

TECHNOLÓGIA TVÁRNENIA

Technológia tvárnenia – charakteristika

Tvárnenie je technológia spracovania kovových a nekovových materiálov, pri ktorej sa využíva **pretvorenie materiálu bez porušenia jeho celistvosti**.

V tomto procese pôsobíme vonkajšími silami na východiskový materiál, a tým meníme jeho **tvar, rozmery** a **fyzikálno-mechanické vlastnosti** tak, aby spĺňal výkresom predpísané parametre. Tieto zmeny sa realizujú prostredníctvom **mechanizmov plastickej deformácie** bez porušenia súdržnosti materiálu.

Technológia tvárnenia – charakteristika

TVÁRNITEĽNOSŤ – schopnosť materiálu plasticky sa deformovať bez porušenia súdržnosti materiálu *v konkrétnych technologických podmienkach.*

PLASTICITA – veľkosť plastického pretvorenia materiálu do jeho porušenia *v ideálnych technologických podmienkach.*

Pretvorenie materiálu

Pretvorenie materiálu



- absolútna zmena (Δ)
- pomerné pretvorenie (ε)
- skutočné pretvorenie (φ)

Pretvorenie materiálu

Predĺženie (t'ahanie)

$$\Delta l = l - l_0 \quad [mm]$$

$$\varepsilon_l = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad [-]$$

$$\varphi_l = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0} \quad [-]$$

Pretvorenie materiálu

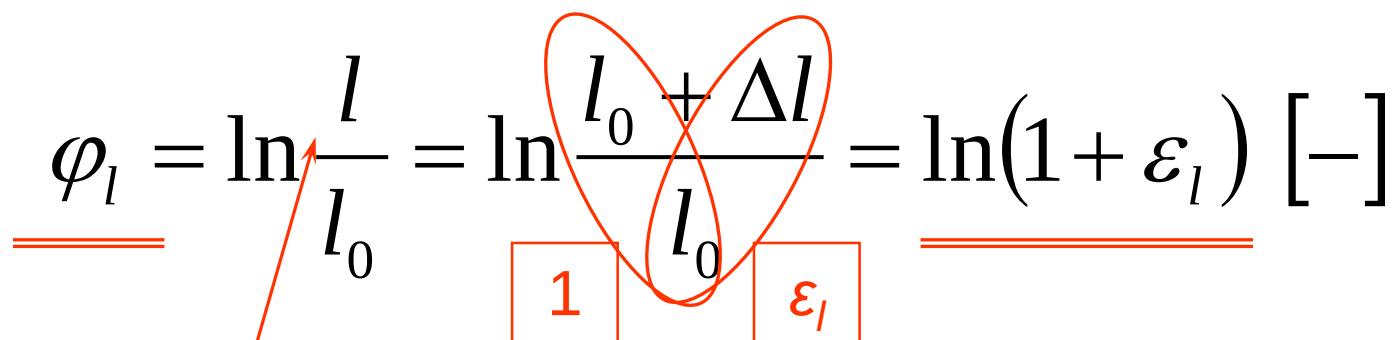
Stláčanie (ubíjanie)

$$\Delta h = h_0 - h \text{ [mm]}$$

$$\varepsilon_h = \int_{h_0}^h \frac{dh}{h_0} = \frac{h_0 - h}{h_0} = \frac{\Delta h}{h_0} \text{ [-]}$$

$$\varphi_h = -\int_{h_0}^h \frac{dh}{h} = \ln \frac{h}{h_0} = -\ln \frac{h_0}{h} \text{ [-]}$$

Pretvorenie materiálu – (ε - φ)

$$\underline{\varphi_l = \ln \frac{l}{l_0} = \ln \frac{l_0 + \Delta l}{l_0} = \ln(1 + \varepsilon_l) [-]}$$


$$\Delta l = l - l_0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow l = l_0 + \Delta l$$

Predíženie (t'ahanie)

Pretvorenie materiálu – (ε - φ)

$$\underline{\underline{\varphi_h = -\ln \frac{h_0}{h} = \ln \frac{h}{h_0} = \ln \frac{h_0 - \Delta h}{h_0} = \ln(1 - \varepsilon_h) [-]}}$$

1 ε_h

$$\begin{aligned}\Delta h &= h_0 - h \Rightarrow \\ \Rightarrow h &= h_0 - \Delta h\end{aligned}$$

Ubíjanie (stláčanie)

Rýchlosť tvárnenia a pretvorenia materiálu

→ rýchlosť absolútneho pretvorenia (v)

! → rýchlosť pomerného pretvorenia ($\dot{\varepsilon}$)

→ rýchlosť skutočného pretvorenia ($\dot{\phi}$)

Pretvorenie materiálu – rýchlosť

Predĺženie (t'ahanie)

→ rýchlosť absolútneho pretvorenia (v)

→ rýchlosť pomerného pretvorenia ($\dot{\varepsilon}$)

→ r. skutočného pretvorenia ($\dot{\varphi}$)

$$v = \frac{dl}{dt} \left[ms^{-1} \right] \qquad \dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{dl}{l_0} \frac{1}{dt} = \frac{v}{l_0} \left[s^{-1} \right]$$

$$\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dl}{l} \frac{1}{dt} = \frac{v}{l} \left[s^{-1} \right]$$

Pretvorenie materiálu – rýchlosť

Ubíjanie (stláčanie)

→ rýchlosť absolútneho pretvorenia (v)

→ rýchlosť pomerného pretvorenia ($\dot{\varepsilon}$)

→ r. skutočného pretvorenia ($\dot{\varphi}$)

$$v = \frac{dh}{dt} \left[ms^{-1} \right] \qquad \dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{dh}{h_0} \frac{1}{dt} = \frac{v}{h_0} \left[s^{-1} \right]$$

$$\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dh}{h} \frac{1}{dt} = \frac{v}{h} \left[s^{-1} \right]$$

Intenzita rýchlosti pretvorenia

IR pomerného pretvorenia

$$\dot{\varepsilon}_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\dot{\varepsilon}_1 - \dot{\varepsilon}_2)^2 + (\dot{\varepsilon}_2 - \dot{\varepsilon}_3)^2 + (\dot{\varepsilon}_3 - \dot{\varepsilon}_1)^2}$$

IR skutočného pretvorenia

$$\dot{\varphi}_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2)^2 + (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3)^2 + (\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_1)^2}$$

Rozdelenie procesov tvárnenia



1. podľa **teploty tvárnenia**
2. podľa **tepelného efektu**
3. podľa **charakteru pretvorenia**
4. podľa **zat'azenia**
5. podľa **tvárneného materiálu**

Rozdelenie procesov tvárnenia

1. Podľa **teploty tvárnenia** procesy delíme na:
 - a) *Tvárnenie za studena.*
 - b) *Tvárnenie za tepla.*
 - c) *Tvárnenie za polooohrevu.*

Teplota rekryštalizácie

$$T_{rek} = 0,35 T_{tav}$$

Rozdelenie procesov tvárnenia

1. Podľa **teploty tvárnenia** procesy delíme na:
 - a) **Tvárnenie za studena** – proces tvárnenia sa realizuje pri teplotách **nižších ako teplota rekryštalizácie T_{rek}** ($T_{tv} < 0,3 \cdot T_{tav}$). Materiál sa počas tvárnenia **spevňuje**, t. j. vyčerpáva sa jeho plasticita.
 - b) **Tvárnenie za tepla** – proces tvárnenia sa realizuje pri teplotách **vyšších ako teplota rekryštalizácie T_{rek}** ($T_{tv} > 0,7 \cdot T_{tav}$). Výhodou tvárnenia za tepla je, že je **lepšia plasticitosť materiálu** (u väčšiny kovov a ich zliatin) a pretvárny odpor je menší ako pri tvárnení za studena.
 - c) **Tvárnenie za poloochrevu** – proces tvárnenia sa realizuje pri teplotách **spodnej hranice dolnej kovacej teploty**, aby sa zabránilo nepriaznivému vzniku okovín ($T_{tv} = (0,4 \text{ až } 0,7) \cdot T_{tav}$).

Rozdelenie procesov tvárnenia

2. Podľa **tepelného efektu**, teda podľa množstva vyvinutého tepla, ktoré sa spotrebuje na zvýšenie teploty tvárneného kovu, rozdeľujeme tvárniace procesy na:

- a) **Tvárniace procesy izotermické** – tieto procesy sú charakteristické tým, že všetko **teplo, vyvinuté pri tvárnení, sa odvádza do okolia**, takže teplota tvárnených materiálov sa nemení.
- b) **Tvárniace procesy adiabatické** – sú charakteristické tým, že všetko **teplo, vyvinuté pri tvárnení, ostáva v tvárnených materiáloch** a spotrebuje sa na zvýšenie ich teploty.
- c) **Tvárniace procesy polytropické** – sú charakteristické tým, že **časť tepla, ktoré sa vyvinulo pri tvárnení, sa odvádza do okolia a časť ostáva v tvárnených materiáloch** a spotrebuje sa na zvýšenie ich teploty.

Rozdelenie procesov tvárnenia

3. Podľa **charakteru pretvorenia**, tvárniace procesy rozdeľujeme na:

a) **Plošné tvárnenie**

- ohýbanie,
- ťahanie,
- tlačenie,
- strihanie.



b) **Objemové tvárnenie**

- voľné kovanie,
- zápustkové kovanie,
- valcovanie,
- ubíjanie (nabíjanie),
- pretláčanie,
- razenie,
- kalibrovanie,
- ťahanie (objemové),
- rotačné kovanie,
- radiálne lisovanie.

Rozdelenie procesov tvárnenia

4. Podľa **zat'azenia** (použitého tvárniaceho stroja) tvárniace procesy rozdeľujeme na:

- Tvárnenie **statické** (tlakové),
- Tvárnenie **dynamické** (rázové),
- Tvárnenie **spojité**,
- **Nespojité** tvárnenie.

5. Podľa **tvárneného materiálu**, tvárniace procesy rozdeľujeme na:

- Tvárnenie **kovových materiálov**,
- Tvarovania **plastov**.

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, zvaranie, tvárnenie*. Zvolen : TU Zvolen, 2009. 291 s. ISBN 978-80-89090-587.

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

TECHNOLÓGIA TVÁRNENIA