

# **ZÁKLADY VÝROBNÝCH TECHNOLOGÍ I.**

## **Ohýbanie**

# Odporučená literatúra

BÍLIK, J. a kol.: Technológia tvárnenia. Návod na cvičenia. STU, Bratislava 2004.

BLAŠČÍK, F. POLÁK, K.: Teória tvárnenia. Alfa, Bratislava 1987.

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

ČADA, R.: Technologie I. vydavateľstvo VUT Brno, 2008. Dostupné na:  
<http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/TECH1/Technologie-I.pdf>

ČUPKA, V. Nekonenčné metódy v tvárnení. 1990.

DVOŘÁK, M., GAJDOŠ, F., NOVOTNÝ, K.: Technologie tváření – plošné a objemové tváření, VUT Brno, 2003.

ELFMARK, J. a kol.: Tváření kovů. Praha: SNTL, 1992. 528 s.

FINDA, L., HALTUF, R. Akademie tváření: Ohýbání. MM Průmyslové spektrum [online]. 2010. Dostupné na:  
<https://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-ohybani.html>.

FOREJT, M. Teorie tváření. Brno: CERM, 2004.

FOREJT, M., PÍŠKA, M.: Teorie obrábění, tváření a nástroje. Vydavateľstvo VUT Brno, CERM. 2006.

HRIVŇÁK, A. a kol.: Teória tvárnenia a nástroje. Alfa, Bratislava 1992.

HRIVŇÁK, A., EVIN, E., SPIŠÁK, E. Technológia plošného tvárnenia. Bratislava: Alfa, 1985.

# Odporučená literatúra

HRIVŇÁK, A., PODOLSKÝ, M., DOMAZETOVIČ, V. Teória tvárnenia a nástroje. Bratislava: Alfa, 1992.

KALPAKJIAN, S. *Manufacturing Engineering and Technology*. Massachusetts : PE-USR, 2006.

KOSTKA, P. A kol.: Technológia tvárnenia. Vydavateľstvo STU, Bratislava 1995.

LENFELD, P.: Technologie II. TU Liberec. Dostupné na: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm).

LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření I. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 2008, 105 s. ISBN 978-80-7231-579-6.

MARCINIAK, Z. Teorie tváření plechů. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964.

MIELNIK, E. M. Metalworking Science and Engineering. College: McGraw-Hill, 1991.

MORAVEC, J. Nekonenčné technológie tvárnenia kovov. Žilina: EDIS, 2003.

NOVOTNÝ, K.: Tvářecí nástroje. Vydavatelství VUT Brno, 1992. ISBN 80-214-0401-9.

NOVOTNÝ, K., MACHÁČEK Z. Speciální technologie I. – plošné a objemové tváření. Brno. VUT Brno, 1986.

NOVOTNÝ, J.; ŠANOVEC, J.; BEDNÁŘ, B.; KREIBICH, V.: Technologie I. (Slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy). Praha: ČVUT, 2001. 227 s. ISBN 80-01-02351-6.

SAMEK, R., LIDMILA, Z. a ŠMEHLÍKOVÁ, E. Speciální technologie tváření: Část II. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 155 s. ISBN 978-80-214-4406-5.

# Odporučená literatúra

SCHMID, S., KALPAKJIAN, S. Manufacturing, Engineering and Technology. New York: Prentice Hall, 2010.

SCHREK, A., KOSTKA, P., ČINÁK, P. Progresívne technológie tvárnenia. Bratislava: STU Bratislava, 2014.

SCHULER. Metal forming handbook. Berlin: Springer, 1998, xx, 563 s. ISBN 35-406-1185-1.

ŠUGÁR, P., ŠUGÁROVÁ, J. Výrobné technológie – zlievanie, zváranie, tvárnenie. Banská Bystrica : Dali-BB Banská Bystrica, 2009, ISBN 978-80-89090-587.

TATÍČEK, F., OUŠKA, M. a TURZA, L. Akademie tváření: Technologičnost konstrukce při ohýbání. MM Průmyslové spektrum. 2012, Dostupné na: <https://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-technologicnost-konstrukce-pri-ohybani.html>.

Technologie plošného tváření: Ohýbání. Technologie II. Technická univerzita Liberec. Dostupné na: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/07.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm).

The Ohio State University. 2007, Dostupné na: [http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/BendingOverview/html/variables\\_of\\_springbac](http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/BendingOverview/html/variables_of_springback.html)

k.html.

# Plošné tvárnenie

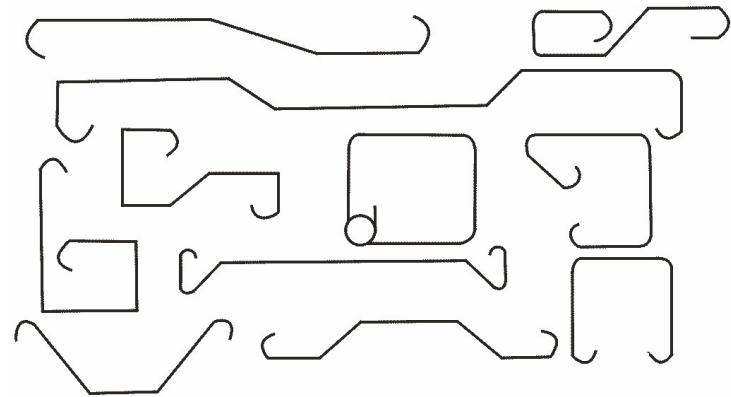
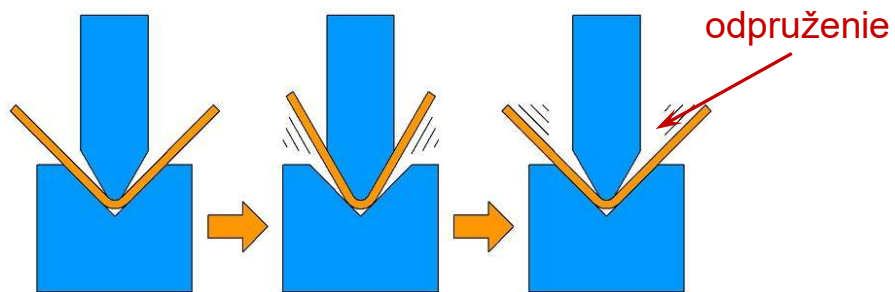
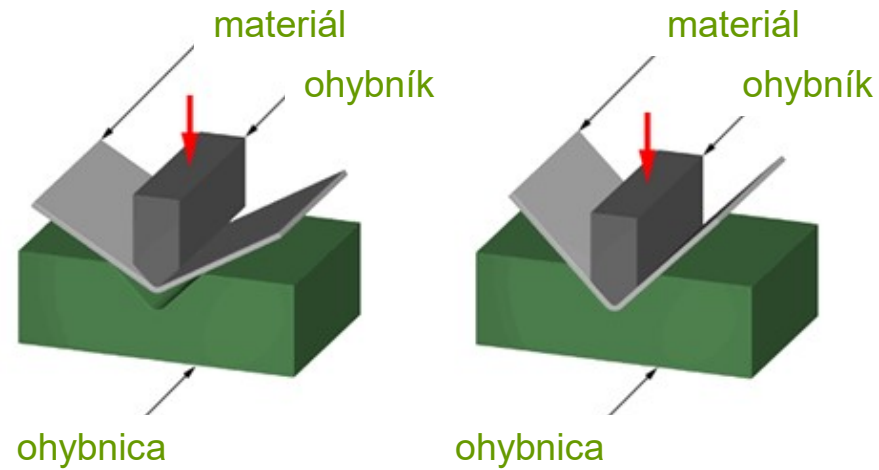
**Plošné tvárnenie** je charakteristické tým, že pôsobením vonkajších síl na východiskový polotovár meníme jeho **tvar, rozmery a fyzikálno-mechanické vlastnosti bez podstatnej zmeny jeho hrúbky** tak, aby spĺňal výkresom predpísané parametre.

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

## **Plošné tvárnenie**

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

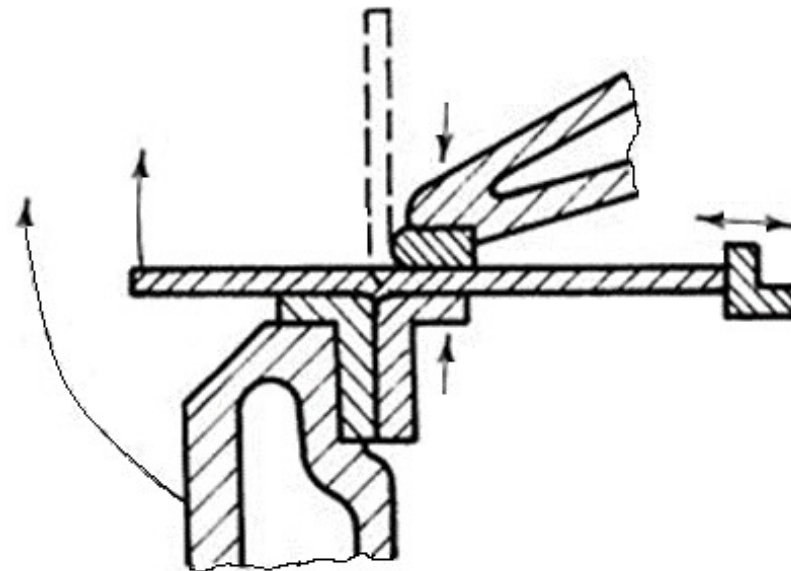
# Ohýbanie – princíp



# Ohýbanie – základné delenie

Podľa výrobného zariadenia:

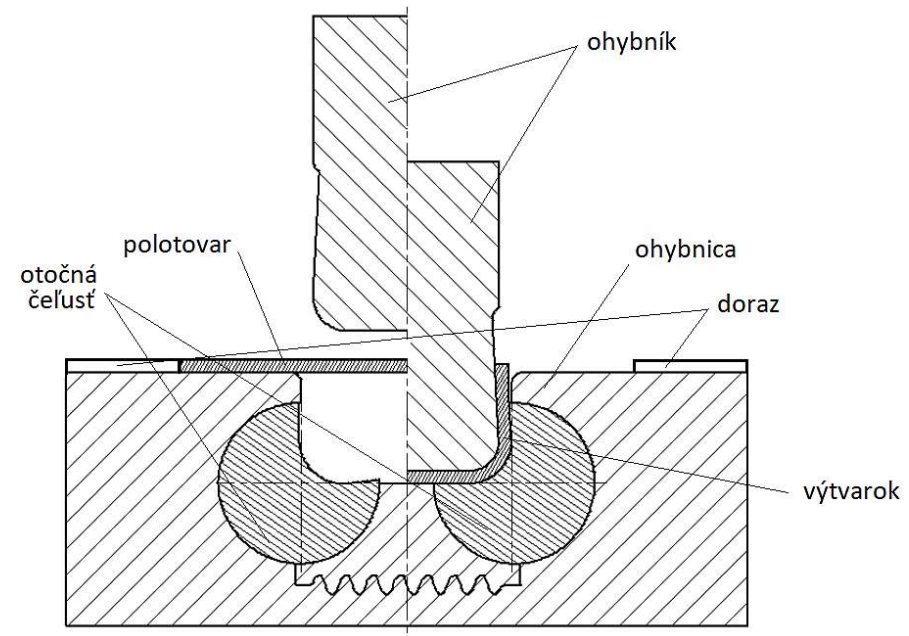
- 1) **Ohýbanie ručné,**
- 2) Ohýbanie na lisochoch,
- 3) Ohýbanie na valcoch.



# Ohýbanie – základné delenie

Podľa výrobného zariadenia:

- 1) Ohýbanie ručné,
- 2) **Ohýbanie na lisoč,**
- 3) Ohýbanie na valcoch.



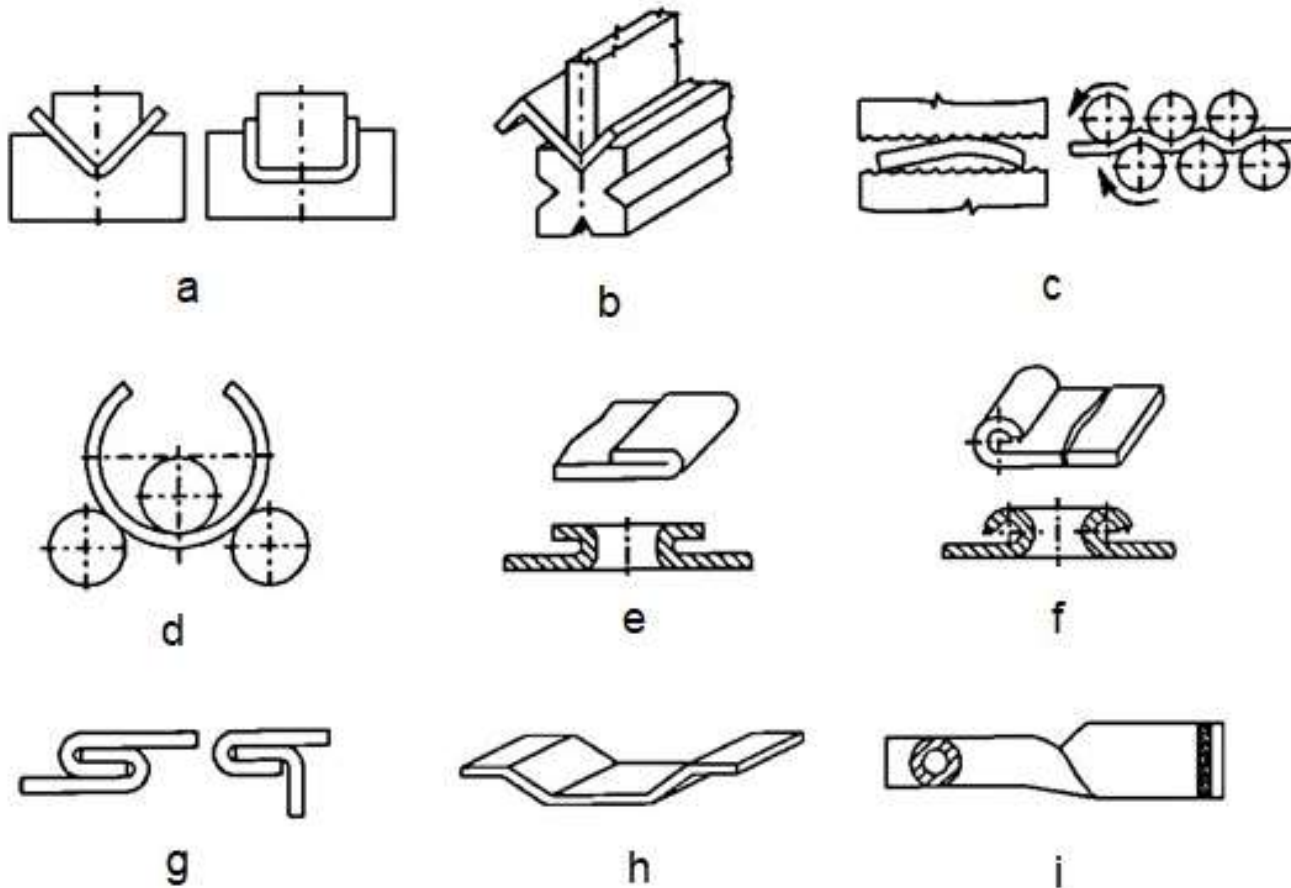


# Ohýbanie – základné delenie

**Podľa výrobného zariadenia:**

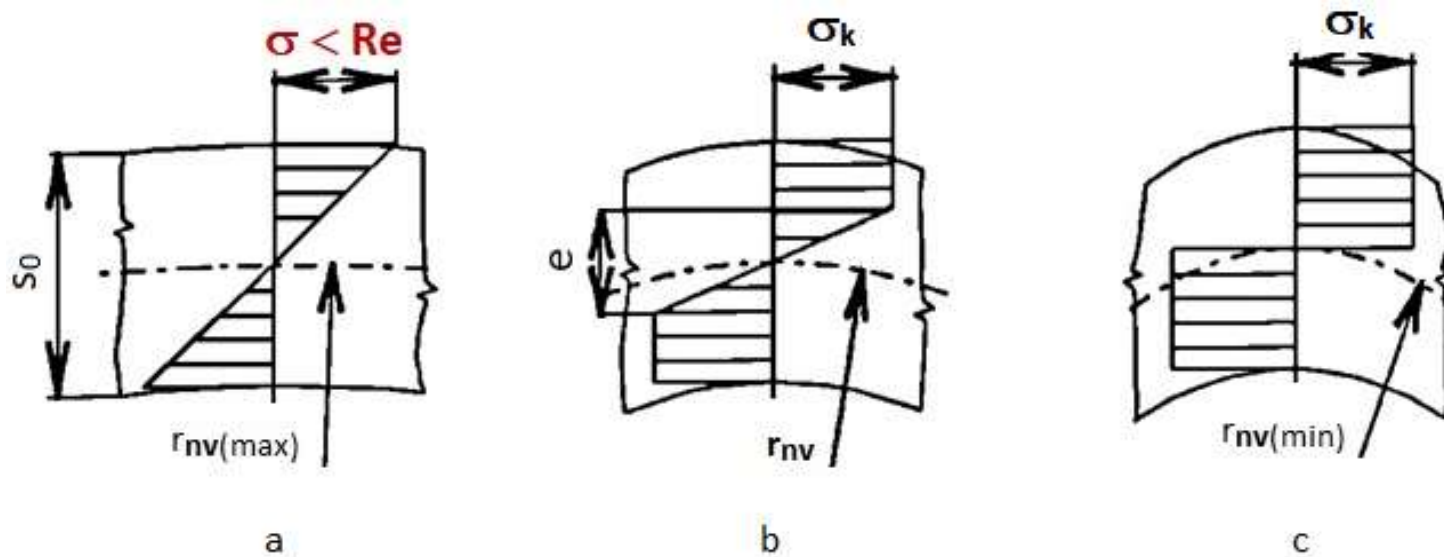
- 1) Ohýbanie ručné,
- 2) Ohýbanie na lisoč,
- 3) **Ohýbanie na valcoch.**

# Operácie ohýbania



**Operácie ohýbania**  
a – jednoduché ohýbanie do tvaru „U“ a „V“,  
b – ohraňovanie,  
c – rovinanie,  
d – zakružovanie,  
e – lemovanie,  
f – obrubovanie,  
g – driapkovanie,  
h – osadzovanie,  
i – skrucovanie

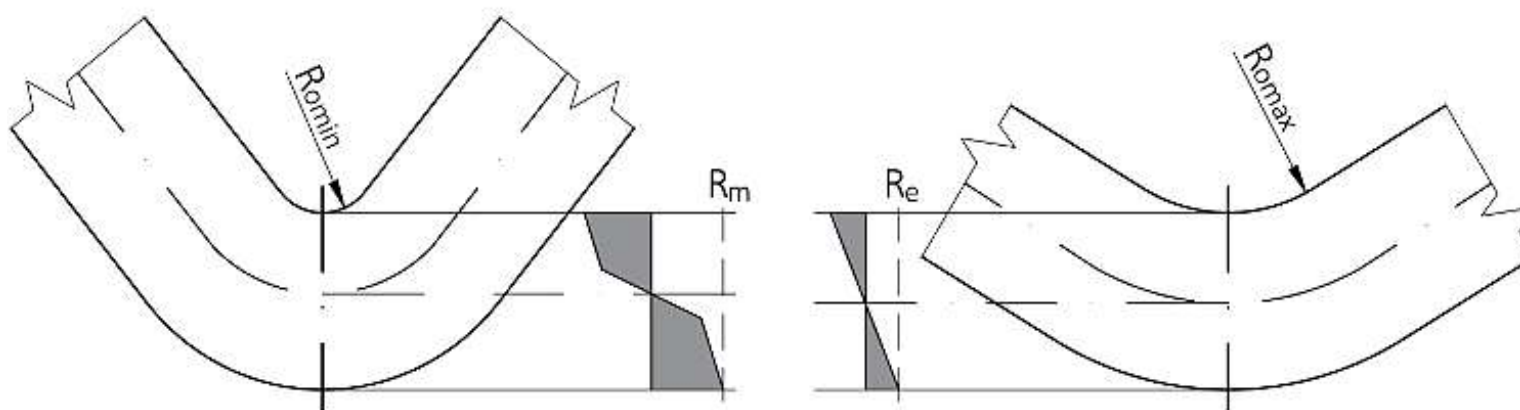
# Fázy procesu ohýbania



## Fázy procesu ohýbania

*a – fáza pružných deformácií, b – fáza pružne-plastických deformácií,  
c – fáza úplnej plastizácie prierezu materiálu, e – elastické jadro*

# Proces ohýbania – polomer ohybu



**Minimálny polomer ohybu**

$$r_{min} = \frac{s_0}{2} \left( \frac{1}{\varepsilon_m} - 1 \right)$$

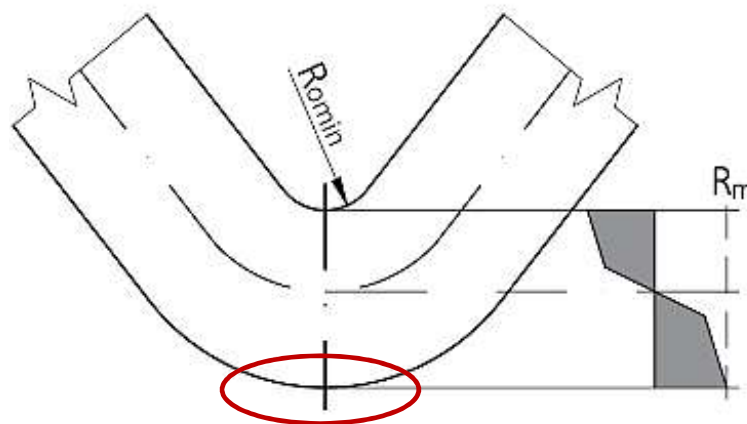
**Maximálny polomer ohybu**

$$r_{max} = \frac{s_0}{2} \frac{E}{R_e} - \frac{s_0}{2} = \frac{s_0}{2} \left( \frac{1}{\varepsilon_e} - 1 \right)$$

# Proces ohýbania – polomer ohybu

## Minimálny polomer ohybu

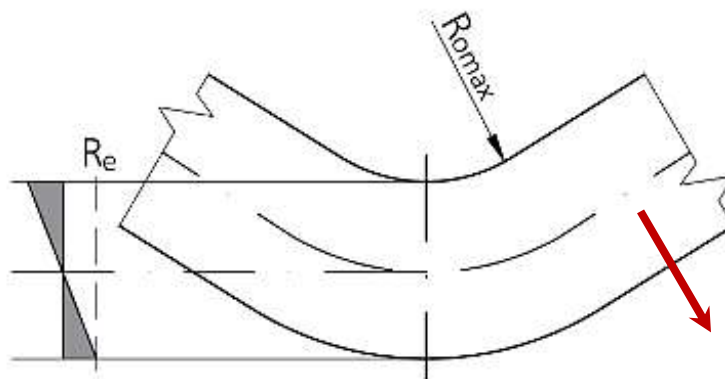
Veľkosť minimálneho polomeru ohybu je závislá od niekoľkých parametrov, a to najmä: mechanické vlastnosti materiálu, geometria a spôsob ohýbania. Pri nedodržaní minimálneho polomeru ohybu, napätie vo vonkajších naťahovaných vrstvách prekročí hodnotu pevnosti v ťahu a *dochádza ku porušeniu súdržnosti materiálu*.



# Proces ohýbania – polomer ohybu

## Maximálny polomer ohybu

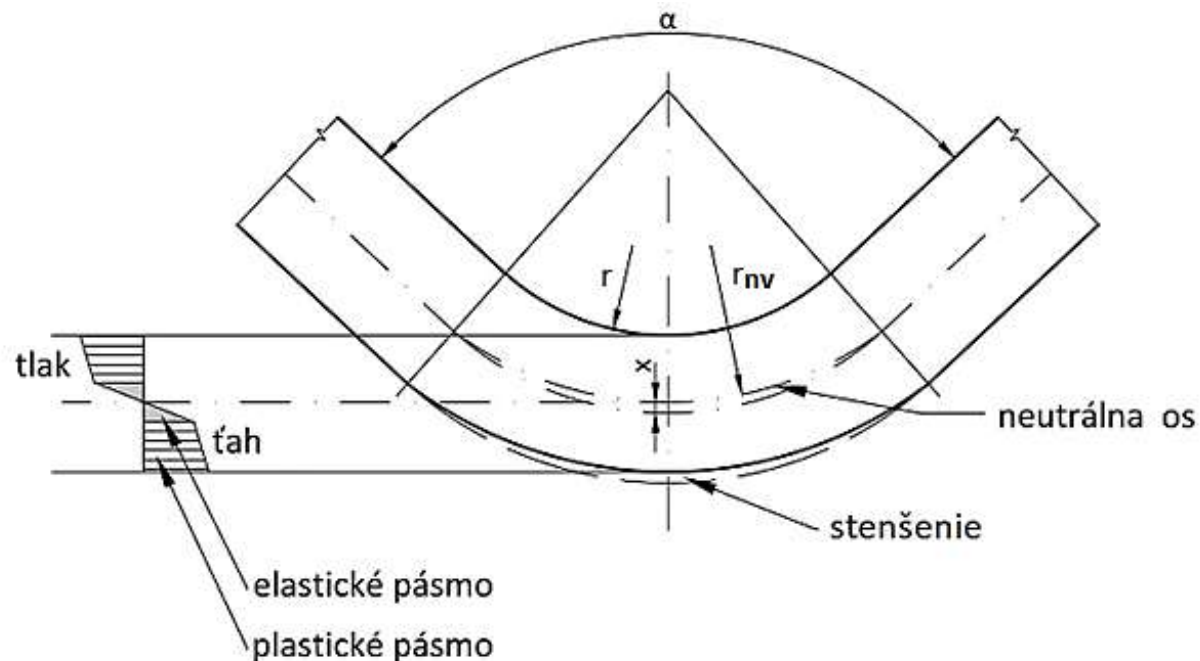
Pri ohýbaní sa postupne zvyšuje napätie v materiáli, až presiahne medzu sklzu, kde sa ohyb stáva trvalým (dochádza ku plastickým deformáciám). Pri veľkých polomeroch ohybu môže dôjsť ku stavu, kedy napätie v materiáli neprekročí medzu sklzu a *po odľahčení sa materiál vráti do pôvodného tvaru*.



# Proces ohýbania – neutrálna vrstva

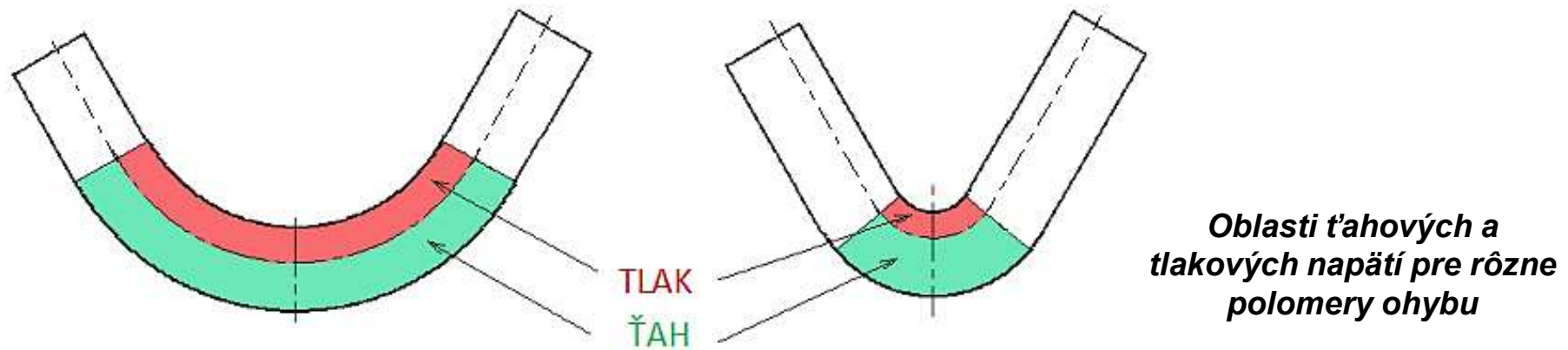
Ak  $r/s_0 \geq 12$

$$r_{nv} = r + \frac{s_0}{2}$$



Mení sa pomer ťahových a tlakových napätí v deformovanom objeme materiálu v prospech ťahových napätí, v ktorom dôjde aj k výraznému pretvoreniu materiálu.

# Proces ohýbania – neutrálna vrstva



Ak  $r/s_0 \leq 6$

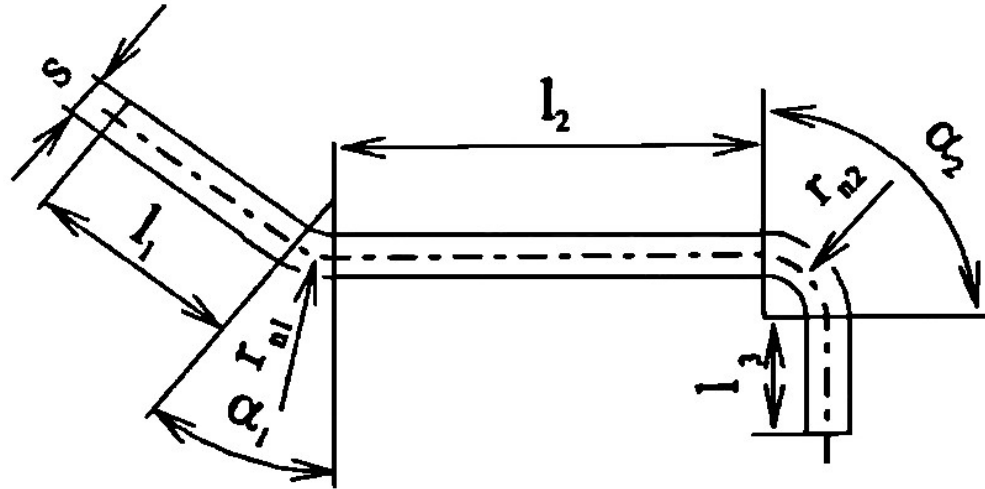
$$r_{nv} = r + x \cdot s_0$$

**Súčiniteľ posunutia neutrálnej vrstvy**

Pomerný polomer ohybu ( $r/s_0$ )	0,5	0,75	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	10,0
Súčiniteľ posunu neutrálnej osy ( $x$ )	0,380	0,400	0,420	0,445	0,470	0,475	0,478	0,486

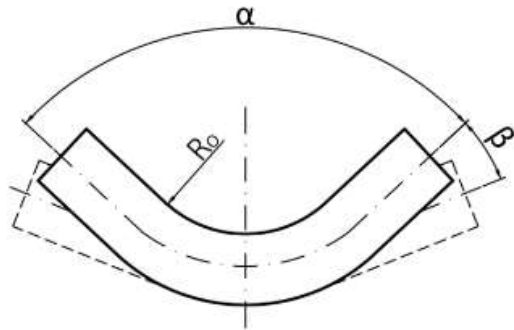


# Ohýbanie – výpočet veľkosti / dĺžky polotovaru



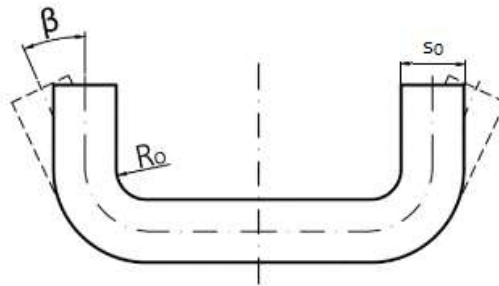
$$L_p = \sum_{i=1}^n l_i + \sum_{j=1}^k l_{\rho j} \quad \rightarrow \quad l_{\rho j} = \frac{\pi \alpha_j \rho_j}{180}$$

# Ohýbanie – uhol odprużenia



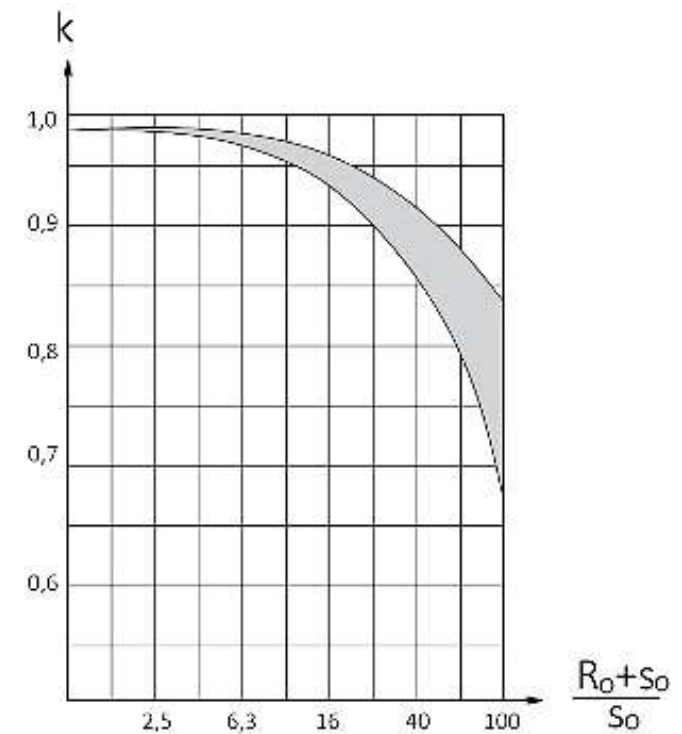
Ohýbanie do tvaru “V”

$$\operatorname{tg} \beta = 0,375 \frac{l_v}{k s_0} \frac{R_e}{E}$$

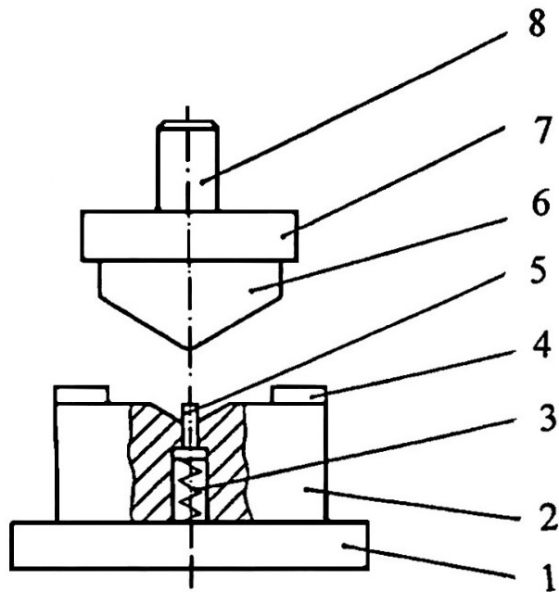


Ohýbanie do tvaru “U”

$$\operatorname{tg} \beta = 0,75 \frac{l_u}{k s_0} \frac{R_e}{E}$$

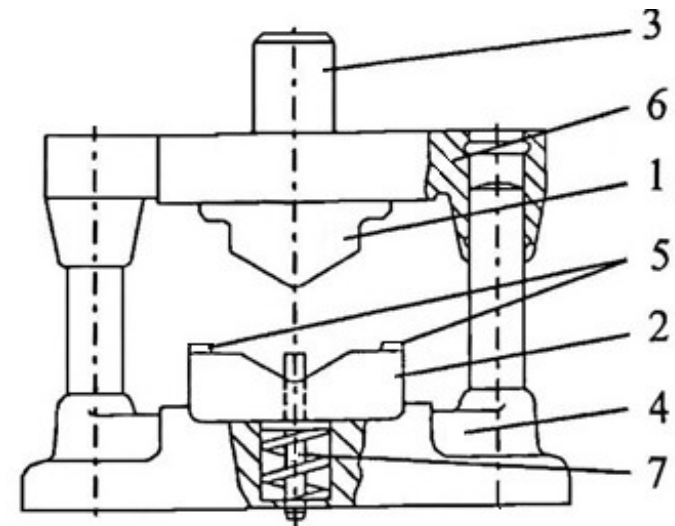


# Nástroje na ohýbanie v liso



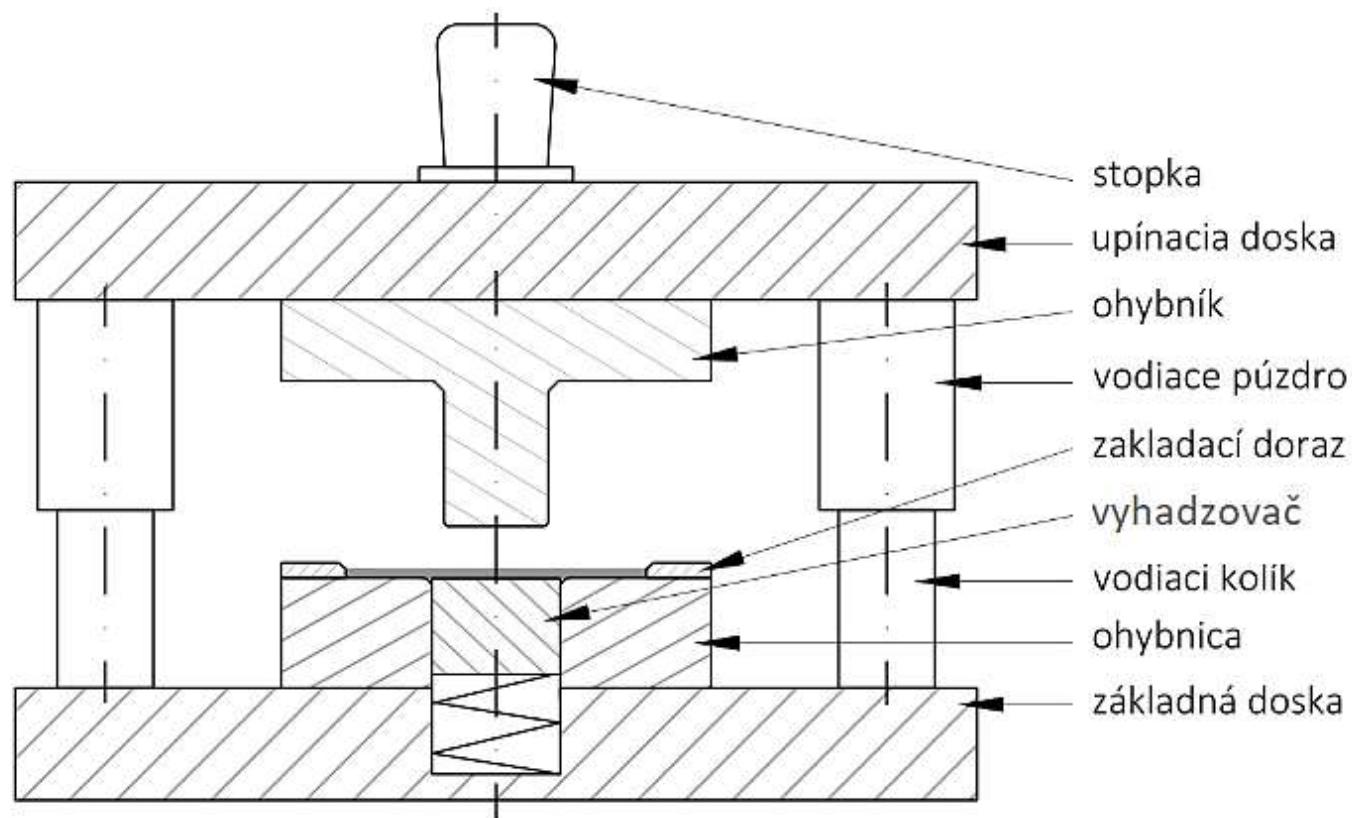
**Jednoduché ohýbadlo do tvaru „V“**

1 – základová doska, 2 – ohybnica,  
3 – pružina, 4 – základací doraz,  
5 – vyhadzovač, 6 – ohybník,  
7 – upínacia doska, 8 – upínacia stopka



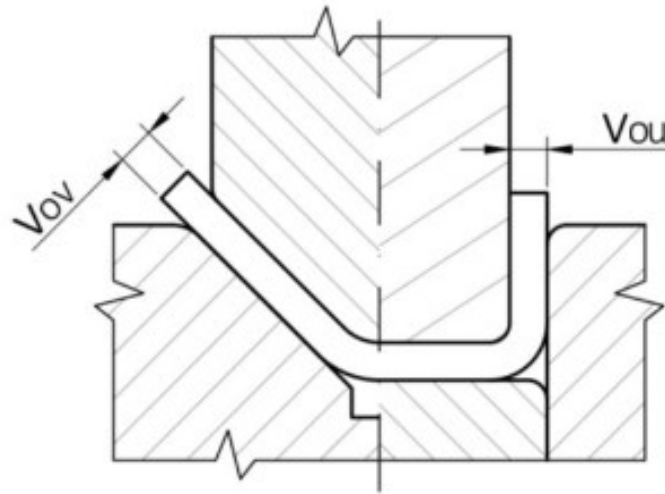
**Ohýbadlo do tvaru „V“  
s vedením s vodiacími stĺpikmi**  
1 – ohybník, 2 – ohybnica, 3 – upínacia stopka,  
4 – základová doska, 5 – základacie dorazy,  
6 – upínacia doska, 7 – vyhadzovač

# Nástroje na ohýbanie v liso



*Jednoduché ohýbadlo **do tvaru „U“** s vedením s vodiacimi stĺpikmi*

# Ohýbanie – ohybová vôľa

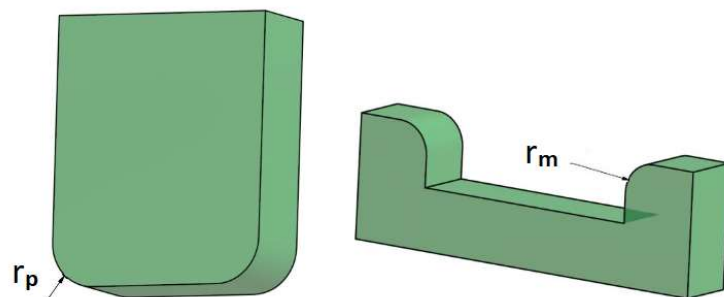


Na konštrukciu ohýbadiel je podstatná vôľa ( $v_{ov} / v_{ou}$ ) medzi ohybníkom a ohybnicou. Pri jej nedodržaní hrozí poškodenie nástrojov, prípadne stroja (utrhnutie poistiek). Vôľa je závislá od tvaru ohybu:

*Ohyb do tvaru V:*  $v_{ov} = s_0$

*Ohyb do tvaru U:*  $v_{ou} = (1,05 \text{ až } 1,15) \cdot s_0$

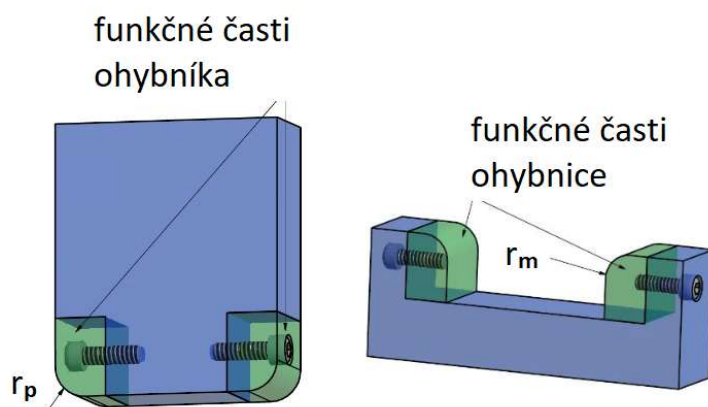
# Ohýbanie – ohybník ohybnica



a

Ohybnica sa volí s vyššou pevnosťou ako pevnosť ohybníka.

Funkčné plochy ohybníka a ohybnice sa navrhujú rovnako na drsnosť  $Ra = (0,4 \text{ až } 0,8) \mu\text{m}$ .



b

**Konštrukčné typy činných častí  
ohýbacích nástrojov**

*a – celistvé, b – vložkované*

# **ZÁKLADY VÝROBNÝCH TECHNOLOGIÍ I.**

## **Ohýbanie**

e-mail: [jana.sugarova@stuba.sk](mailto:jana.sugarova@stuba.sk)