

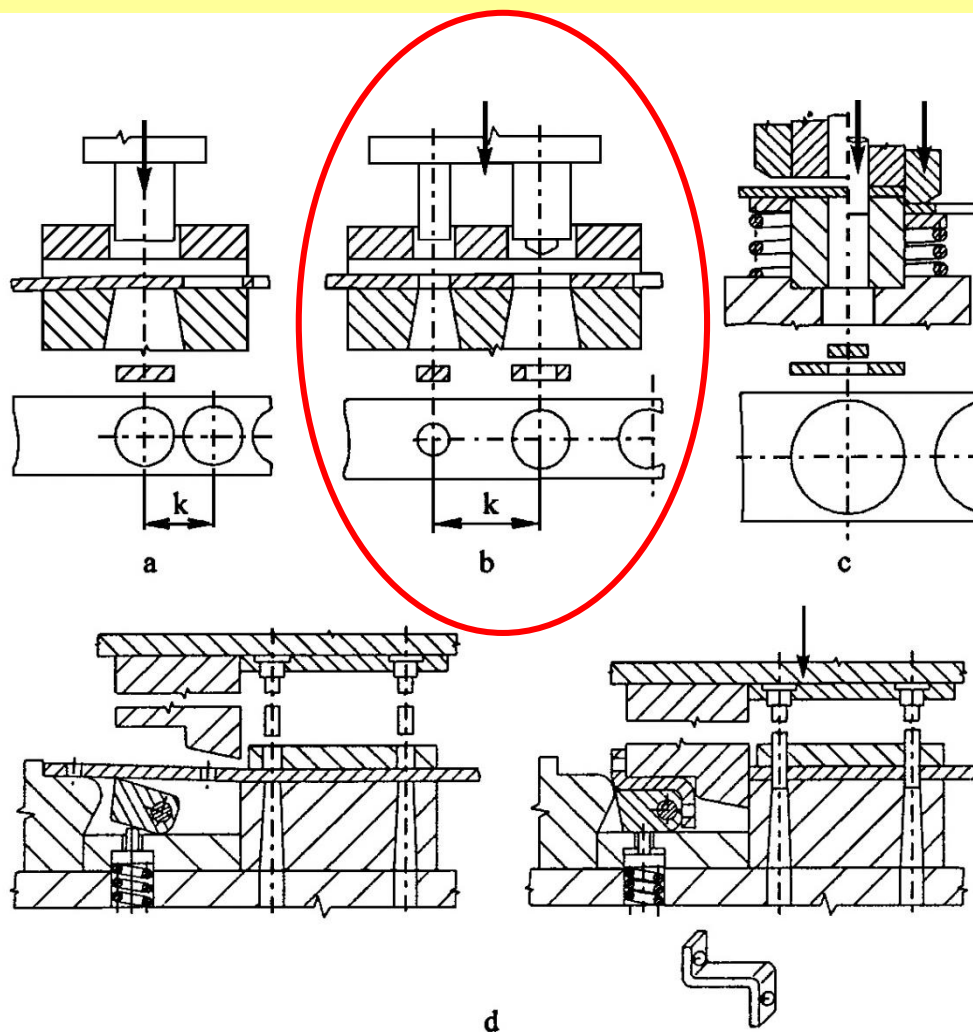
# **PROGRESÍVNE METÓDY TVÁRNENIA**

**KEGA 026STU-4/2023**

„Implementácia inovatívnych foriem učenia a praktického tréningu do vzdelávania v oblasti výrobných technológií a výrobného manažmentu s cieľom zvýšiť atraktivnosť štúdia a podporiť rozvoj prierezových kompetencií absolventov“

**Strihanie**

# Nástroje na strihanie



**Principiálne schémy strižných nástrojov**

- a – jednoduchý,
- b – postupový,
- c – zlúčený,
- d – združený, k – krok

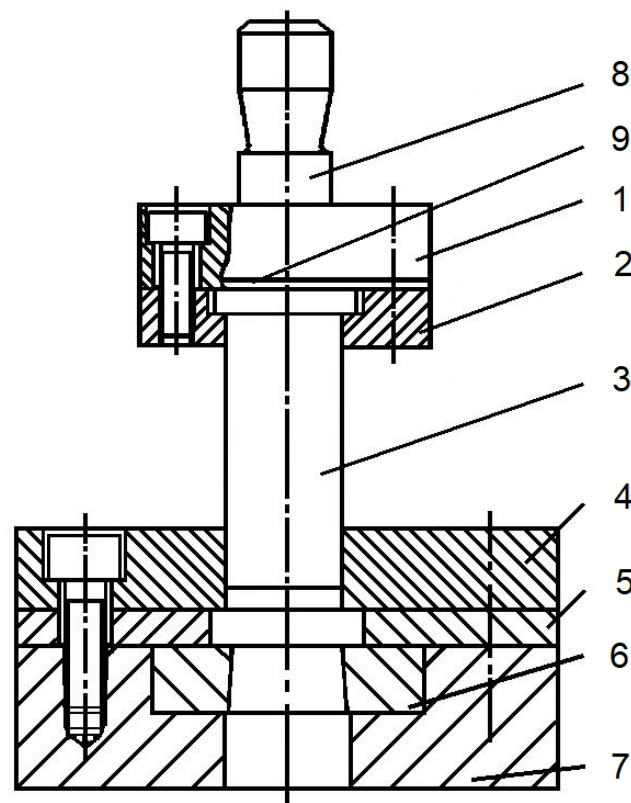
# Jednoduchý strižný nástroj

Strižné nástroje sú:

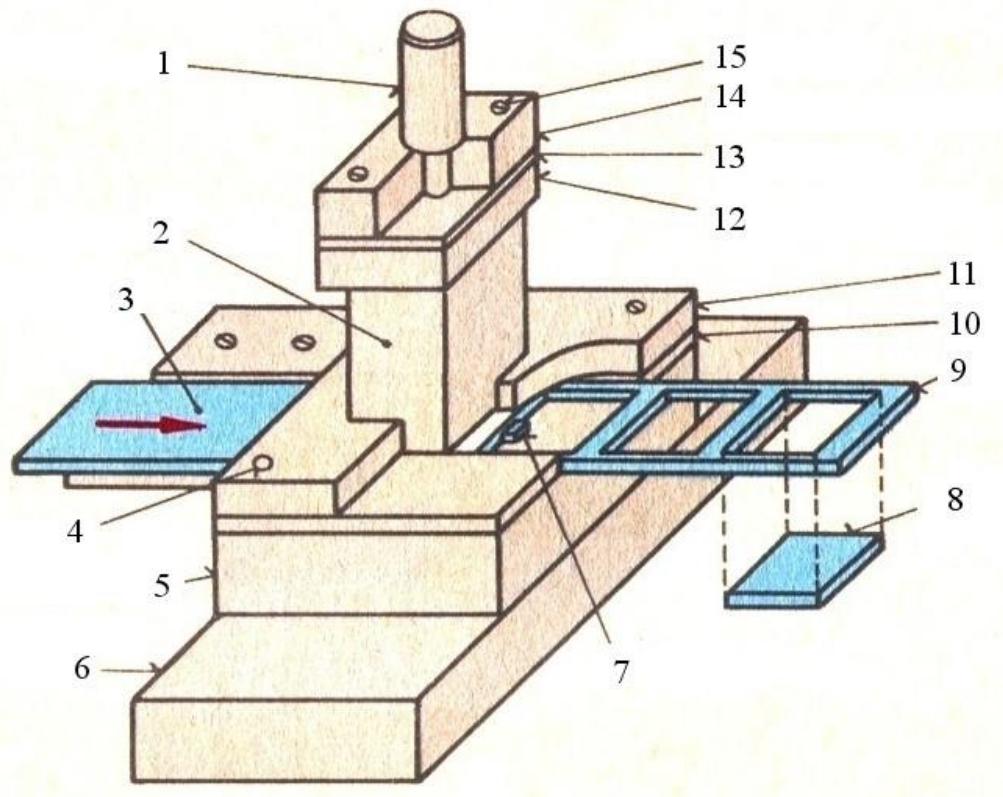
- **Otvorené** nástroje (bez vedenia strižníka voči strižnici),
- **Uzatvorené** nástroje (**strižník je vedený voči strižnici**, napr. vodiacou doskou, vodiacimi stĺpikmi, strižnicou a iné).

## **Jednoduchý *uzatvorený* strižný nástroj**

- 1 – horná upínacia doska, 2 – dolná upínacia doska,  
3 – strižník, 4 – vodiaca doska, 5 – vodiace lišty,  
6 – strižnica, 7 – základová doska, 8 – upínacia stopka,  
9 – oporná doska



# Nástroje na strihanie



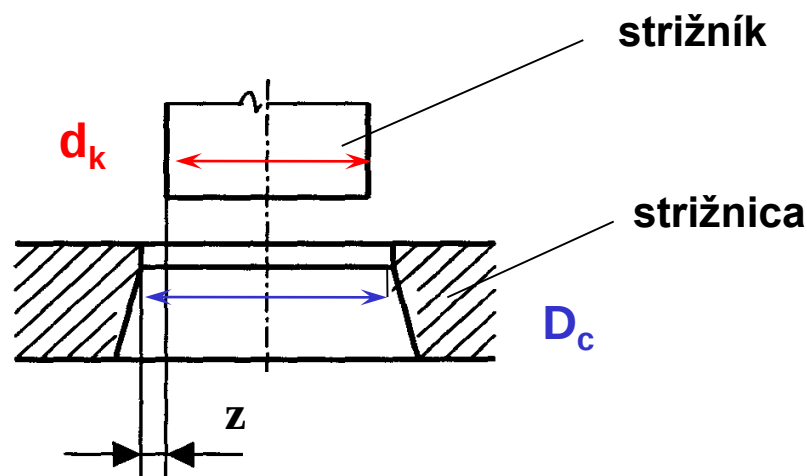
## ***Uzatvorený strižný nástroj (s vedením strižníka voči strižnici)***

- 1 – upínacia stopka,
- 2 – strižník,
- 3 – polotovár (pás plechu),
- 4 – kolík,
- 5 – strižnica,
- 6 – základová doska,
- 7 – doraz,
- 8 – výstrižok,
- 9 – odpad (perforovaný polotovár),
- 10 – vodiaca lišta,
- 11 – vodiaca doska,
- 12 – dolná upínacia doska,
- 13 – oporná doska,
- 14 – horná upínacia doska,
- 15 – skrutka

# Strihanie – strižná medzera

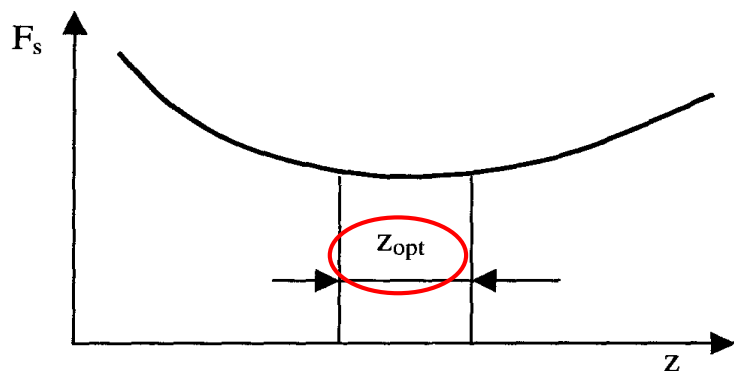
$$z(m_s) = \frac{v}{2}$$

$$v = D_c - d_k$$

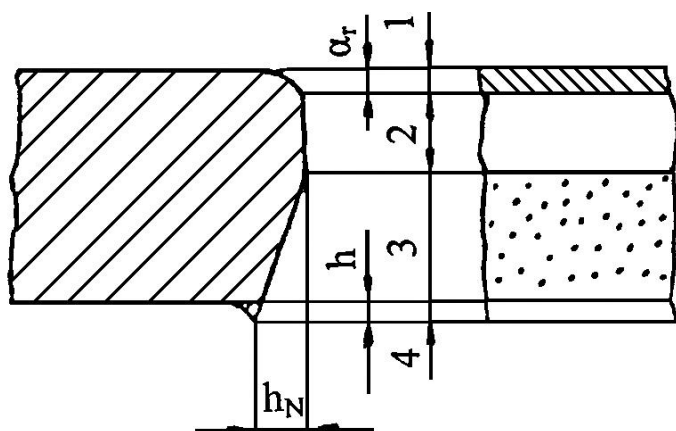


Na tvar strižnej plochy výrazne vplýva **strižná medzera  $z$** , čo je vzdialenosť medzi strižnými hranami. Pri strihaní na strižných nástrojoch sa používa pojem **strižná vôľa  $v$** . **Strižná vôľa** je rozdiel medzi rozmerom pracovných častí strižníka a strižnice. **Strižná medzera** je polovica strižnej vôle a má byť po celom obvode, medzi strižníkom a strižnicou, rovnaká.

# Strihanie – strižná medzera



$$z_{opt} = (0,03 \text{ až } 0,12)s_0$$



## Tvar a kvalita strižnej plochy

- 1 – pásmo zaoblenia ( $0,06s_0$ ),
  - 2 – pásmo plastického strihu ( $0,1s_0$ ),
  - 3 – pásmo porušenia materiálu ( $0,8s_0$ ),
  - 4 – pásmo odtlačenia od strižnice ( $0,04s_0$ ),
- $\alpha_r$  – zaoblenie strižnej plochy,  $h$  – výška ostriny,  
 $h_N$  – hĺbka nerovnosti strižnej plochy

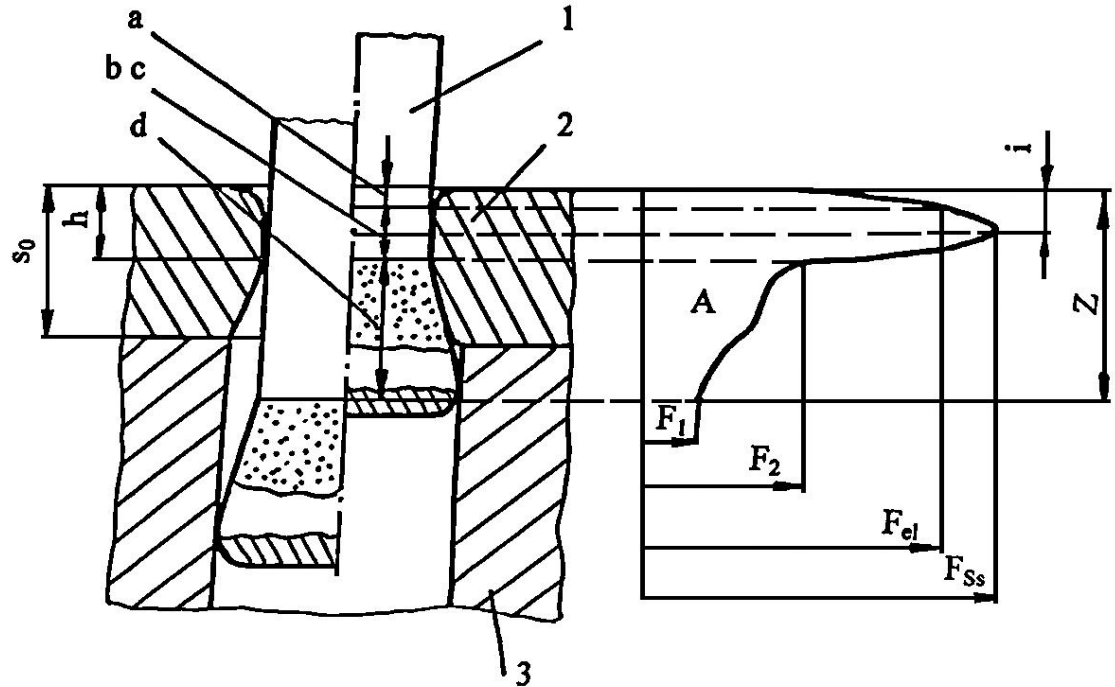
# Energosilové parametre pri strihaní

**Strižná sila**

$$F_S = kS\tau_s$$

$$S = L_{S\check{C}}S_0$$

$$k = (1,1 \text{ až } 1,3)$$

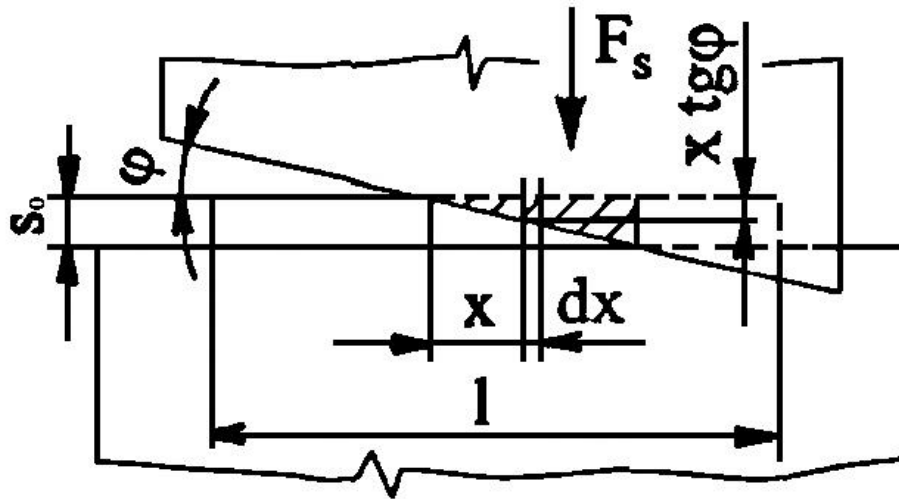


**Strižná práca**

$$A_S = F_S h \psi$$



# Energosilové parametre pri strihaní tabuľovými nožnicami



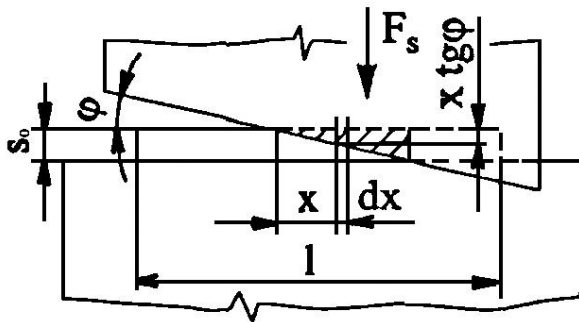
$$F_s = kS \tau_s$$

$$A_s = F_s h' \psi$$

# Strihanie šikmými nožmi – príklad

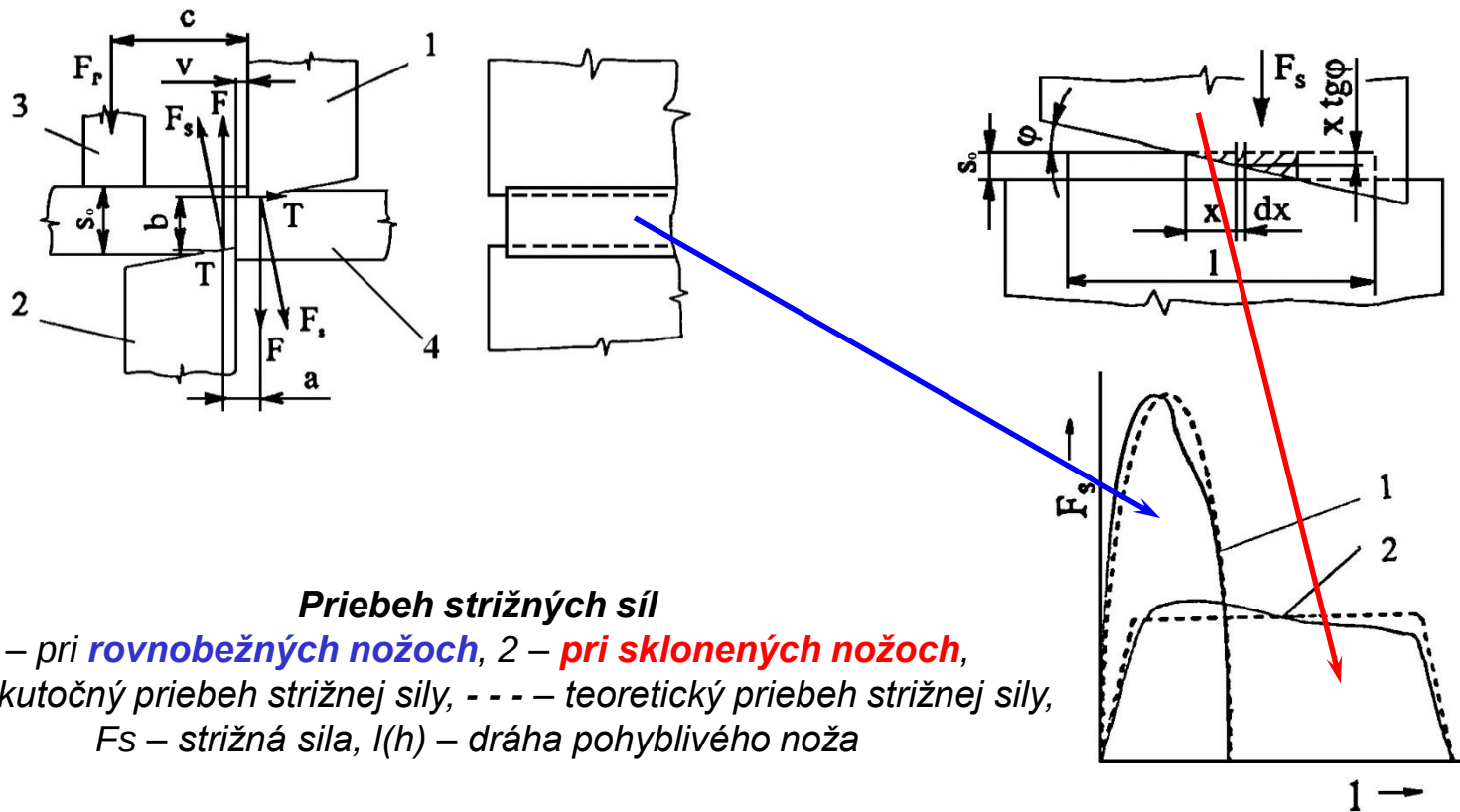
Materiál STN 41 1700 ( $R_m = 700$  až  $850$  MPa) s hrúbkou  $s_0 = 3,3$  mm,  
 $\tau_s = 502$  až  $586$  MPa,  $b = 500$  mm,  $\varphi = 4^\circ$

$$F_s = kS\tau_s = 1,3 \cdot \frac{1}{2} \frac{3,3^2}{\tan 4} \cdot 586 = 35\,100 \text{ N} = 35,1 \text{ kN}$$



$$A_s = F_s h' \psi = 35,1 \cdot (3,3 + 500 \cdot \tan 4) \cdot 0,75 = 1\,007 \text{ J}$$

# Strihanie šikmými nožmi – príklad

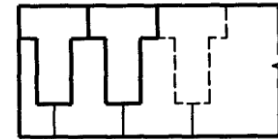
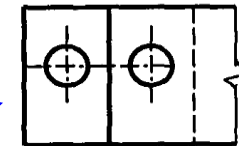
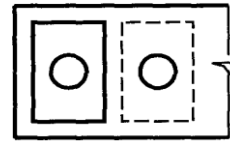


# Nástrihový plán

Nástrihové plány (NP) delíme:

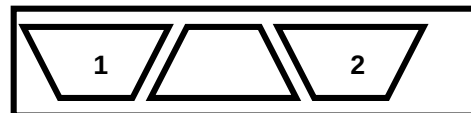
- podľa druhu odpadu na:

- NP s odpadom,
- NP s čiastočným odpadom,
- NP bez odpadu.

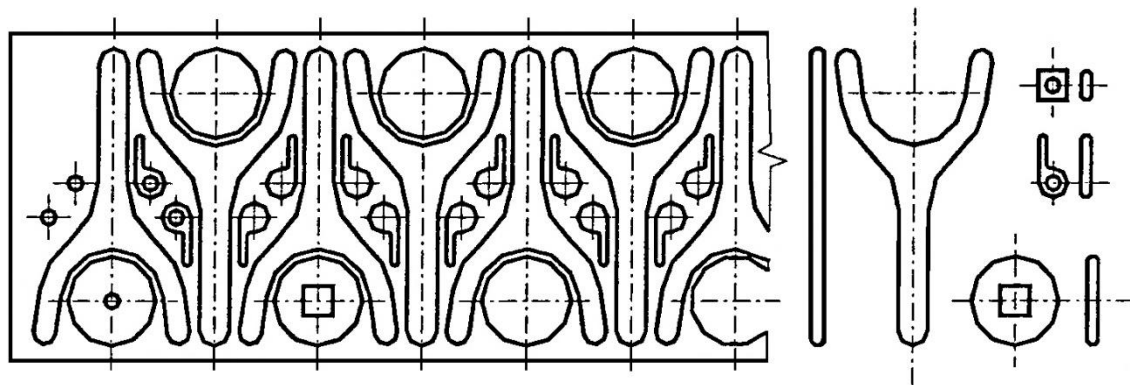
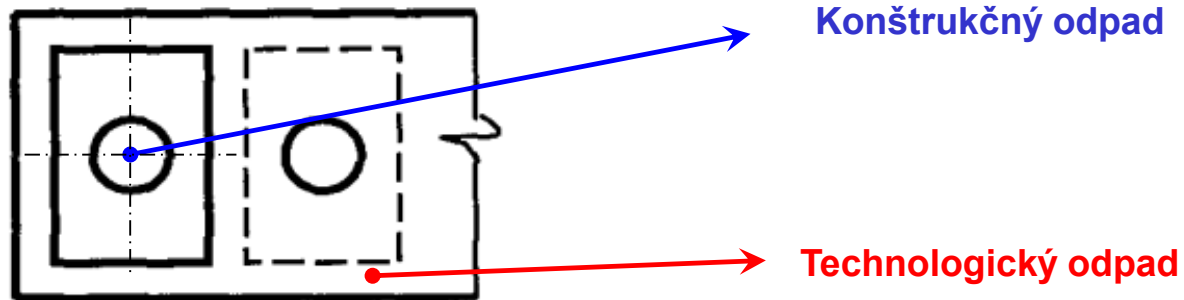


- podľa počtu radov na:

- jednoradový NP,
- dvojradový NP,
- viacradový NP,
- s otáčaním pásu.



# Nástrihový plán



# Nástrihový plán – využitelnosť polotovaru (VP)

$$\eta = \frac{nS_v}{S_p} 100 \text{ (\%)}$$

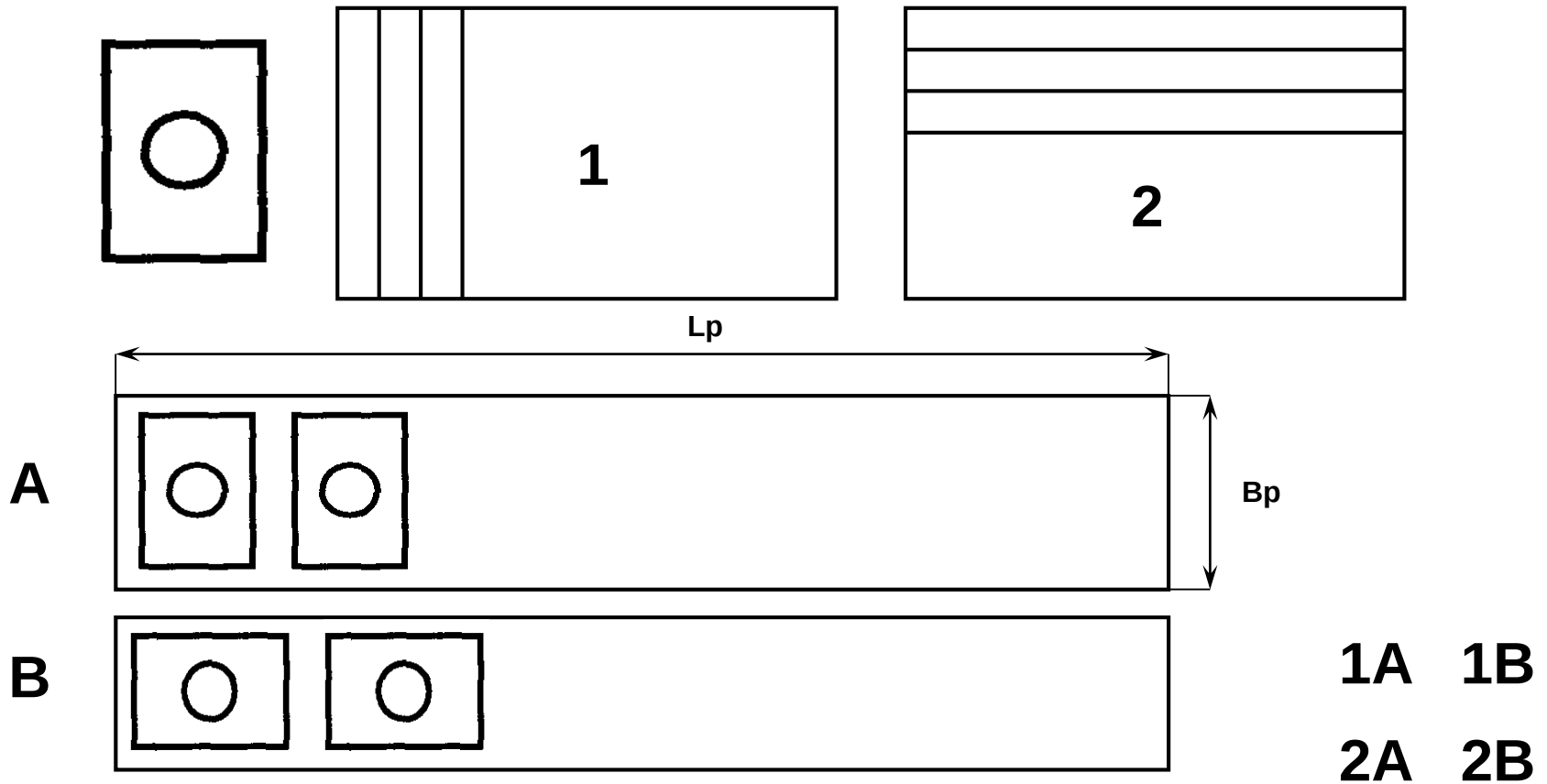
VP na páse

$$\eta = \frac{nS_{\text{výstrižku}}}{S_{\text{pásu}}} 100 \text{ (\%)}$$

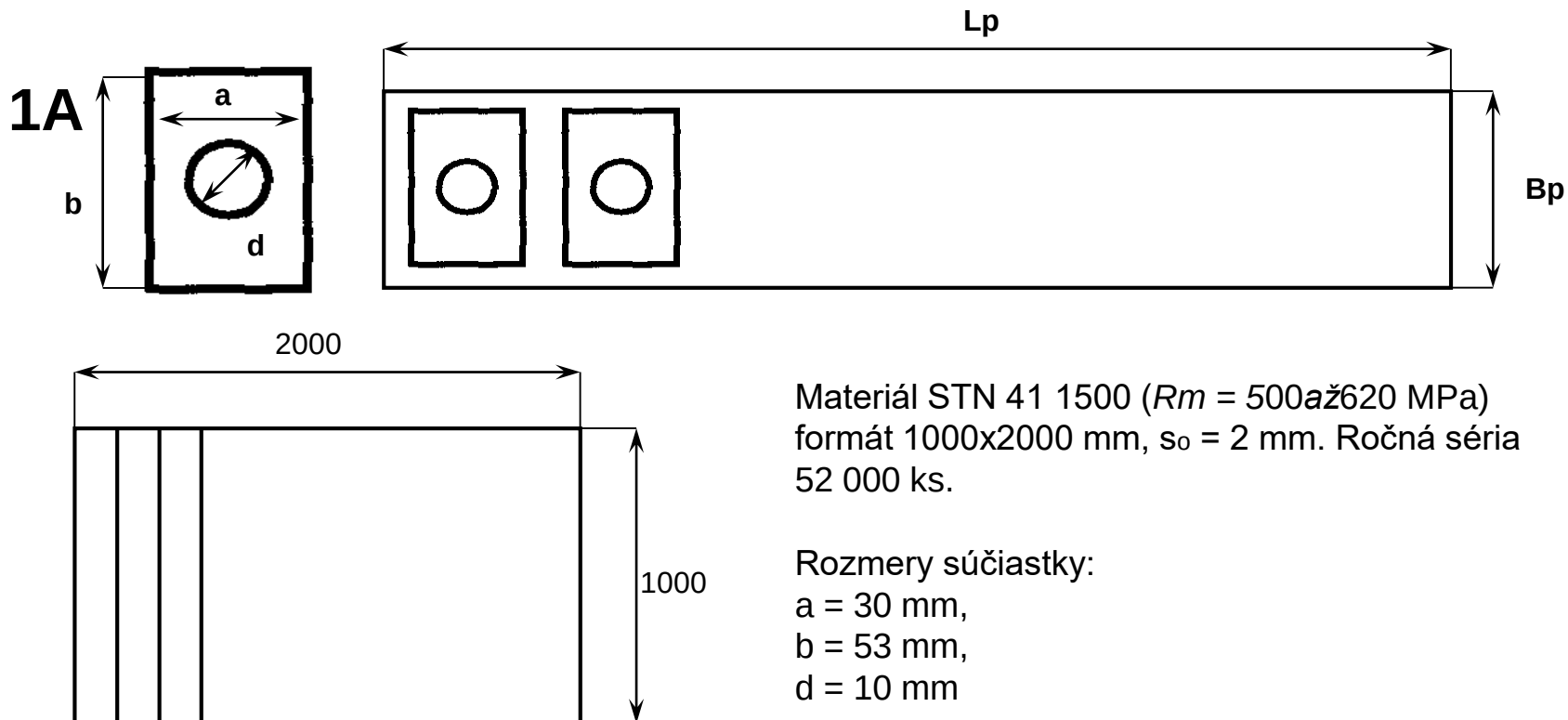
VP na tabuli

$$\eta = \frac{n_t n_p S_{\text{výstrižku}}}{S_{\text{tabule}}} 100 \text{ (\%)}$$

# Nástrihový plán – príklad



# Nástrihový plán – príklad



Materiál STN 41 1500 ( $R_m = 500$  až  $620$  MPa)  
formát  $1000 \times 2000$  mm,  $s_o = 2$  mm. Ročná séria  
52 000 ks.

Rozmery súčiastky:

$a = 30$  mm,

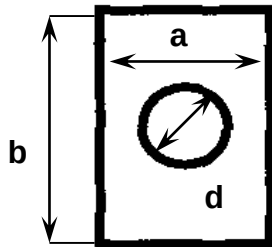
$b = 53$  mm,

$d = 10$  mm



# Nástrihový plán – príklad

1A



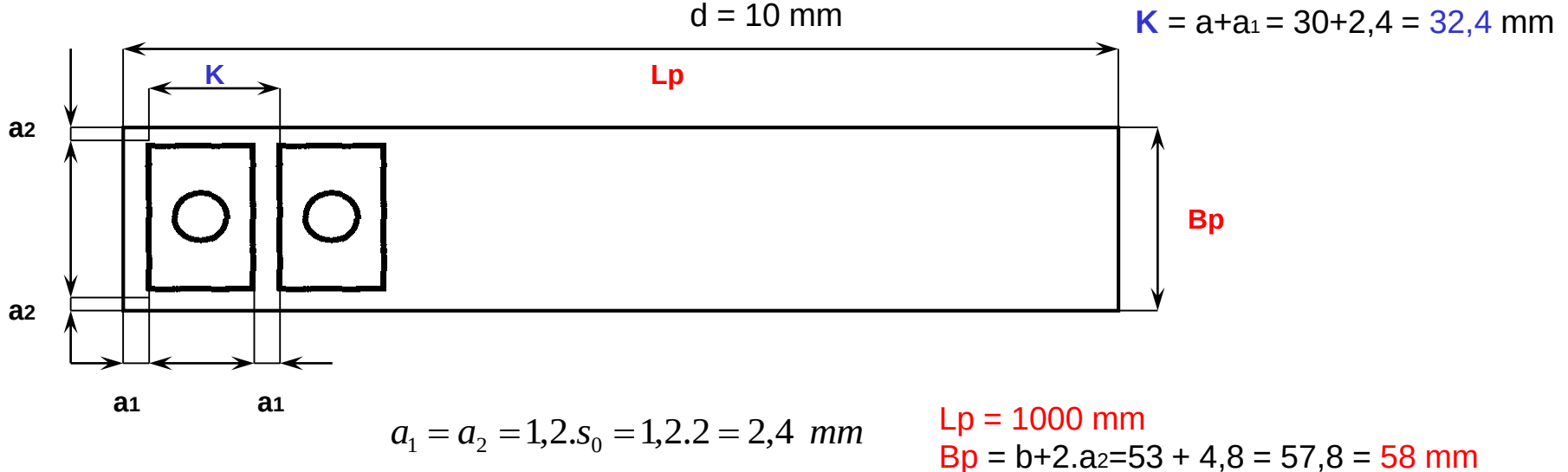
Materiál STN 41 1500 ( $R_m = 500$  až  $620$  MPa)  
formát  $1000 \times 2000$  mm,  $s_0 = 2$  mm. Ročná séria  
52 000 ks.

Rozmery súčiastky:

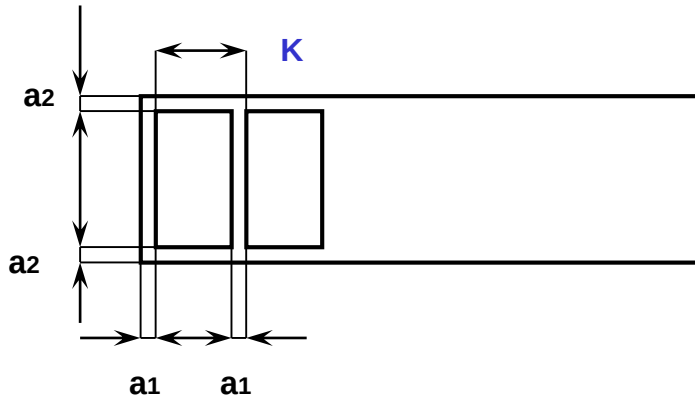
$a = 30$  mm,

$b = 53$  mm,

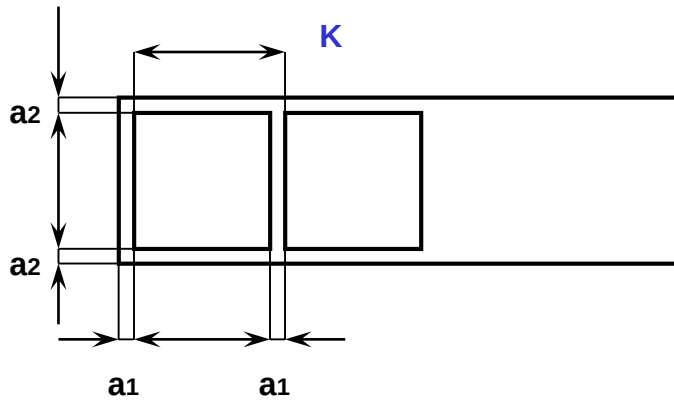
$d = 10$  mm



# Nástrihový plán – príklad

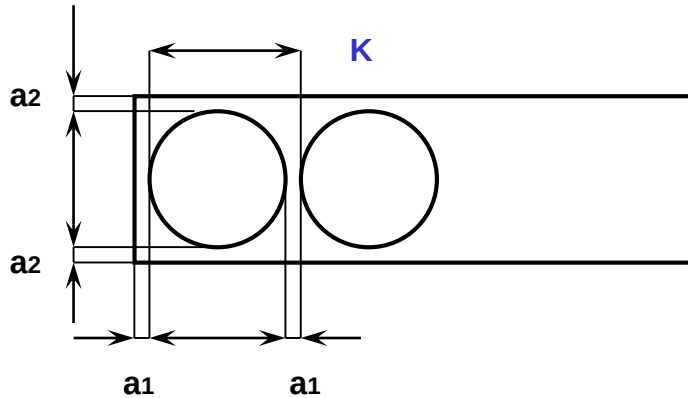


$$a_1 = a_2 = 1,2 \cdot s_0$$

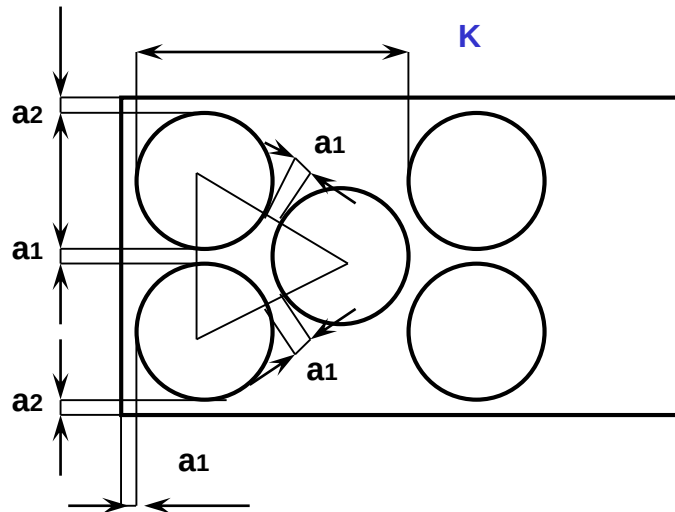


$$a_1 = a_2 = s_0$$

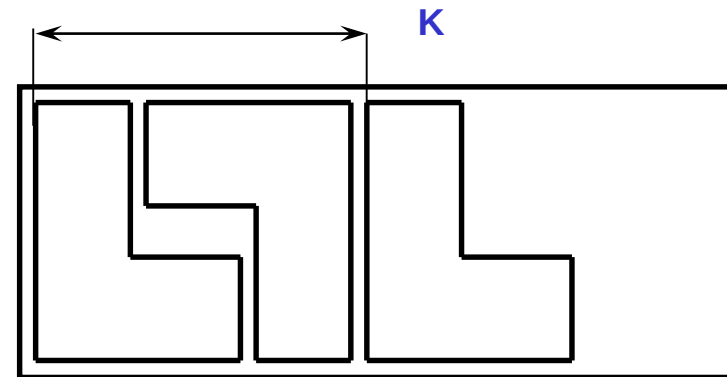
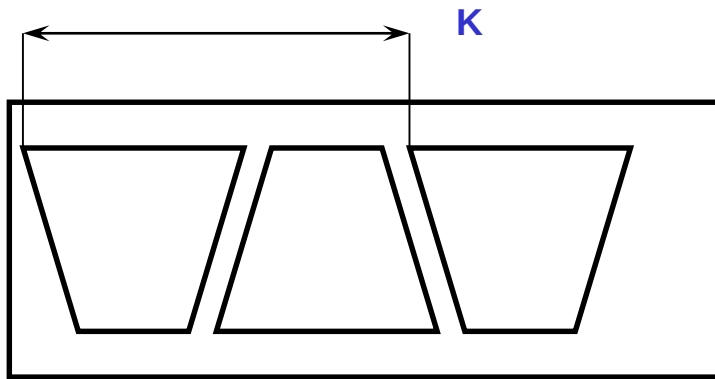
# Nástrihový plán – príklad



$$a_1 = a_2 = 0,8.s_0$$

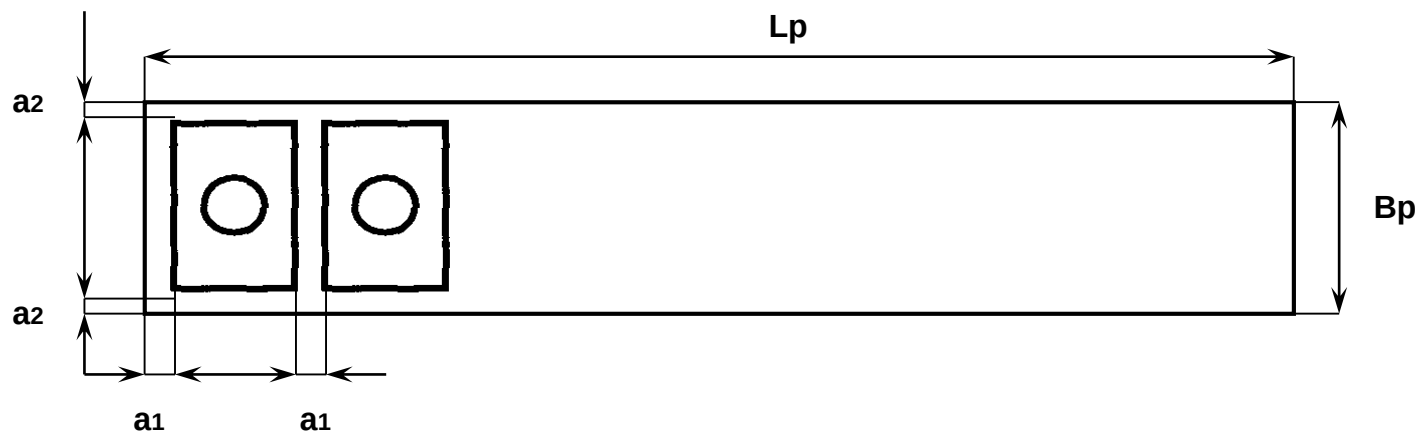


# Nástrihový plán – príklad



# Nástrihový plán – príklad

1A



Rozmery pásu:

$$L_p = 1000 \text{ mm}$$

$$B_p = b + 2 \cdot a_2 = 53 + 4,8 = 57,8 = 58 \text{ mm}$$

Počet pásov z tabule:

$$n_t = 2000 : 58 = 34,48 = 34 \text{ ks}$$

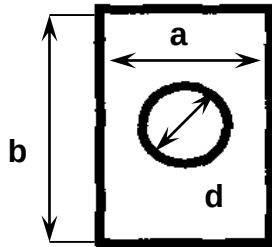
Počet výstrižkov na páse:

$$n_p = 1000 : 32,4 = 30,8 = 30 \text{ ks}$$

$$a_2 = 1,2 \cdot s_0 = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ mm}$$

# Nástrihový plán – príklad

1A



Materiál STN 41 1500 ( $R_m = 500$  až  $620$  MPa)  
formát  $1000 \times 2000$  mm,  $s_0 = 2$  mm. Ročná séria  
52 000 ks.

Rozmery súčiastky:

$a = 30$  mm,

$b = 53$  mm,

$d = 10$  mm

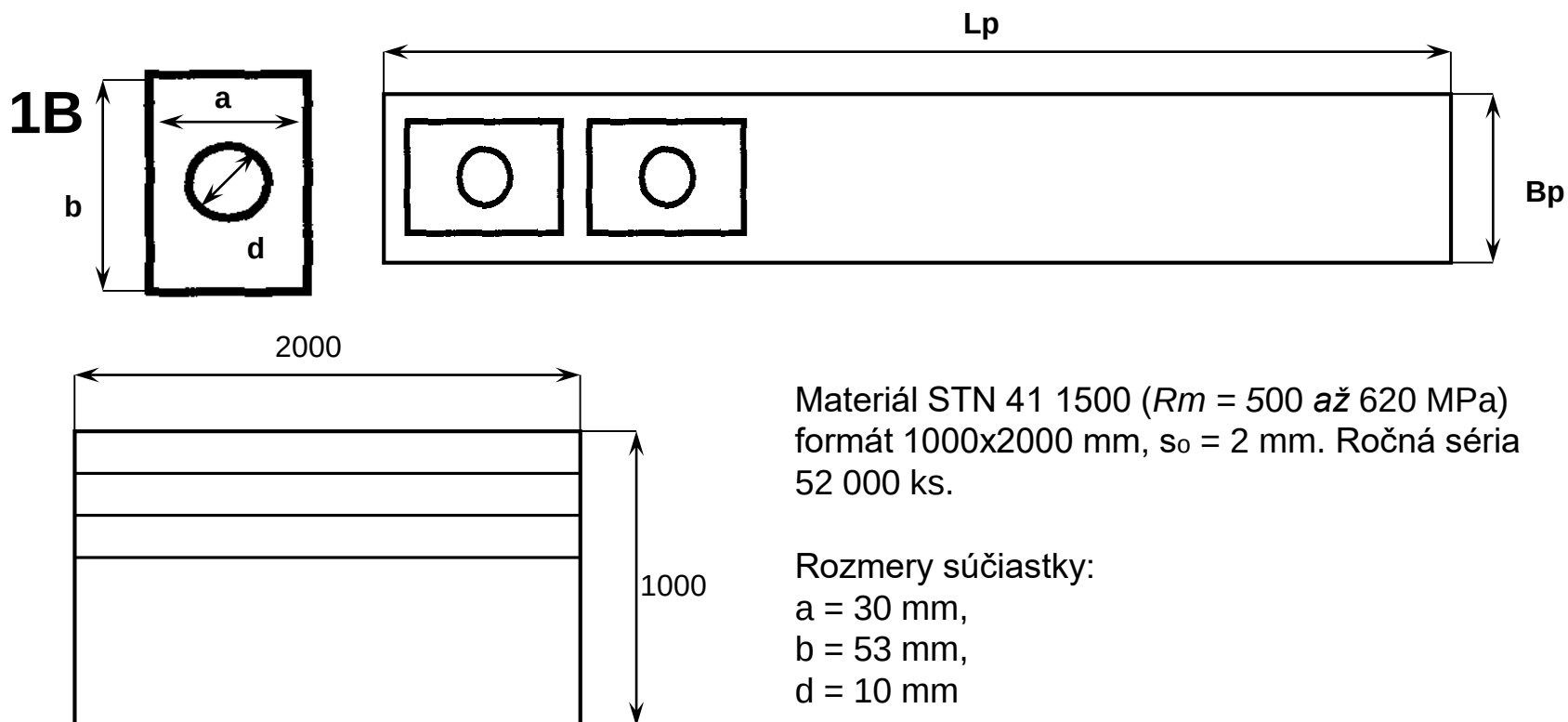
Plocha súčiastky:

$$S = a \cdot b - \frac{\pi d^2}{4} = 30 \cdot 53 - \frac{\pi 10^2}{4} = 1590 - 78,54 = 1511,46 \text{ mm}^2$$

Využitelnosť polotovaru:

$$\eta = \frac{n_t n_p S_{\text{výstrižku}}}{S_{\text{tabule}}} = \frac{34 \cdot 30 \cdot 1511,46}{1000 \cdot 2000} 100 = \frac{1541689,2}{2000000} 100 = 77,08 (\%)$$

# Nástrihový plán – príklad



Materiál STN 41 1500 ( $R_m = 500$  až  $620$  MPa)  
formát  $1000 \times 2000$  mm,  $s_o = 2$  mm. Ročná séria  
52 000 ks.

Rozmery súčiastky:

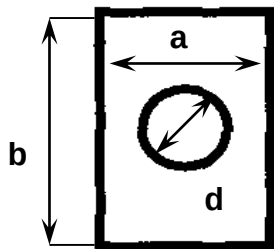
$a = 30$  mm,

$b = 53$  mm,

$d = 10$  mm

# Nástrihový plán – príklad

1B



Materiál STN 41 1500 ( $R_m = 500$  až  $620$  MPa)  
formát  $1000 \times 2000$  mm,  $s_0 = 2$  mm. Ročná séria  
52 000 ks.

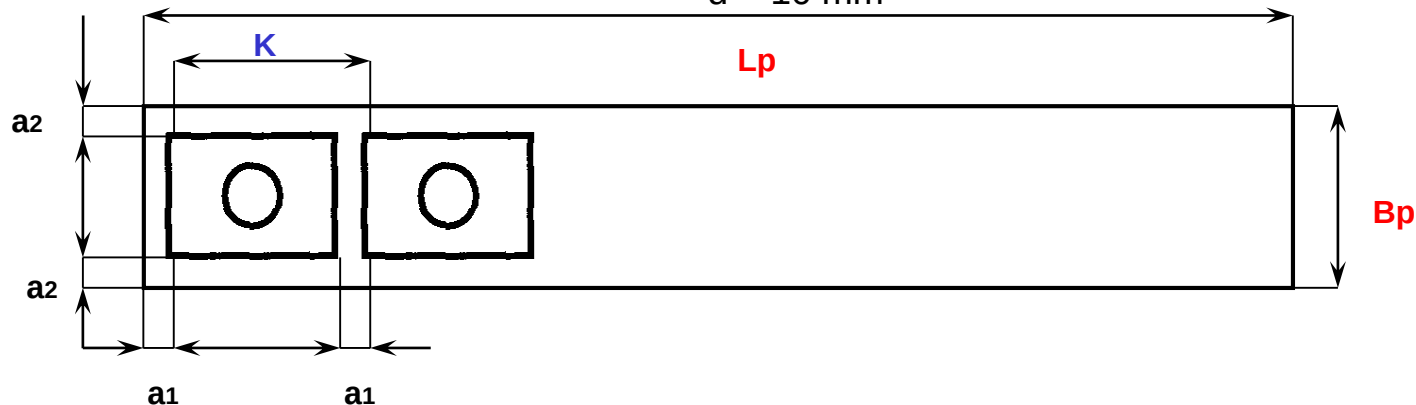
Rozmery súčiastky:

$a = 30$  mm,

$b = 53$  mm,

$d = 10$  mm

$$K = b + a_1 = 53 + 2,4 = 55,4 \text{ mm}$$



$$a_1 = a_2 = 1,2 \cdot s_0 = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ mm}$$

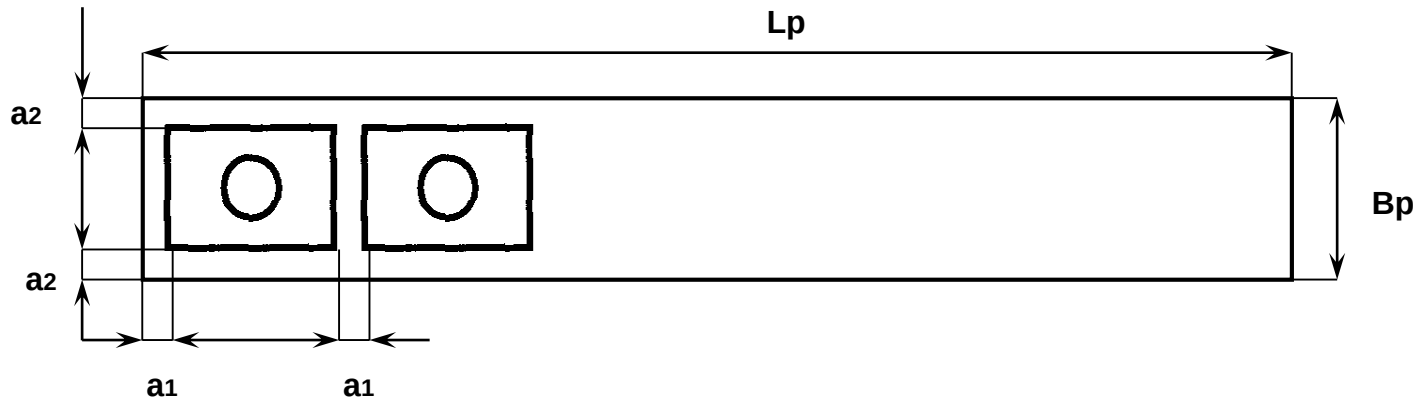
$$L_p = 1000 \text{ mm}$$

$$B_p = a + 2 \cdot a_2 = 30 + 4,8 = 34,8 = 35 \text{ mm}$$



# Nástrihový plán – príklad

1B



Rozmery pásu:

$$L_p = 1000 \text{ mm}$$

$$B_p = a + 2 \cdot a_2 = 30 + 4,8 = 34,8 = 35 \text{ mm}$$

$$a_1 = a_2 = 1,2 \cdot s_0 = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ mm}$$

Počet pásov z tabule:

$$n_t = 2000 : 35 = 57,14 = \mathbf{57 \text{ ks}}$$

Počet výstrižkov na páse:

$$n_p = 1000 : 55,4 = 18,05 = \mathbf{18 \text{ ks}}$$

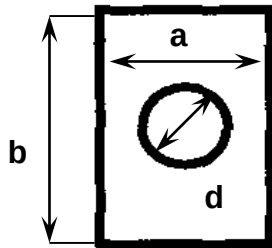
Počet tabúl' plechu:

$$\text{- súčiastok z 1 tabule: } 57 \cdot 35 = 1\,995 \text{ ks}$$

$$\text{- tabúl' plechu: } 52\,000 : 1\,995 = \mathbf{26 \text{ ks}}$$

# Nástrihový plán – príklad

1B



Materiál STN 41 1500 ( $R_m = 500$  až  $620$  MPa)  
formát  $1000 \times 2000$  mm,  $s_0 = 2$  mm. Ročná séria  
52 000 ks.

Rozmery súčiastky:

$a = 30$  mm,

$b = 53$  mm,

$d = 10$  mm

Plocha súčiastky:

$$S = a \cdot b - \frac{\pi d^2}{4} = 30 \cdot 53 - \frac{\pi 10^2}{4} = 1590 - 78,54 = 1511,46 \text{ mm}^2$$

Využitelnosť polotovaru:

$$\eta = \frac{n_t n_p S_{\text{výstrižku}}}{S_{\text{tabule}}} = \frac{57 \cdot 18 \cdot 1511,46}{1000 \cdot 2000} 100 = \frac{1550757,96}{2000000} 100 = 77,5 \text{ (\%)}$$

# Nástrihový plán – príklad

**1A** Využitelnosť polotovaru:

$$\eta = \frac{n_t n_p S_{\text{výstrižku}}}{S_{\text{tabule}}} = \frac{34.30.1511,46}{1000.2000} 100 = \frac{1541689,2}{2000000} 100 = 77,08 \text{ (\%)}$$

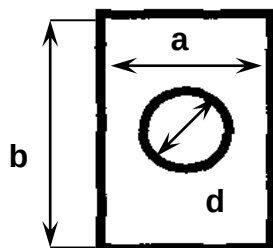
**! 1B** Využitelnosť polotovaru:

$$\eta = \frac{n_t n_p S_{\text{výstrižku}}}{S_{\text{tabule}}} = \frac{57.18.1511,46}{1000.2000} 100 = \frac{1550757,96}{2000000} 100 = \underline{77,5 \text{ (\%)}}$$

**2A a 2B**

# Voľba polotovaru a stroja – príklad

1B



Materiál STN 41 1500 ( $R_m = 500$  až  $620$  MPa) formát 1000x2000 mm,  $s_0 = 2$  mm,  $\tau_s = 390$  až  $458$  MPa.  
Ročná séria 52 000 ks.

Rozmery súčiastky:

$a = 30$  mm,

$b = 53$  mm,

$d = 10$  mm

Využitelnosť polotovaru:

$$\eta = \frac{n_t n_p S_{\text{výstrižku}}}{S_{\text{tabule}}} = \frac{57.18.1511,46}{1000.2000} 100 = \frac{1550757,96}{2000000} 100 = \underline{77,5 \%}$$

Výpočet strižnej sily:

$$F_s = k S \tau_s = k [2(a+b) + \pi d] s_0 \tau_s = 1,3 [2(30+53) + 2\pi 5] \cdot 2.458 \\ = 1,3 (166 + 31,42) \cdot 2.458 = 235087,74 \text{ N} = \underline{235,1 \text{ kN}}$$

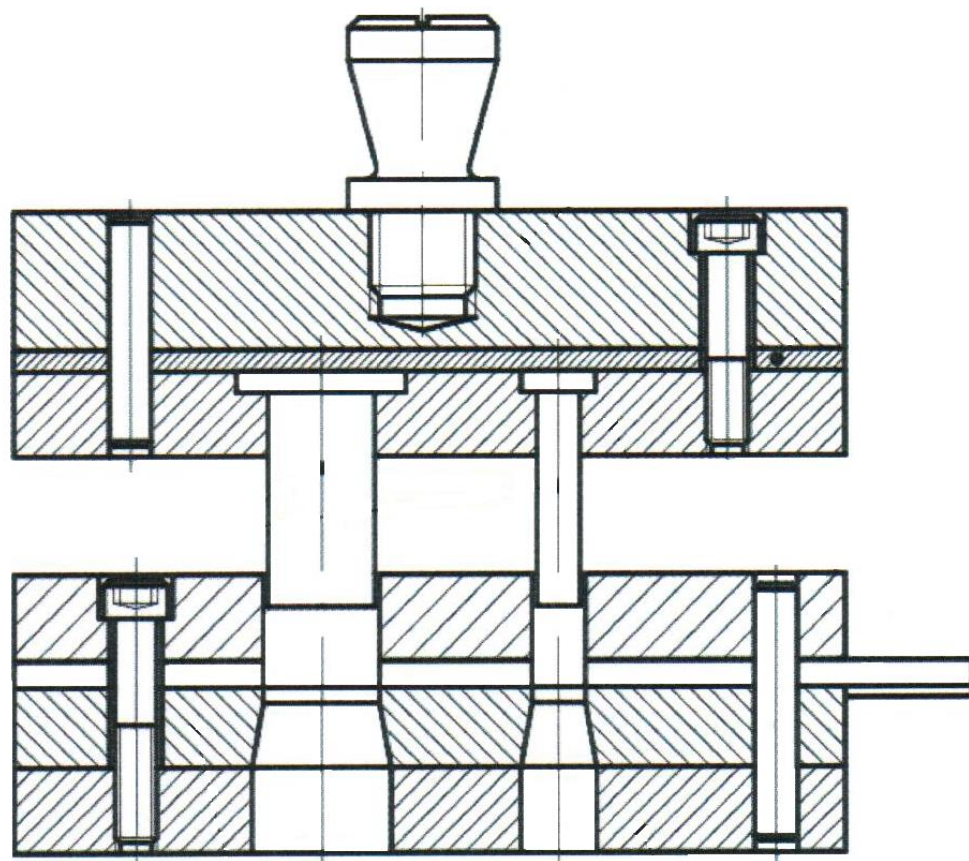
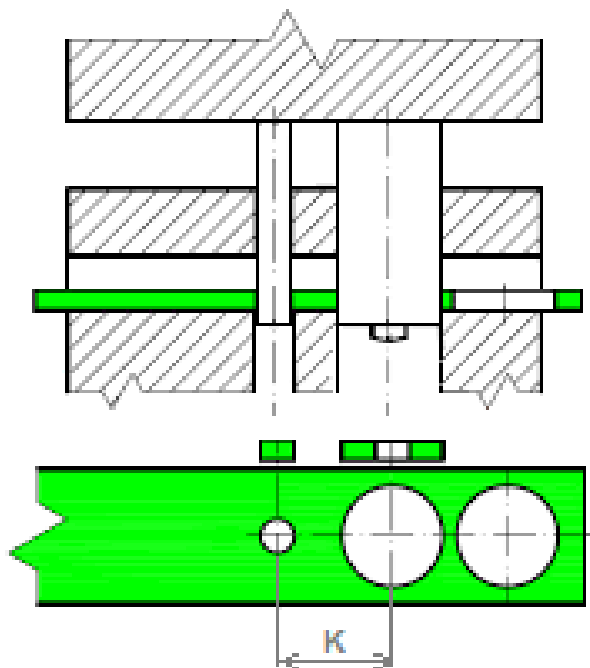
Výpočet strižnej práce:

$$A_s = F_s h \psi = 235,1 \cdot 2 \cdot 0,55 = \underline{258,61 \text{ J}}$$

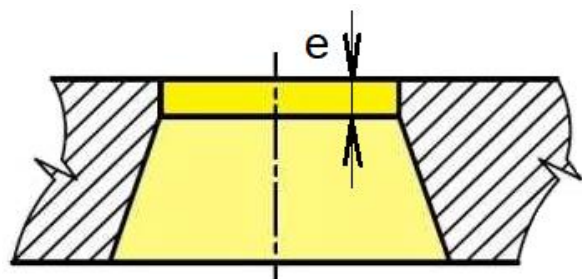
Voľba výrobného zariadenia: LEN 40P (400 kN)

Polotovarov na ročnú sériu: 26 ks tabúľ formátu 1000 x 2000 mm

# Strižný nástroj – postupový



# Strižný nástroj – strižnica

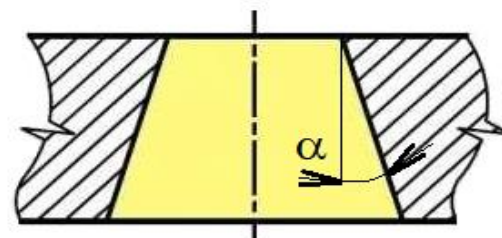


s fazetkou

Výška fazetky|strižnice

| $s_0$ (mm) | $e$ (mm) |
|------------|----------|
| < 0,5      | 3 až 5   |
| 0,5 až 5   | 5 až 10  |
| 5 až 10    | 10 až 15 |

Uhol lomenej chrbtovej plochy sa volí v rozsahu 3 až 5°.



s úkosom

Uhol strižnice s podbrúsením

| $s_0$ (mm) | $\alpha$   |
|------------|------------|
| 0,1 až 0,5 | 10' až 15' |
| 0,5 až 1,0 | 15' až 20' |
| 1,0 až 2,0 | 20' až 30' |
| 2,0 až 4,0 | 30' až 40' |
| 4,0 až 6,0 | 40' až 1°  |

# Strižný nástroj – strižnica

Približnú hrúbku strižnice  $H$  vypočítame podľa vzťahu:

$$H = (0,35 \text{ až } 0,5) b$$

kde  $b$  je šírka strihaného pásu v mm.

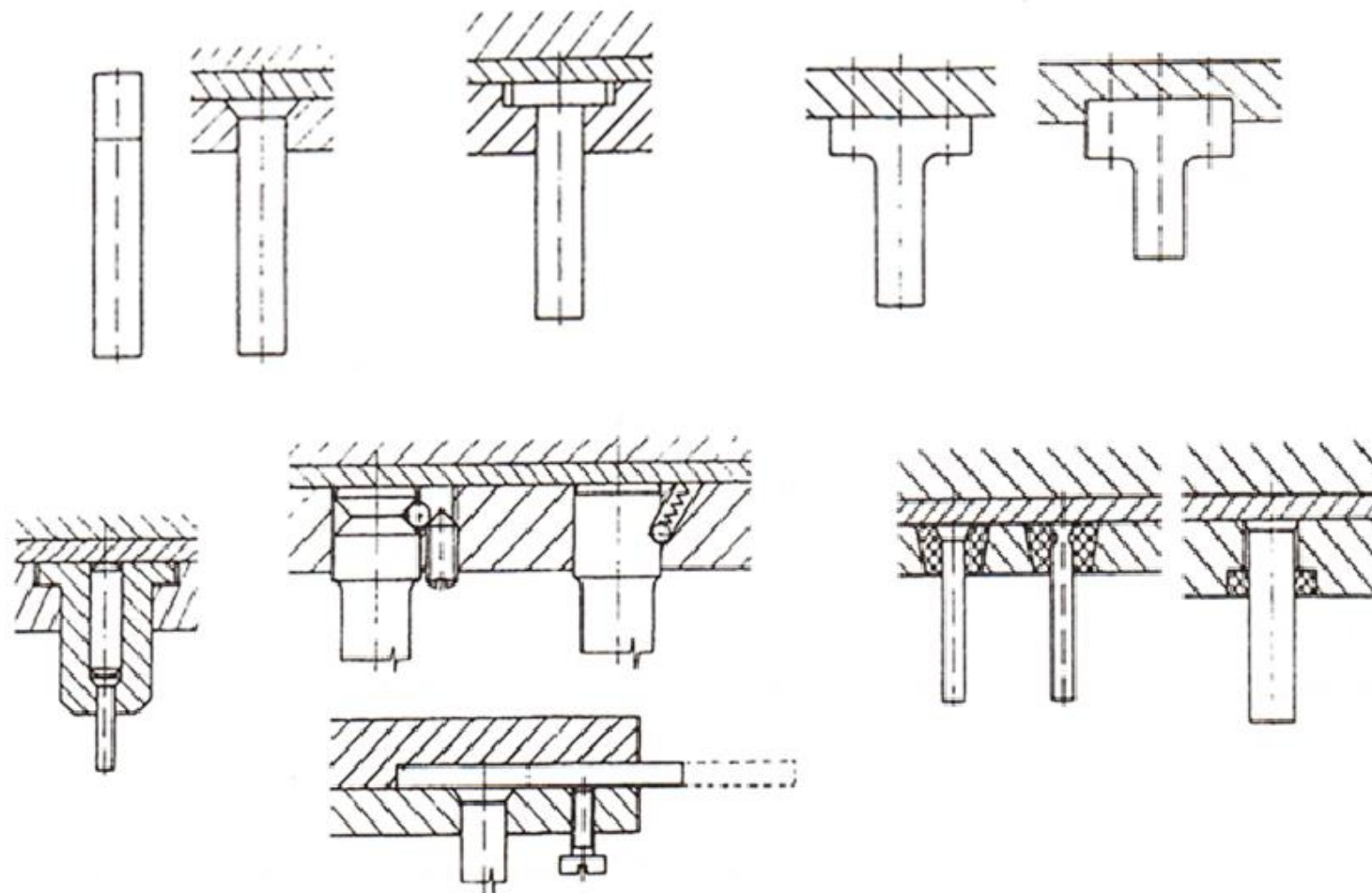
Šírku strižnice  $B$  vypočítame podľa vzťahu:

$$B = b + (2,5 \text{ až } 4)H$$

kde  $b$  je šírka pásu plechu v mm,

$H$  – hrúbka strižnice v mm.

# Strižný nástroj – strižník





# Strižný nástroj – rozmery strižnice a strižníka

Pre **vystrihovanie** platí:

$$D_c = (D_m - T_v) + T_c$$

$$d_k = (D_m - T_v - 2 \cdot m_s) - T_k$$

Pre **dierovanie** platí:

$$D_c = (D_m + T_d + 2 \cdot m_s) + T_c$$

$$d_k = (D_m + T_d) - T_k$$

Veľkosť strižnej medzery  $m_s$  sa určí podľa vzťahu:

$$m_s = \frac{C}{2} s_0 \sqrt{k_s}$$

kde  $C$  je konštanta (0,005 až 0,035),

$s_0$  – hrúbka strihaného materiálu v mm,

$k_s$  – strižný odpor v MPa.

kde  $D_c$  je rozmer strižnice v mm,

$d_k$  – rozmer strižníka v mm,

$D_m$  – rozmer menovitý (výstrižku) v mm,

$T_v$  – tolerancia výstrižku,

$T_c$  – tolerancia strižnice,

$T_k$  – tolerancia strižníka,

$m_s$  – strižná medzera v mm.

**Tolerancia strižníka h5**

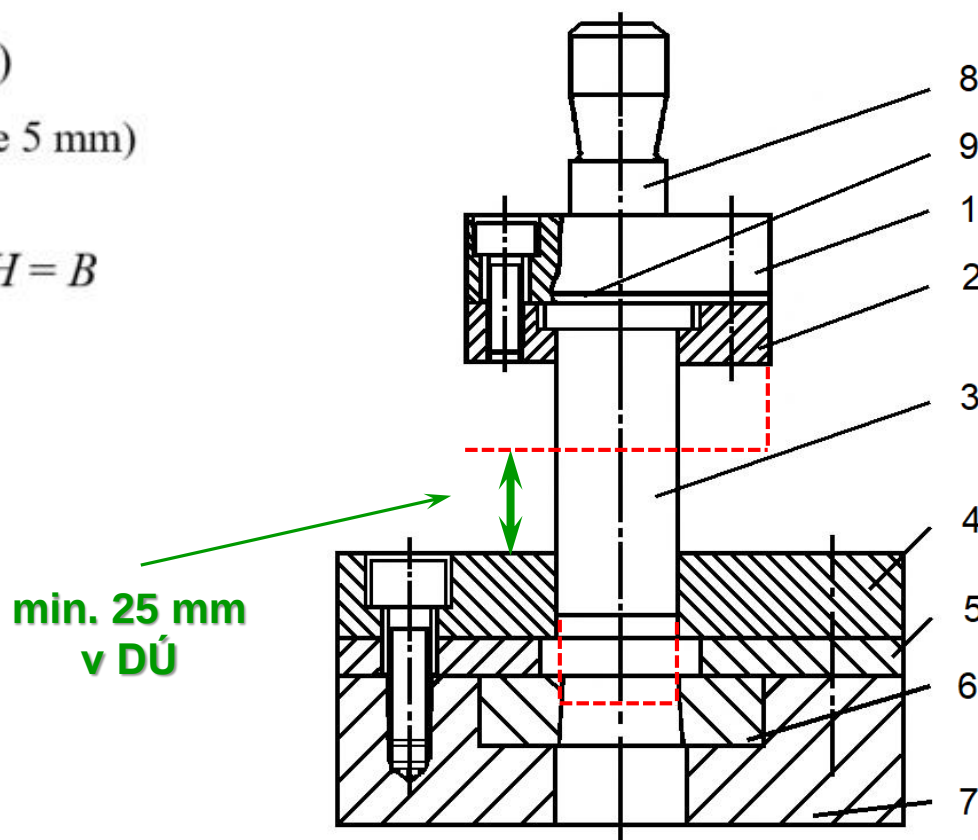
**Tolerancia strižnice H6**

# Strižný nástroj – rozmery konštrukčných častí

Rozmery konštrukčných častí postupového strižného nástroja volíme podľa empirických vzťahov, a to pre:

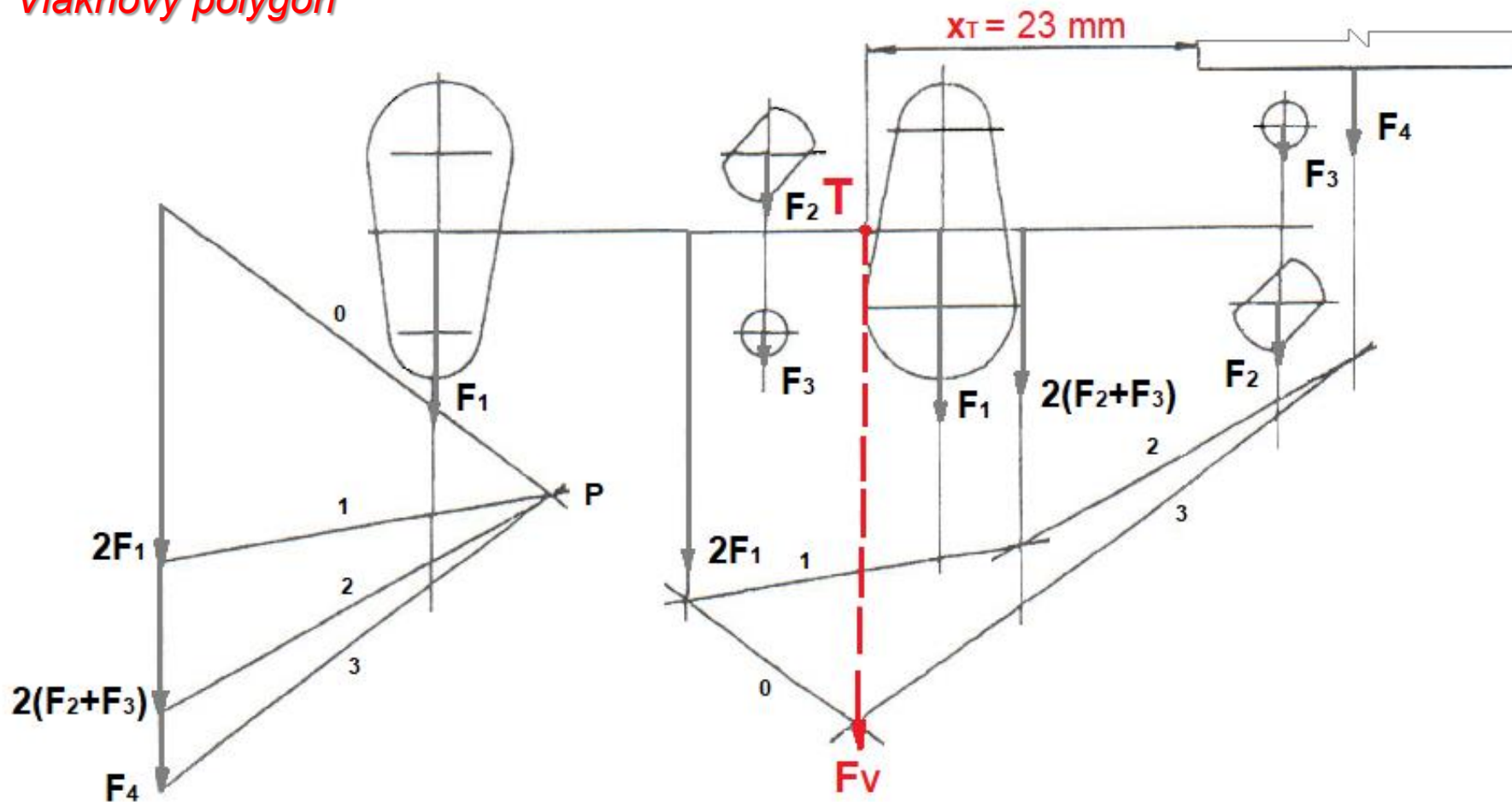
- základovú dosku:  $H_1 = (1 \text{ až } 1,5)H$   
 $B_1 = B + (40 \text{ až } 70)$
- vodiace lišty:  $H_2 = 2.s_0$  (minimálne 5 mm)
- vodiacu dosku:  $H_3 = (0,8 \text{ až } 1)H$   
 $B_3 = b + (2,5 \text{ až } 4)H = B$
- upínaciu dosku:  $H_4 = (0,6 \text{ až } 0,8)H$
- opornú dosku:  $H_5 = (4 \text{ až } 10)\text{mm}$

kde  $H$  je hrúbka,  $B$  je šírka dosky strižnice.



# Strižný nástroj – ťažisko (grafické riešenie)

Vláknový polygón



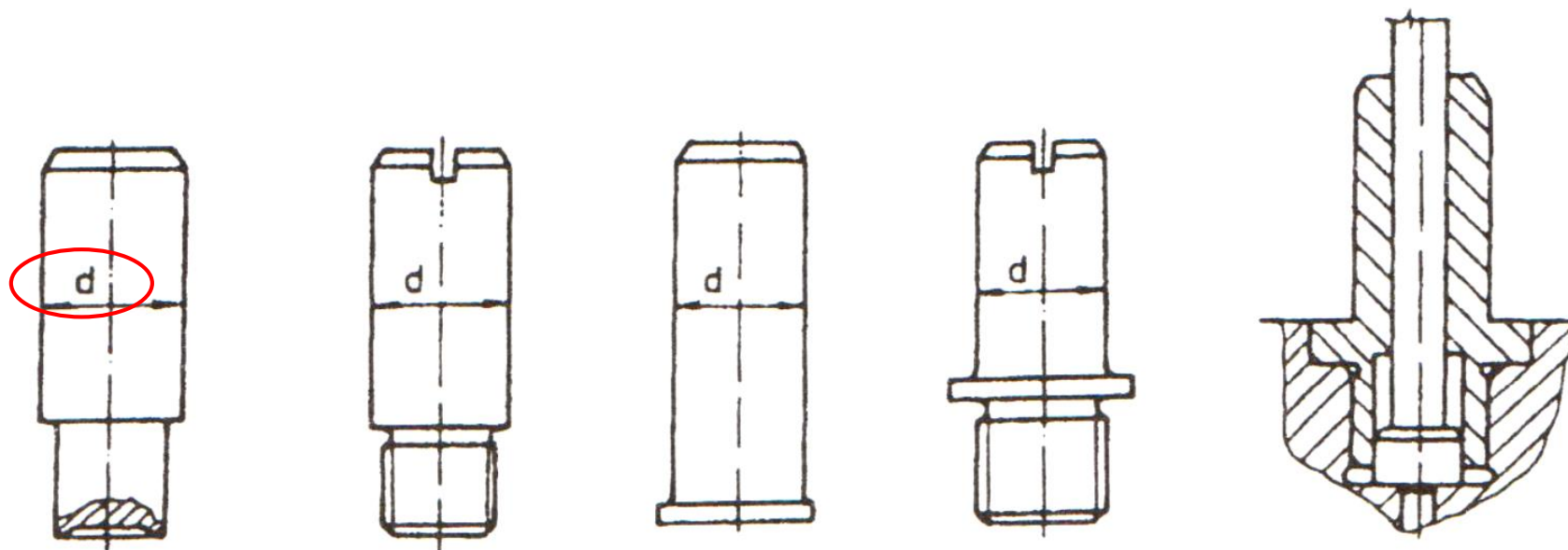
# Strižný nástroj – ťažisko (analytické riešenie)

*Rovnosť momentov tvárniacich síl*

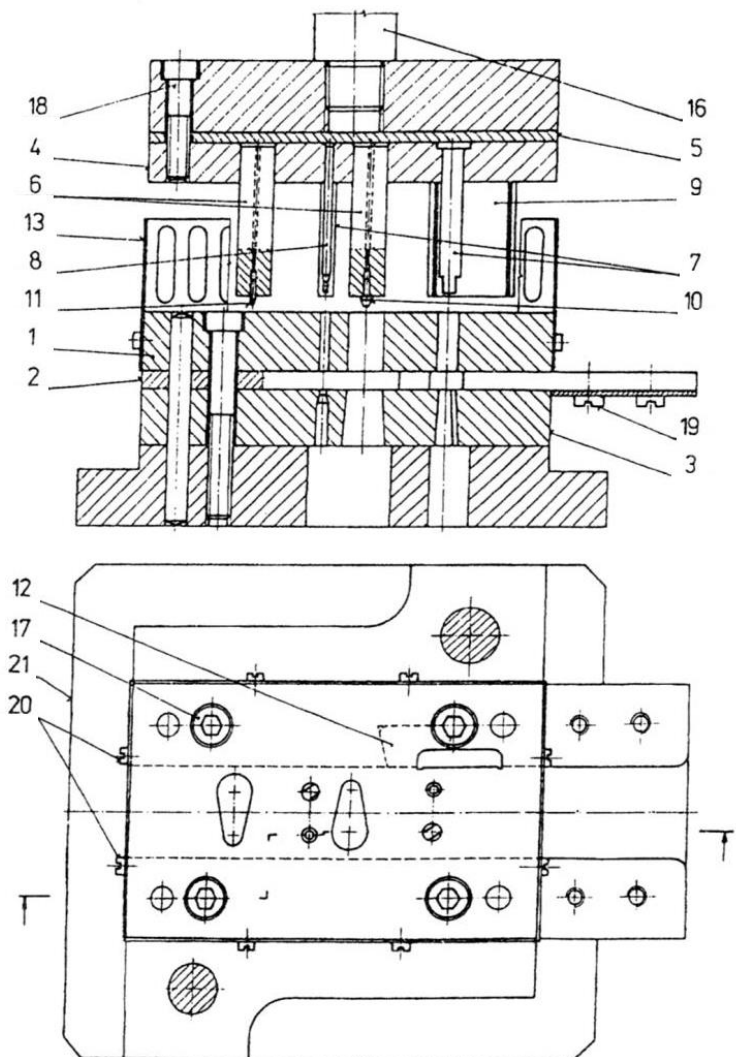
$$x_T = \frac{F_1 x_1 + F_2 x_2 + \cdots + F_n x_n}{F_1 + F_2 + \cdots + F_n}$$

$$y_T = \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2 + \cdots + F_n y_n}{F_1 + F_2 + \cdots + F_n}$$

# Strižný nástroj – upínacie stopky



# Strižný nástroj – zostavný výkres



Rozpis najvýznamnejších súčiastok strižného nástroja

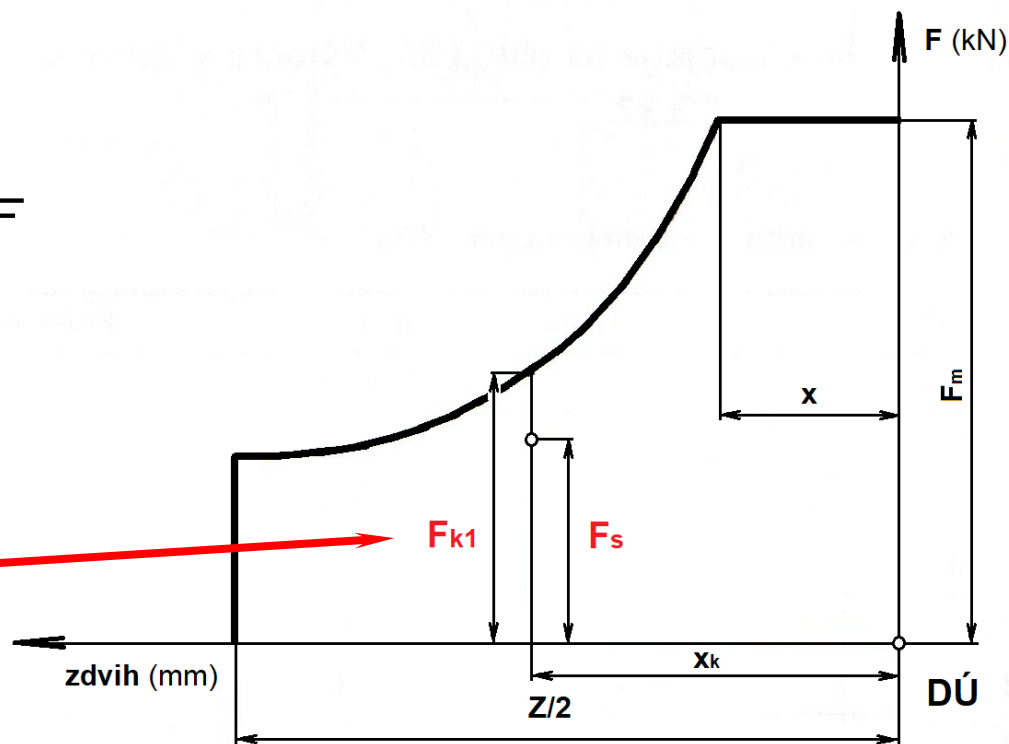
| Pozícia | Názov                    | Kusov | Materiál | Poznámka    |
|---------|--------------------------|-------|----------|-------------|
| 1       | Vodiaca doska            | 1     | 11 600   | -           |
| 2       | Vodiaca lišta            | 2     | 11 700   | -           |
| 3       | Strižnica                | 1     | 19 436.3 | -           |
| 4       | Kotviaca doska           | 1     | 11 500   | -           |
| 5       | Oporná doska             | 1     | 19 083   | -           |
| 6       | Strižník                 | 2     | 19 436.3 | -           |
| 7       | Strižník                 | 2     | 19 436.3 | -           |
| 8       | Strižník A2, 85 x 60     | 2     | -        | STN 22 6360 |
| 9       | Ostrihovač               | 1     | 19 312.3 | -           |
| 10      | Hľadáčik $\phi$ 5,1      | 2     | 19 312.3 | -           |
| 11      | Hľadáčik $\phi$ 2,8      | 2     | 19 312.3 | -           |
| 12      | Doraz                    | 1     | 12 010.2 | -           |
| 13      | Kryt                     |       | 10 373   | -           |
| 14      | Neobsadené               | -     | -        | -           |
| 15      | Neobsadené               | -     | -        | -           |
| 16      | Stopka $\phi$ 32 x 20    | 1     | -        | STN 22 6264 |
| 17      | Skrutka M 10 x 70        | 4     | -        | STN 02 1143 |
| 18      | Skrutka M 18 x 40        | 6     | -        | STN 02 1143 |
| 19      | Skrutka M 6 x 8          | 4     | -        | STN 02 1131 |
| 20      | Skrutka M 4 x 8          | 8     | -        | STN 02 1131 |
| 21      | Vodiaci stojan 160 x 100 | 1     | -        | STN 22 6234 |

# Energosilové parametre – kontrola stroja

$$M_{k \max} = F_{\max} \sqrt{2.R.x - x^2}$$

$$F_{k1} = \frac{M_{k \max}}{\sqrt{2.R.x_k - x_k^2}}$$

$$F_s < F_{k1}$$

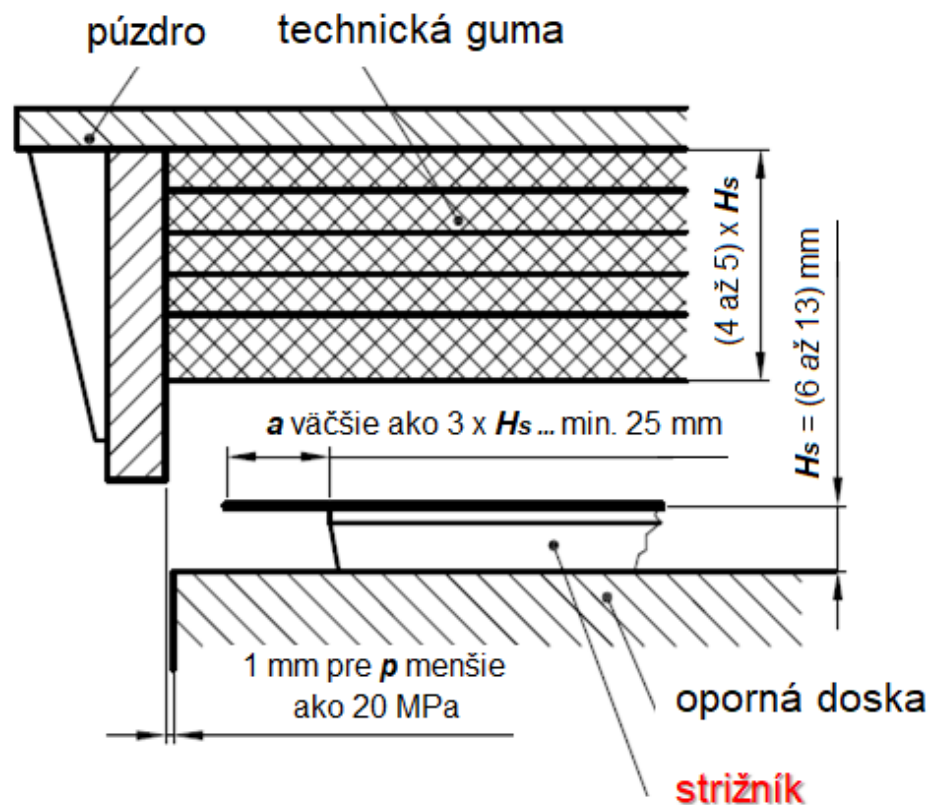




# Strihanie pomocou nepevného prostredia

Univerzálny nástroj je púzdro, v ktorom je umiestnený gumový blok zložený zvyčajne z niekoľkých „dosiek“ hrúbky 25 až 30 mm, tvrdosť gummy býva **(60)75 až 85(90) °Shore**.

Strižník je upevnený na tzv. opornej doske a na jeho čelnej ploche je umiestnený polotovár, centrováný fixačnými kolíkmi.

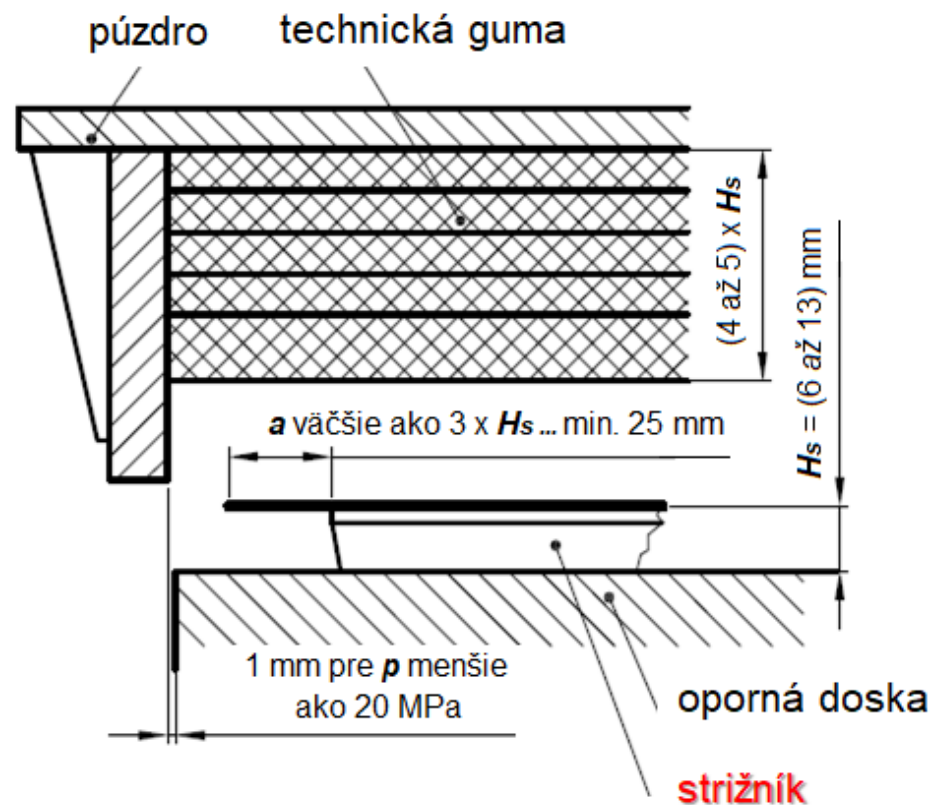




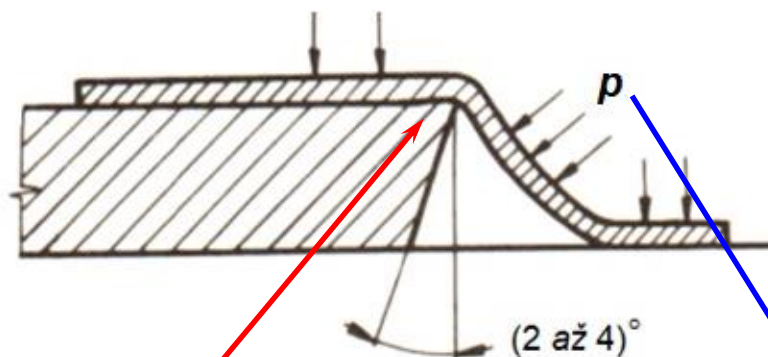
# Strihanie pomocou nepevného prostredia

Tlak v technickej gume **stúpa na 40 až 50 MPa**.

Výška gumovej výplne by mala byť **minimálne 3x vyššia ako je výška strižníka**.



# Strihanie pomocou nepevného prostredia



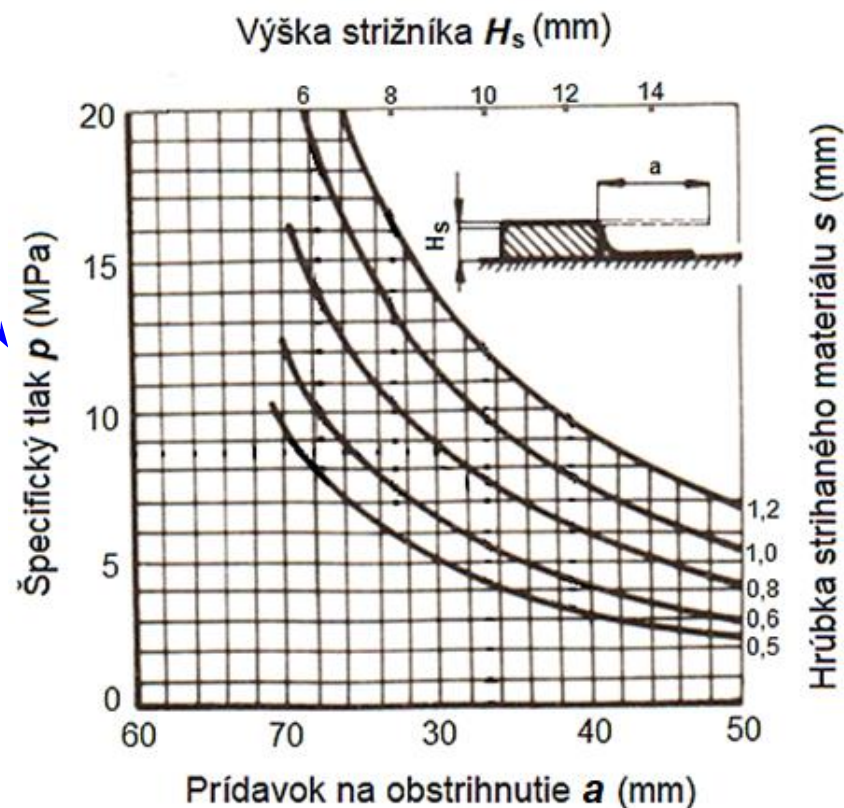
**Tlak na odstrihnutie**

*Al a jeho zliatiny a Cu a jej zliatiny*

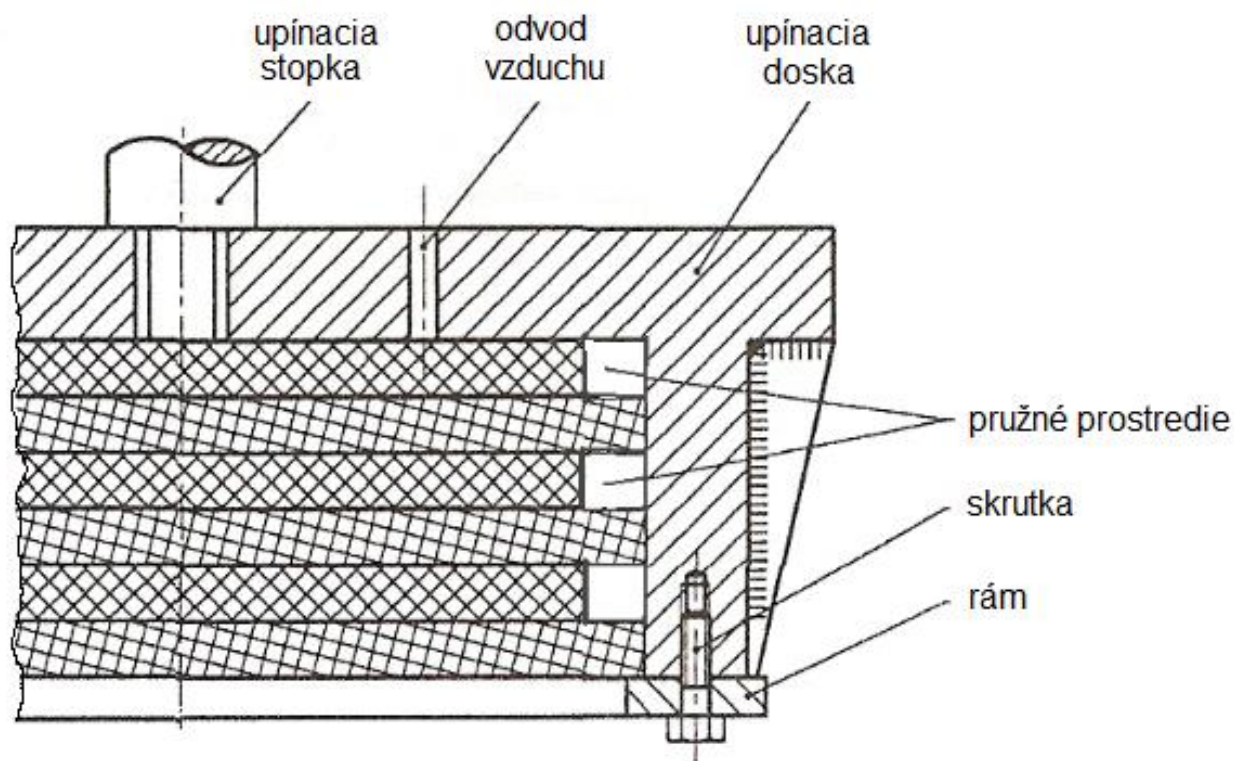
$$p = 1000(0,5 + s)$$

*Oceľ*

$$p = 10 R_m(0,5 + s)$$



# Strihanie pomocou nepevného prostredia



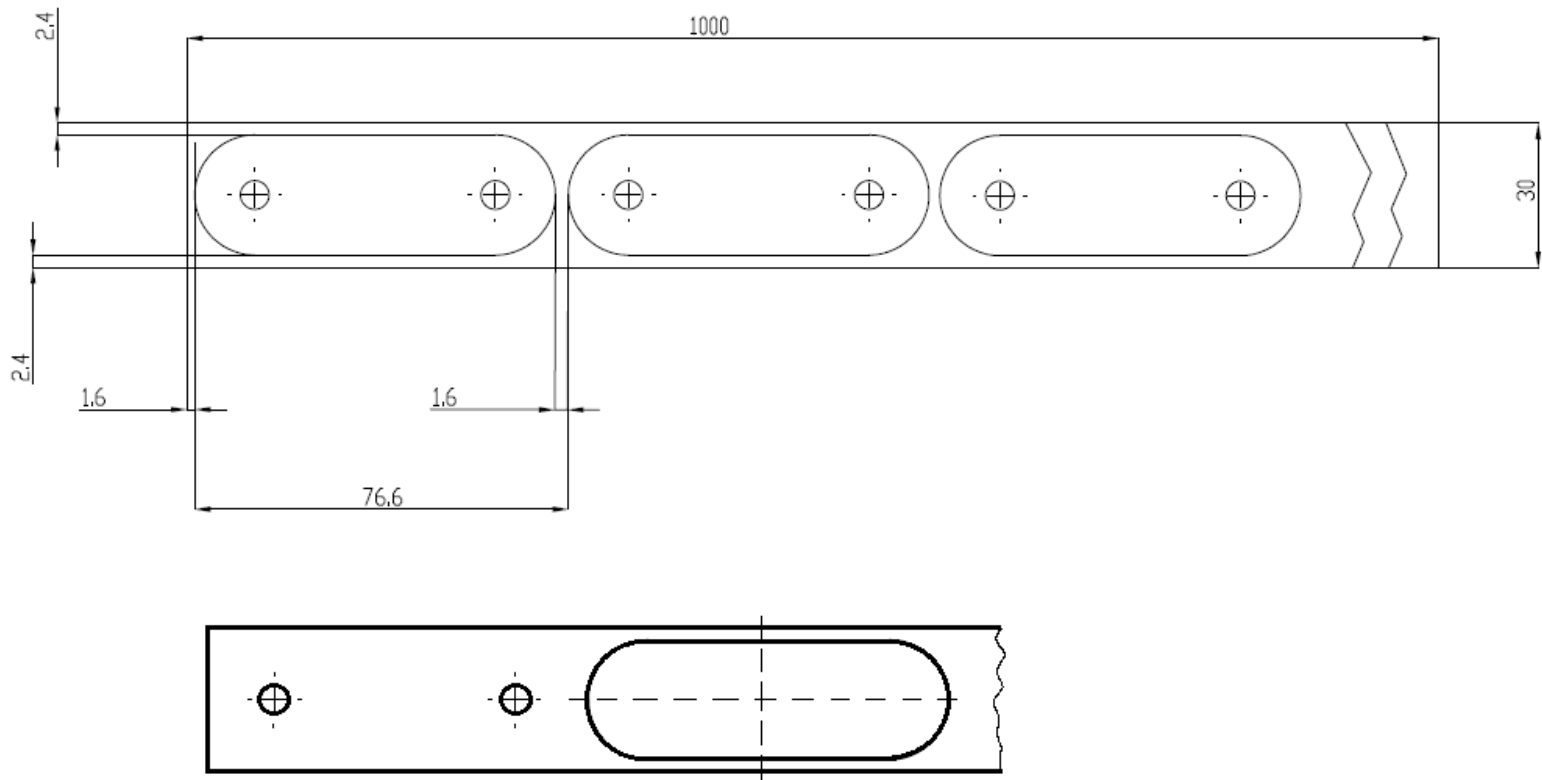
**Strižný nástroj – ťažisko**  
(grafické a analytické riešenie)

# Strižný nástroj – ťažisko

## (grafické a analytické riešenie príklad)

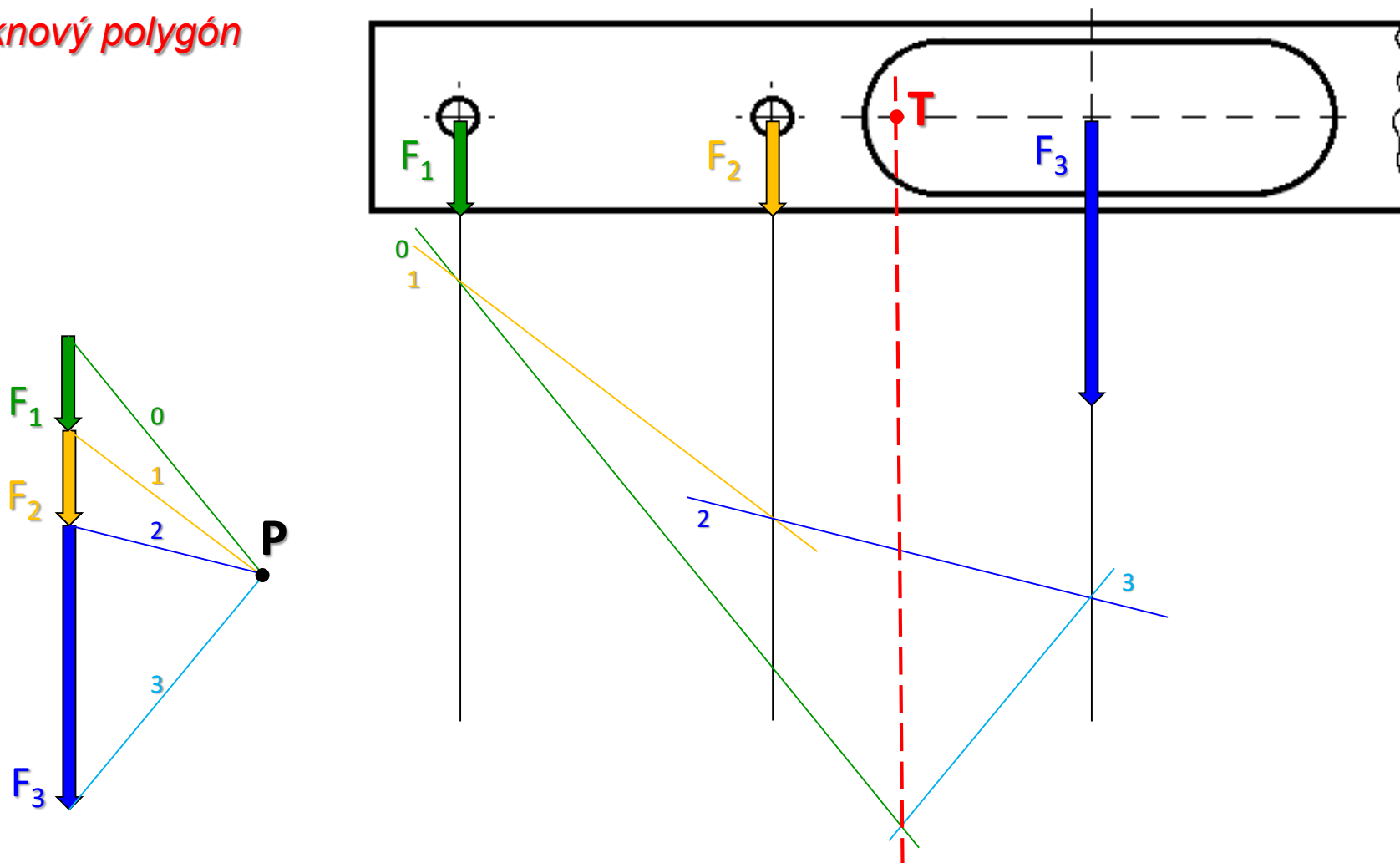
*Vláknový polygón*

[https://www.youtube.com/watch?v=t9uZx\\_jFNX4](https://www.youtube.com/watch?v=t9uZx_jFNX4)



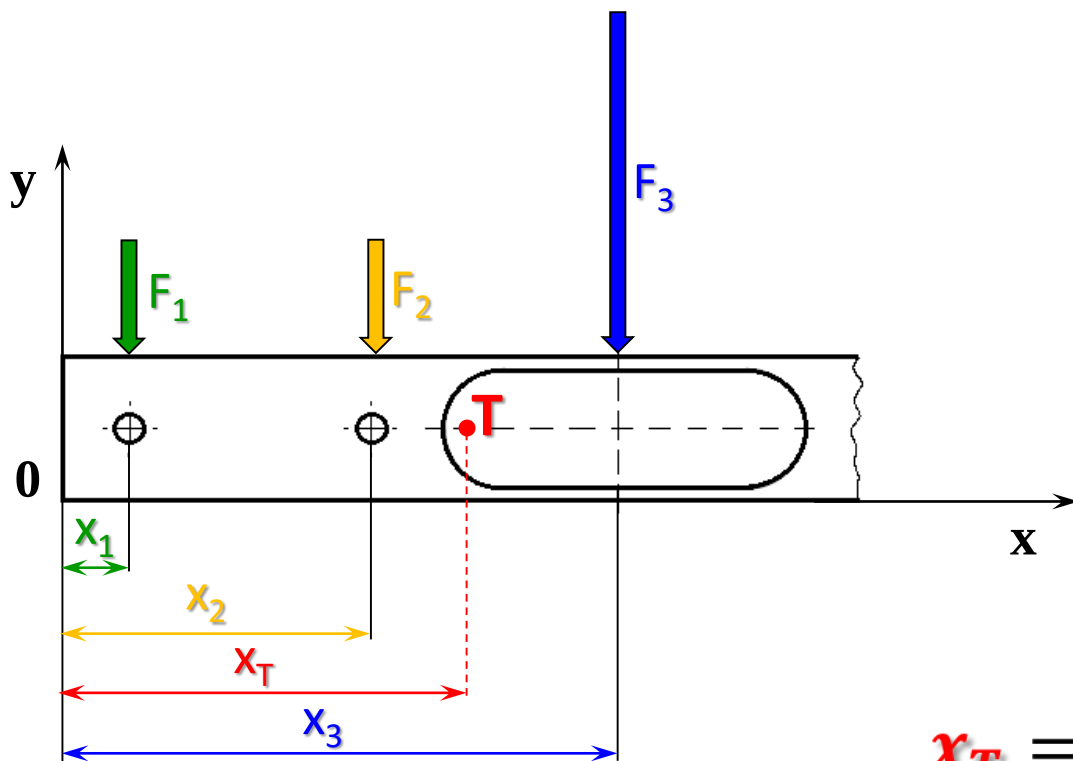
# Strižný nástroj – ťažisko (grafické riešenie príklad)

Vláknový polygón



# Strižný nástroj – ťažisko (analytické riešenie príklad)

*Rovnosť momentov tvárniacich síl*



$$x_T = \frac{F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3}{F_1 + F_2 + F_3}$$

# Odporučená literatúra

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

BAČA, J., BÍLIK, J., TITTEL, V. *Technológia tvárnenia*. Bratislava : STU Bratislava, 2010. ISBN 978-80- 227-3242-0.

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.

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

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

ČUPKA, V. *Nekonvenčné metódy v tvárnení*. 1990.

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

HRIVŇÁK, A., PODOLSKÝ, M., DOMAZETOVICH, V. *Teória tvárnenia a nástroje*. Bratislava : Alfa Bratislava, 1992. 344 s. ISBN 80-05-01032-X.



# 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.

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

MORAVEC, J. *Nekonvenčné technológie tvárnenia kovov*. Žilina: EDIS, 2003.

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

ŠUGÁR, P., ŠUGÁROVÁ, J. *Výrobné technológie – zlievanie, zváranie, tvárnenie*. Banská Bystrica : Dali BB, 2009. 291 s. ISBN 978-80-89090-587.

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