3 m_4 \dots m_n$

Stupeň ťahania $K_i = \frac{d_{i-1}}{d_i}$ $K_C = K_1 K_2 K_3 \dots K_n$

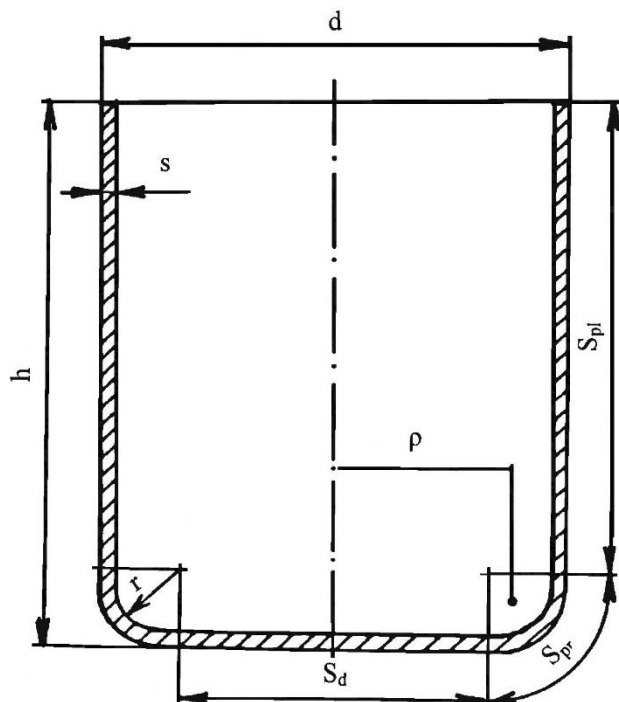
Operácie ťahania



Operácie ťahania

*a – jednoduché ťahanie, b – ťahanie s redukciou hrúbky steny,
c – spätné ťahanie, d – žliabkovanie, e – pretáhovanie, f – rozširovanie,
g – zúžovanie, h – naťahovanie*

Návrh tvaru a výpočet veľkosti polotovaru



$$S_{pl} = \pi d(h - r)$$

$$S_d = \frac{\pi}{4}(d - 2r)^2$$

$$S_{pr} = 2\pi\rho l$$

$$S_c = S_{pl} + S_d + S_{pr} = \pi d(h - r) + \frac{\pi}{4}(d - 2r)^2 + 2\pi\rho l$$

$$D_p = \sqrt{\frac{4S_c}{\pi}}$$

Návrh tvaru a výpočet velikosti polotovaru

**Valcový výtlačok
bez přírub**

$$S_p = S_v$$

$$\frac{\pi D_0^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} + \pi d h$$

$$D_0 = \sqrt{d^2 + 4dh}$$

**Valcový výtlačok
s přírubou**

$$S_p = S_v$$

$$\frac{\pi D_0^2}{4} = \frac{\pi d_p^2}{4} + \pi d h$$

$$D_0 = \sqrt{d_p^2 + 4dh}$$

Ťahanie – pridržiavač

1. ťah

$$50 \left(C - \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_p}} \right) \geq \frac{d_1}{D_p} 100$$

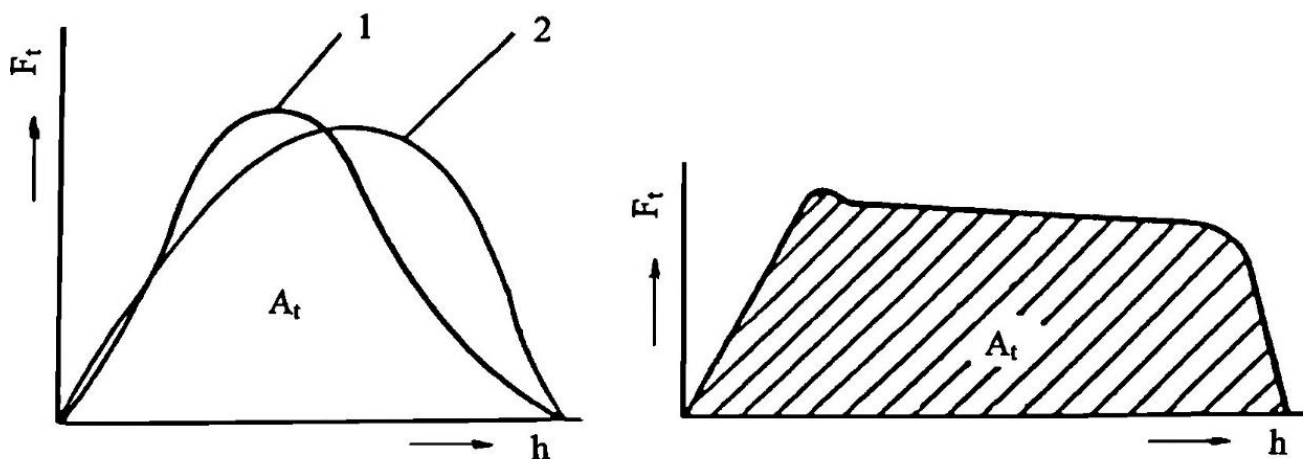
Je potrebný
pridržiavač

2. a ďalšie ťahy

$$\frac{d_j}{d_{j-1}} \geq 0,9$$

Nie je potrebný
pridržiavač

Sila a práca pri t'ahaní



$$F_T = k_t S R_m = k_t (\pi d s_0) R_m$$

$$A_T = F_T h \psi$$

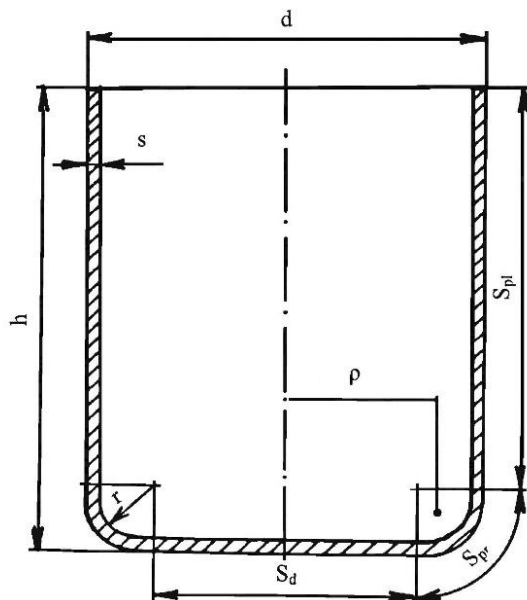
$$F_P = p S_P$$

$$A_P = F_P h$$

$$F_C = F_T + F_P$$

$$A_C = A_T + A_P$$

Ťahanie – príklad



Vypočítajte rozmery polotovaru, stupeň ťahania, počet ťahov, ťažnú silu, ťažnú prácu a potrebu pridržiavača, pre valcový výťah bez prírubby z materiálu STN 41 1320, ktorého $R_m = (280 \text{ až } 400) \text{ MPa}$. Rozmery výtvarku sú $d = 42 \text{ mm}$, $h = 64 \text{ mm}$, $s_0 = 1 \text{ mm}$, $r = 3 \text{ mm}$. Navrhните výrobné zariadenie.

Rozmery polotovaru: $D_p = ?$.

Stupeň ťahania $K = ?$.

Počet ťahov.

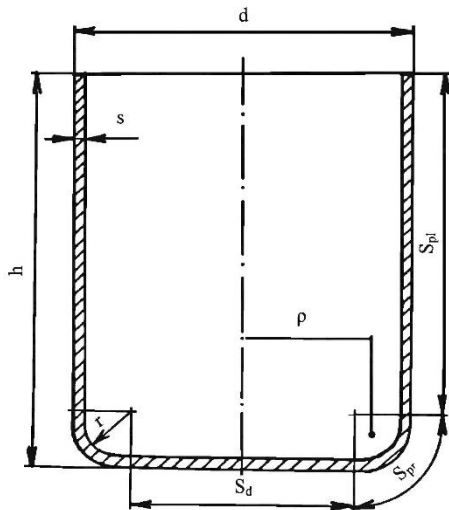
Pridržiavač.

Ťažnú silu $F_T = ?$.

Ťažnú prácu $A_T = ?$.

Výrobné zariadenie.

Ťahanie – príklad



Vypočítajte rozmery polotovaru, stupeň ťahania, počet ťahov, ťažnú silu, ťažnú prácu a potrebu pridržiavača, pre valcový výťah bez príruby z materiálu STN 41 1320, ktorého $R_m = (280 \text{ až } 400) \text{ MPa}$. Rozmery výtvaru sú $d = 42 \text{ mm}$, $h = 64 \text{ mm}$, $s_0 = 1 \text{ mm}$, $r = 3 \text{ mm}$. Navrhните výrobné zariadenie.

Rozmery polotovaru

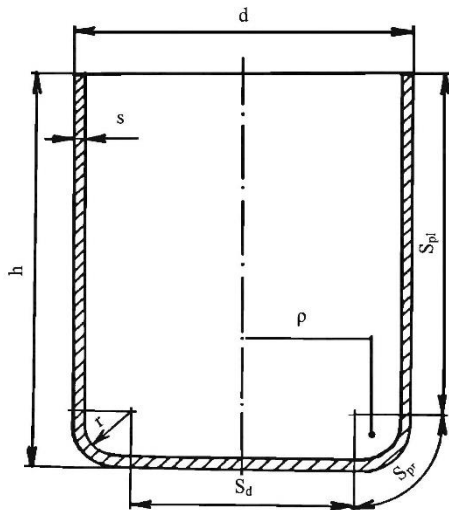
$$S_p = S_v$$

$$\frac{\pi D_0^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} + \pi dh = \frac{\pi d^2 + 4\pi dh}{4} = \frac{\pi(d^2 + 4dh)}{4}$$

$$D_0^2 = \frac{\cancel{4\pi}(d^2 + 4dh)}{\cancel{4\pi}} \Rightarrow \underline{D_0 = \sqrt{d^2 + 4dh}}$$

$$D_p = D_0 + w$$

Ťahanie – príklad



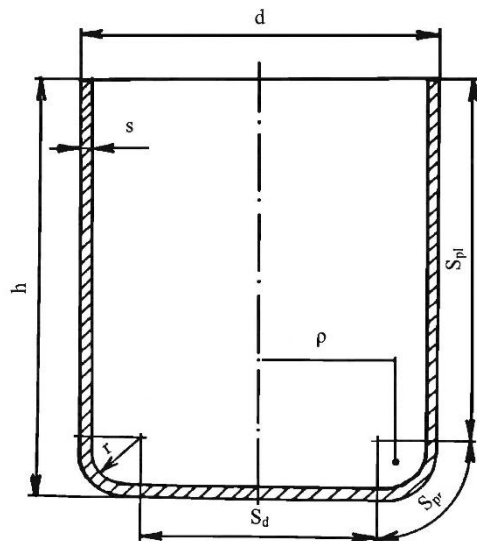
Vypočítajte rozmery polotovaru, stupeň ťahania, počet ťahov, ťažnú silu, ťažnú prácu a potrebu pridržiavača, pre valcový výťah bez príruby z materiálu STN 41 1320, ktorého $R_m = (280 \text{ až } 400) \text{ MPa}$. Rozmery výtvarku sú $d = 42 \text{ mm}$, $h = 64 \text{ mm}$, $s_0 = 1 \text{ mm}$, $r = 3 \text{ mm}$. Navrhните výrobné zariadenie.

Stupeň ťahania a počet ťahov

$$K_i = \frac{d_{i-1}}{d_i} = \frac{1}{m_C} \Rightarrow K_C = \frac{D_p}{d}$$

$$\underline{K_C = K_1 K_2 K_3 K_4 \dots K_n} = \frac{D_p}{d_1} \frac{d_1}{d_2} \frac{d_2}{d_3} \frac{d_3}{d_4} \dots \frac{d_{n-1}}{d_n}$$

Ťahanie – príklad



Vypočítajte rozmery polotovaru, stupeň ťahania, počet ťahov, ťažnú silu, ťažnú prácu a potrebu pridržiavača, pre valcový výťahok bez príruby z materiálu STN 41 1320, ktorého $R_m = (280 \text{ až } 400) \text{ MPa}$. Rozmery výtvarku sú $d = 42 \text{ mm}$, $h = 64 \text{ mm}$, $s_0 = 1 \text{ mm}$, $r = 3 \text{ mm}$. Navrhните výrobné zariadenie.

Pridržiavač

1. ťah

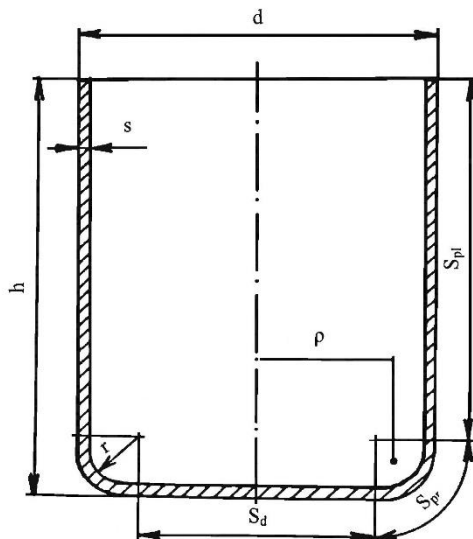
$$50 \left(C - \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_p}} \right) \geq \frac{d_1}{D_p} 100$$

2. a ďalšie ťahy

$$\frac{d_j}{d_{j-1}} \geq 0,9$$

Ťahanie – príklad

Vypočítajte rozmery polotovaru, stupeň ťahania, počet ťahov, ťažnú silu, ťažnú prácu a potrebu pridržiavača, pre valcový výťah bez príruby z materiálu STN 41 1320, ktorého $R_m = (280 \text{ až } 400) \text{ MPa}$. Rozmery výtvarku sú $d = 42 \text{ mm}$, $h = 64 \text{ mm}$, $s_0 = 1 \text{ mm}$, $r = 3 \text{ mm}$. Navrhните výrobné zariadenie.



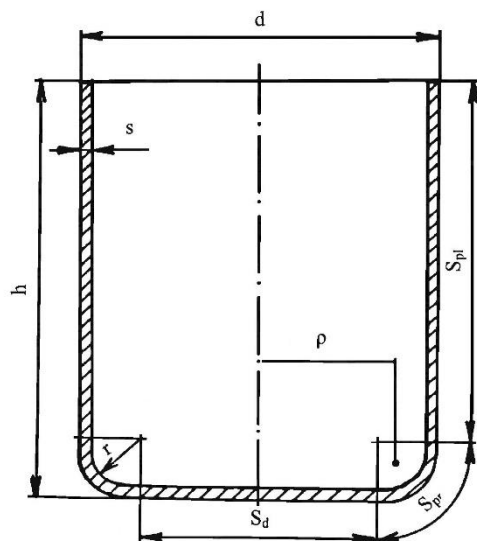
Ťažná sila

$$F_T = k_t S R_m = k_t (\pi d s_0) R_m$$

$$F_P = p S_P$$

$$F_C = F_T + F_P$$

Ťahanie – príklad



Vypočítajte rozmery polotovaru, stupeň ťahania, počet ťahov, ťažnú silu, ťažnú prácu a potrebu pridržiavača, pre valcový výťahok bez príruby z materiálu STN 41 1320, ktorého $R_m = (280 \text{ až } 400) \text{ MPa}$. Rozmery výtvarku sú $d = 42 \text{ mm}$, $h = 64 \text{ mm}$, $s_0 = 1 \text{ mm}$, $r = 3 \text{ mm}$. Navrhňte výrobné zariadenie.

Ťažná práca

$$A_T = F_T h \psi$$

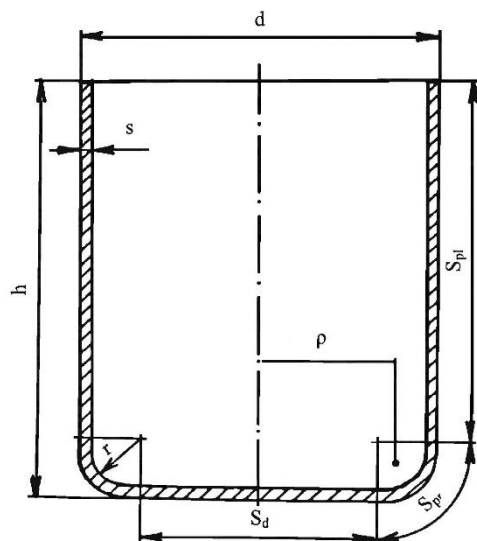
$$S_p = S_v$$

$$D_p^2 = d^2 + 4dh$$

$$A_p = F_p h$$

$$A_C = A_T + A_P$$

Ťahanie – príklad



Vypočítajte rozmery polotovaru, stupeň ťahania, počet ťahov, ťažnú silu, ťažnú prácu a potrebu pridržiavača, pre valcový výťah bez príruby z materiálu STN 41 1320, ktorého $R_m = (280 \text{ až } 400) \text{ MPa}$. Rozmery výtvarku sú $d = 42 \text{ mm}$, $h = 64 \text{ mm}$, $s_0 = 1 \text{ mm}$, $r = 3 \text{ mm}$. Navrhните výrobné zariadenie.

Voľba výrobného zariadenia

$$F_C = F_{C1} + F_{C2} + F_{C3}$$

$$A_C = A_{C1} + A_{C2} + A_{C3}$$

Plošné tvárnenie

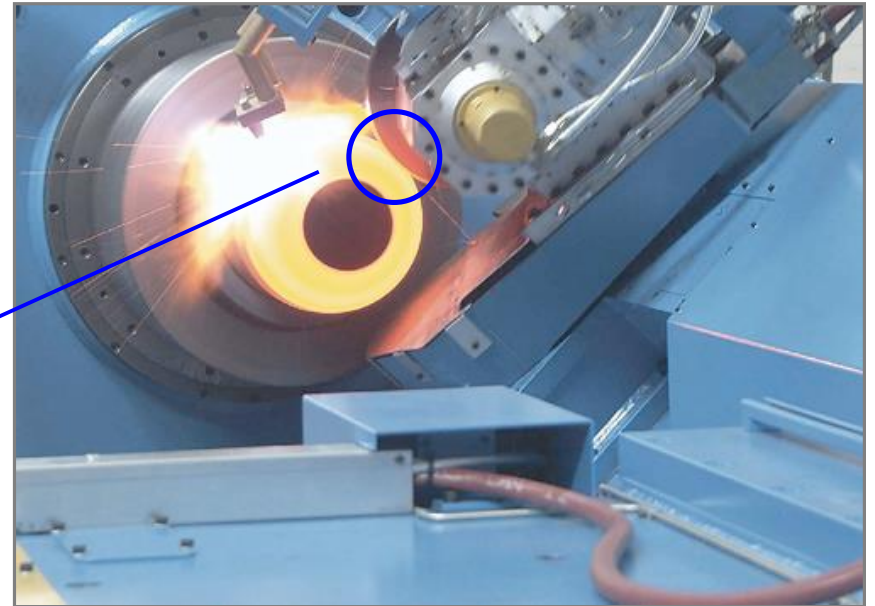
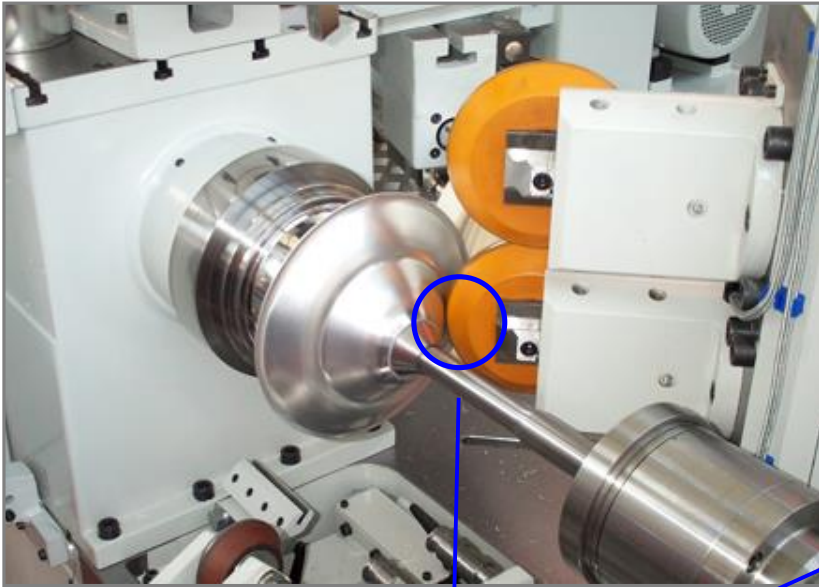
Plošné tvárnenie je charakteristické tým, že pôsobením vonkajších síl na východiskový polotovár meníme jeho **tvar, rozmery** a **fyzikálno-mechanické vlastnosti bez podstatnej zmeny jeho hrúbky** tak, aby spĺňal výkresom predpísané parametre.

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

Plošné tvárnenie:

- 1) ohýbanie,
- 2) ťahanie,
- 3) **tlačenie**,
- 4) strihanie.

Tlačenie – princíp



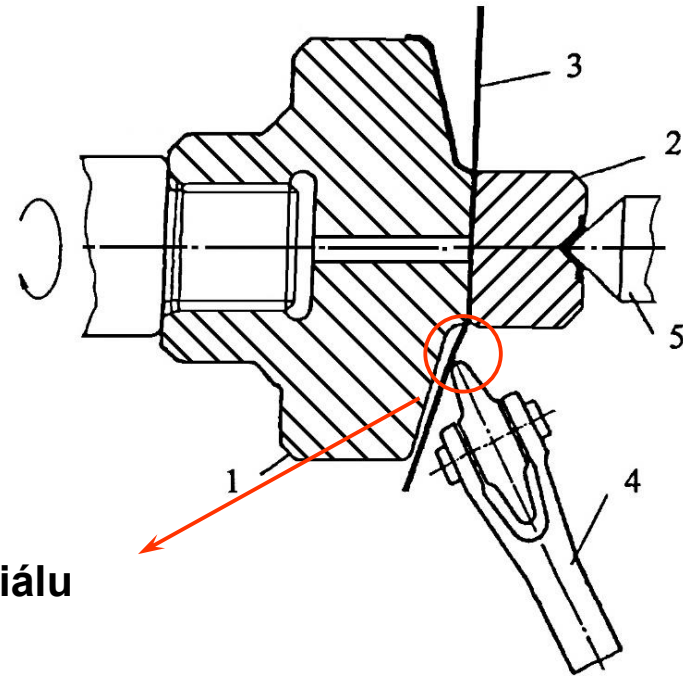
**Lokalizovaná
deformácia materiálu**

Tlačenie – princíp

Stupeň deformácie

$$K = \frac{D_p}{d_1} = \frac{d_{i-1}}{d_i}$$

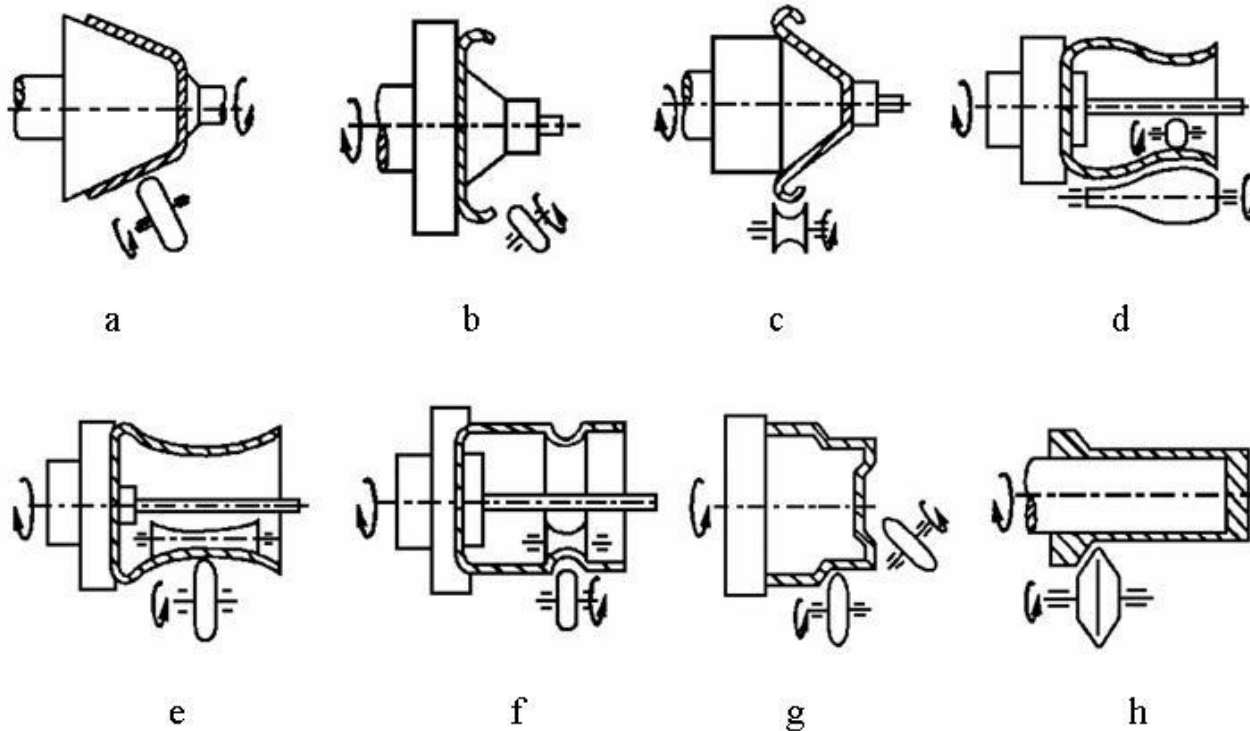
Lokalizovaná
deformácia materiálu



Tlačenie komplexného tvaru jednoduchovej plytkej nádoby

*1 – tvárnica, 2 – prítlačný kotúč, 3 – polotovár,
4 – tlačný nástroj (kladka), 5 – upínací hrot*

Tlačenie – operácie



Operácie tlačenía

a – tlačenie tvaru bez redukcie hrúbky steny, b – obrubovanie, c – lemovanie, d – rozširovanie, e – zužovanie, f – žliabkovanie, g – osadzovanie a presadzovanie, h – tlačenie s redukcíou hrúbky steny

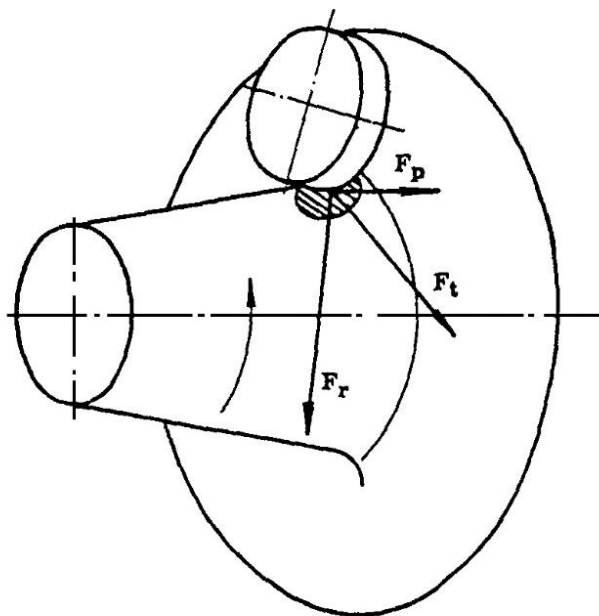
Tlačenie – energo-silové parametre

Tlačná sila

$$F_t = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_{ps} s_1 \Delta \ln \frac{s_0}{s_1}$$

Tlačná práca

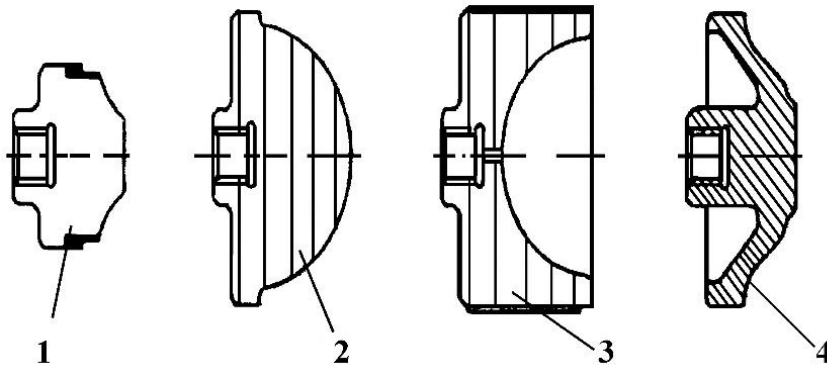
$$A = F_t O$$



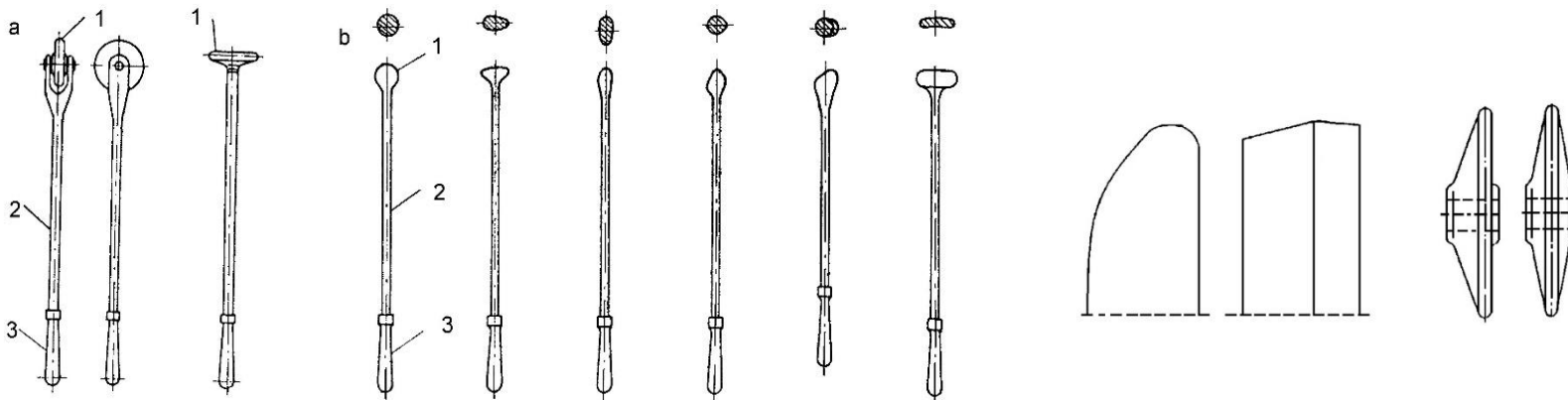
Zložky tlačnej sily

F_t – tangenciálna zložka sily,
 F_p – zložka sily v smere posuvu,
 F_r – radiálna zložka sily

Tlačenie – nástroje



Tlačné matrice (modely)



Tlačné nástroje

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 –

Plošné tvárnenie – ťahanie a tlačenie