

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
FAKULTA STROJNÍ**



# **TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ A SLÉVÁNÍ – V PŘÍKLADECH**

---

## **STŘÍHÁNÍ PLECHU**

prof. Ing. Radek ČADA, CSc.

**Ostrava 2013**

© prof. Ing. Radek ČADA, CSc.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3016-2



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

## OBSAH

|          |                                                                   |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>STŘÍHÁNÍ PLECHU .....</b>                                      | <b>3</b>  |
| 1.1      | Stříhání plechu .....                                             | 5         |
| 1.2      | Stříhání plechu na tabulových nůžkách .....                       | 5         |
| 1.2.1    | Střih rovnoběžnými noži .....                                     | 5         |
| 1.2.2    | Střih skloněnými noži .....                                       | 8         |
| 1.3      | Stříhání ve stříhadlech .....                                     | 8         |
| 1.3.1    | Střížná mezera.....                                               | 9         |
| 1.3.2    | Přesnost a jakost povrchu při stříhání .....                      | 10        |
| 1.3.3    | Stanovení rozměrů střížníku a střížnice .....                     | 10        |
| 1.3.4    | Výpočet střížné síly a práce.....                                 | 13        |
| 1.4      | Nástřihové plány .....                                            | 13        |
| <b>2</b> | <b>K JAKÝM ZKUŠEBNÍM OTÁZKÁM SE TATO PŘEDNÁŠKA VZTAHUJE: ....</b> | <b>18</b> |
| <b>3</b> | <b>DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE – KNIHY, INTERNET, ... ..</b>                | <b>19</b> |
| <b>4</b> | <b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>                                    | <b>20</b> |



# 1 STŘÍHÁNÍ PLECHU



## STRUČNÝ OBSAH PŘEDNÁŠKY:

Stříhání plechu na tabulových nůžkách

Střih rovnoběžnými noži

Střih skloněnými noži

Stříhání ve stříhadlech

Střížná vůle

Přesnost a jakost povrchu při stříhání

Stanovení rozměrů střížníku a střížnice

Výpočet střížné síly a práce

Nástřihové plány



## MOTIVACE:

Technologie stříhání plechu se uplatňuje jak v rámci technologické přípravy výroby (dělení hutních polotovarů pro strojírenskou výrobu), tak při vlastní výrobě součástí. Tato kapitola je důležitým teoretickým základem pro zpracování první části třetího písemného úkolu – návrhu technologie stříhání přístřihů pro tažení dutých výtažků z plechu.



## CÍL:

### Budete umět:

- definovat a vysvětlit pojem stříhání,
- pojmenovat a objasnit oblasti, které vznikají na střížné ploše,
- zvolit vhodnou velikost střížné mezery,
- vypočítat střížnou plochu, maximální střížnou sílu a střížnou práci,
- popsat výhody a nevýhody stříhání skloněnými noži,
- rozdělit stříhadla podle funkce a podle druhu vedení.

### Získáte:

- informace o složení stříhadel,
- přehled o základních způsobech seskupování výstřižků.



**Budete schopni:**

- objasnit základní operace plošného stříhání,
- vysvětlit, na čem závisí tvar a jakost střížné plochy,
- určit, který rozměr střížníku nebo střížnice je určující při vystřihování a při děrování,
- zkonstruovat nástřihový plán a vypočítat jeho hospodárnost.



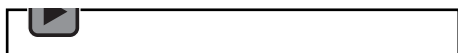
## 1.1 STŘÍHÁNÍ PLECHU

Stříhání představuje jednu z nejrozšířenějších operací ve strojírenské výrobě. Střížné operace jsou obsaženy ve většině technologických postupů výroby strojních součástí z plechu, výkovků i řady dalších výrobků.

**Stříháním se rozumí oddělování částic materiálu smykovým působením dvojice nástrojů (nožů, nebo střížníku a střížnice) podél křivky stříhu.** V lisovnách se stříhání používá k přípravě polotovarů, jako například stříhání tabulí plechu na pásy, rozdělování svitků nebo vystřihování součástí. Přehled názvosloví základních střížných operací je obsažen v ČSN 22 6001 Názvosloví technologie tváření kovů. **Základní operace plošného stříhání:** *prosté stříhání, děrování, vystřihování, vystřihování zářezů, přistřihování, nastřihování, prostřihování, protrhávání, vysekávání, ostřihování, přesné stříhání.*



Audio 1.1 Stříhání.



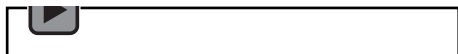
## 1.2 STŘÍHÁNÍ PLECHU NA TABULOVÝCH NŮŽKÁCH

V rámci technologické přípravy výroby se velmi často tabule plechu stříhají na pásy nůžkami s rovnoběžnými nebo skloněnými noži. Při stříhání je polotovar v místě stříhu vystaven tlaku, který roste od nuly do pevnosti materiálu ve stříhu, kdy dojde k oddělení materiálu. Ustřížení materiálu proběhne velmi rychle jako ráz.

K ustřížení materiálu dojde dříve, než se setkají oba nože. Hloubka vniknutí nože do materiálu (hloubka plastického stříhu) zasahuje jen část tloušťky stříhaného materiálu (tab. 3.3). *Střížná plocha* není dokonalá, protože její část vzniká lomem. V okolí stříhu se stříhaný materiál trvale deformuje, proto tam dochází ke zpevnění a snížení tvárnosti.



Audio 1.2 Tvar a jakost střížné plochy.



### 1.2.1 Střih rovnoběžnými noži

**Při stříhání rovnoběžnými noži je plech stříhán najednou v celé šířce, čímž dochází k rychlému nárůstu a poklesu síly.** Po dosednutí nože na materiál síla prudce stoupá a dosahuje maxima v okamžiku, kdy je nůž v určité hloubce stříhaného průřezu a v blízkosti řezných hran nože se objeví ve stříhaném materiálu první trhlinky. Následuje prudký pokles síly při přetržení materiálu. K oddělení plechu tedy dojde dříve, než horní pohyblivý nůž projde celou tloušťkou stříhaného materiálu.

Průběh střížné síly není příznivý. Prudký vzrůst a především náhlý pokles síly při přetržení materiálu způsobuje rázy v mechanismech stroje, které jsou nebezpečné především pro kalené součásti stroje.

**Střížná plocha:**

$$S = L \cdot s \quad (\text{mm}^2), \quad (3.1)$$

kde je:

$L$  – délka stříhu (mm),

$s$  – tloušťka stříhaného plechu (mm).



**Maximální střížná síla:**

$$F_{\max} = S \cdot R_{\text{ms}} \cdot k \quad (\text{N}), \quad (3.2)$$

kde je:

$S$  – střížná plocha ( $\text{mm}^2$ ),

$R_{\text{ms}}$  – pevnost ve stříhu (MPa). Číselné hodnoty jsou uvedeny v tab. 3.2.

$k$  – součinitel, zahrnující různé vlivy zvyšující střížnou sílu (otupení řezných hran, vliv seřízení nástroje, zvětšení mezery mezi noži opotřebením, apod.) Bývá v rozmezí 1,25 až 1,50.

**Střížná síla** je označena jako **maximální**, protože se v průběhu stříhání mění a jedná se o nejvyšší hodnotu této síly v průběhu celého procesu.

**Pevnost ve stříhu** lze přibližně vypočítat ze známé meze pevnosti stříhaného materiálu  $R_m$  podle vztahu:

$$R_{\text{ms}} = (0,75 \div 0,85) \cdot R_m \quad (\text{MPa}). \quad (3.3)$$

Pevnost ve stříhu lze rovněž vypočítat podle empirických vztahů, uvedených v tab. 3.1.

**Tab. 3.1 Empirické vztahy pro určení pevnosti ve stříhu**

| Materiál | $R_{\text{ms}}$ (MPa) | Materiál | $R_{\text{ms}}$ (MPa) |
|----------|-----------------------|----------|-----------------------|
| Ocel     | $111,0 + 0,560 R_m$   | Zinek    | $100,7 + 0,750 R_m$   |
| Mosaz    | $117,1 + 0,287 R_m$   | Dural    | $117,3 + 0,230 R_m$   |

**Tab. 3.2 Přehled některých mechanických vlastností pro vybrané materiály**

| Druh materiálu | Označení materiálu | Pevnost ve stříhu $R_{\text{ms}}$ (MPa) | Pevnost v tahu $R_m$ (MPa) | Tažnost $A$ (%) |
|----------------|--------------------|-----------------------------------------|----------------------------|-----------------|
| Ocel           | 10 340             | 280 ÷ 360                               | 340 ÷ 420                  | 23 ÷ 25         |
|                | 10 370             | 320 ÷ 400                               | 370 ÷ 450                  | 18 ÷ 20         |
|                | 10 422             | 360 ÷ 450                               | 420 ÷ 500                  | 18 ÷ 20         |
|                | 11 301.21          | 240 ÷ 340                               | 280 ÷ 400                  | 29              |
|                | 11 321.20          | 240 ÷ 330                               | 280 ÷ 380                  | 30              |
|                | 11 321.90          | 240 ÷ 340                               | 270 ÷ 400                  | 26 ÷ 30         |
|                | 11 331.3           | 240 ÷ 340                               | 280 ÷ 400                  | 23 ÷ 26         |
|                | 11 340.1           | 290 ÷ 360                               | 340 ÷ 420                  | 23 ÷ 25         |
|                | 11 340.22          | 290 ÷ 400                               | 340 ÷ 460                  | 14              |
|                | 11 341.20          | 240 ÷ 340                               | 280 ÷ 400                  | 26              |
|                | 11 500             | 440 ÷ 530                               | 500 ÷ 600                  | 15 ÷ 17         |
|                | 12 000.20          | 700                                     | max. 800                   | –               |
|                | 12 010.1           | min. 300                                | min. 340                   | 24              |
|                | 12 020.20          | 330 ÷ 440                               | 380 ÷ 500                  | 23              |
|                | 12 040.1           | min. 430                                | min. 500                   | 19              |
|                | 12 050.1           | min. 480                                | min. 560                   | 16              |
|                | 13 180.20          | 700                                     | max. 800                   | 14              |
|                | 14 160.0           | 820                                     | 950                        | –               |
|                | 14 220.30          | 560                                     | max. 650                   | –               |
|                | 17 021.2           | 470                                     | 550                        | 21              |
|                | 17 021.3           | 470                                     | 550                        | –               |



|                 |           |           |          |         |
|-----------------|-----------|-----------|----------|---------|
|                 | 17 022.2  | 520       | 600      | –       |
|                 | 17 041.21 | 600       | 700      | –       |
|                 | 17 246.1  | 560       | 650      | 58      |
| Slitiny hliníku | 42 4057.1 | 50 ÷ 70   | max. 110 | 20      |
|                 | 42 4203.1 | 120 ÷ 130 | max. 240 | 12      |
|                 | 42 4203.6 | 270 ÷ 290 | 450      | 12 ÷ 14 |
|                 | 42 4412.1 | 110 ÷ 120 | max. 230 | 16      |
|                 | 42 4432.2 | 90 ÷ 100  | 150      | 6       |
|                 | 42 4451.1 | 60 ÷ 80   | max. 150 | 20      |
| Mosaz           | 42 3212.1 | 260       | 300      | 42      |
|                 | 42 3212.2 | 300       | 350      | 25      |
|                 | 42 3222.3 | 360       | 420      | 15      |
|                 | 42 3256.3 | 430       | 500      | 5       |
| Bronz           | 42 3016.1 | 300       | 350      | 40      |
|                 | 42 3016.2 | 350       | 400      | 25      |
|                 | 42 3035.1 | 480       | 550      | 5       |
| Měď             | 42 3001.1 | 180       | 200      | 30      |
|                 | 42 3001.3 | 260       | 300      | 4       |
|                 | 42 3003.1 | 180       | 210      | 30      |
|                 | 42 3005.1 | 180       | 400      | 2       |

*Průběh střížné síly* v závislosti na hloubce vniknutí nože do materiálu je znázorněn na obr. 3.2. Práce, spotřebovaná ke stříhu, je znázorněna vyšrafovanou plochou pod křivkou skutečného průběhu síly. Plochu pracovního diagramu lze přibližně nahradit plochou poloviny elipsy o stejném obsahu.

**Střížnou práci** lze potom vypočítat ze vztahu:

$$A = \frac{\rho}{2} \cdot F_{\max} \cdot \frac{h}{2} = \frac{\rho}{4} \cdot F_{\max} \cdot h \quad (J), \quad (3.4)$$

kde je

$F_{\max}$  – maximální střížná síla (N),

$h$  – hloubka vniknutí nože do materiálu (m). Roste s ubývající tloušťkou materiálu a stoupající tažností.

Hloubka vniknutí nože do materiálu:

$$h = k_1 \cdot s \quad (m), \quad (3.5)$$

kde je:

$k_1$  – poměrná hloubka vniknutí nože do materiálu (tab. 3.3),

$s$  – tloušťka stříhaného plechu (m).

**Tab. 3.3** Poměrné hloubky vniknutí nože do materiálu  $k_1$  (–)

| Materiál                                          | Tloušťka stříhaného materiálu $s$ (mm) |             |             |             |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                   | do 1                                   | 1 až 2      | 2 až 4      | nad 4       |
| ocel měkká<br>( $R_m = 250 \div 350$ MPa)         | 0,70 ÷ 0,75                            | 0,65 ÷ 0,70 | 0,55 ÷ 0,65 | 0,40 ÷ 0,55 |
| ocel středně tvrdá<br>( $R_m = 350 \div 500$ MPa) | 0,60 ÷ 0,65                            | 0,55 ÷ 0,60 | 0,45 ÷ 0,55 | 0,35 ÷ 0,45 |



|                                           |             |             |             |             |
|-------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ocel tvrdá<br>( $R_m = 500 \div 700$ MPa) | 0,47 ÷ 0,50 | 0,45 ÷ 0,47 | 0,35 ÷ 0,45 | 0,25 ÷ 0,35 |
| Al, Cu (žíhané)                           | 0,75 ÷ 0,80 | 0,70 ÷ 0,75 | 0,60 ÷ 0,70 | 0,50 ÷ 0,65 |

Tabulka platí pro normální velikosti střížné mezery, při malých velikostech střížné mezery se hloubka vniknutí nože do stříhaného materiálu zvětšuje.

### 1.2.2 Střih skloněnými noži

Nevýhody stříhání rovnoběžnými noži jsou odstraněny při použití nožů, které jsou pod určitým úhlem skloněny. *Plech tak není stříhán v celé šířce najednou, ale postupně.* Pracovní zdvih, potřebný k ustřižení plechu je v porovnání s rovnoběžnými noži větší a je přímo úměrný úhlu sklonu nože  $\lambda$ .

Úhel sklonu nože bývá v rozmezí 1 až 5°, aby byla zaručena podmínka samosvornosti a stříhaný materiál před nožem neujížděl. U tabulových nůžek bývá tento úhel 1°30', čímž se docílí, že deformace stříhaného plechu je pouze pružná. To však platí pouze u tenkých plechů.

Střížnou sílu pro střih skloněnými noži  $F_{skl}$  lze vypočítat z rovnosti prací  $A$  pro střih rovnoběžnými a skloněnými noži, i když ve skutečnosti je práce u skloněných nožů o něco větší vlivem deformace stříhaného plechu ohybem (obr. 3.3):

$$A = F_{skl} \cdot h = F_{skl} \cdot L \cdot \operatorname{tg} \lambda = \frac{\pi}{4} \cdot F_{\max} \cdot k_1 \cdot s \quad (J), \quad (3.6)$$

kde je:

$h$  – hloubka vniknutí nože do materiálu (m),

$L$  – délka stříhu (m),

$\lambda$  – úhel sklonu nože (°).

Z rovnice (3.6) lze vyjádřit střížnou sílu pro střih skloněnými noži  $F_{skl}$ :

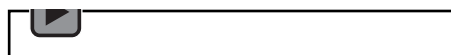
$$F_{skl} = \frac{\pi \cdot F_{\max} \cdot k_1 \cdot s}{4 L \cdot \operatorname{tg} \lambda} \quad (N). \quad (3.7)$$

Po dosazení za  $F_{\max}$  z rovnice (3.2):

$$F_{skl} = \frac{\pi \cdot k_1 \cdot k}{4} \cdot \frac{s^2 \cdot R_{ms}}{\operatorname{tg} \lambda} = (0,16 \div 0,50) \cdot \frac{s^2 \cdot R_{ms}}{\operatorname{tg} \lambda} \quad (N). \quad (3.8)$$



Audio 1.3 Střih skloněnými noži.



## 1.3 STŘÍHÁNÍ VE STŘIHADLECH

Střihadlo se skládá z části pohyblivé, upnuté pomocí stopky do beranu lisu (*střížník*), a z části pevné, upnuté na stole lisu (*střížnice*). Stříhání ve střihadlech je nejrozšířenějším způsobem výroby součástí z plechu. Základními operacemi jsou děrování, vystřihování, případně nastřihování. Touto technologií lze vyrábět výstřižky k přímému použití nebo polotovary, které se dále zpracovávají.

**Střihadla lze rozdělit s ohledem na charakter výstřižků, velikost série a jejich funkci na:**

- **jednoduchá**, v nichž se provádí jedna operace na jednom výstřižku na jeden zdvih.



- **vícenásobná**, umožňující zhotovit na jeden zdvih větší počet stejných výstřížků.
- **postupová**, umožňující provedení několika operací na více zdvihů, mezi nimiž se výlisek podává na různá pracovní místa nástroje. Z poslední operace vychází při každém zdvihu hotový výrobek.
- **sloučená**, u nichž se na jeden zdvih vyrobí dvě nebo více rozdílných součástek.
- **sdrúžená**, u nichž se na jeden zdvih provedou na výstřížku různorodé operace (např. stříhání a ohýbání nebo tažení).

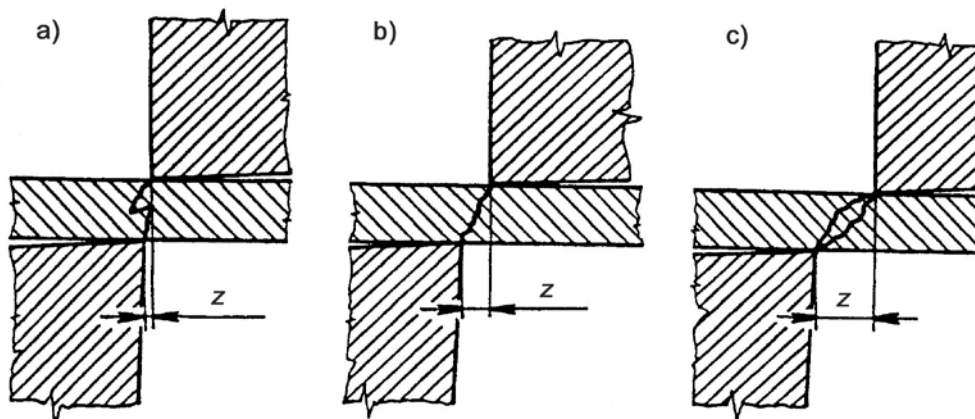
Stříhání ve stříhadlech se v principu neliší od stříhání na nůžkách, zvláštnost je pouze v tom, že *tvár břitu tvoří ve většině případů uzavřená křivka*.

Na obr. 3.4 je nakresleno jednoduché *stříhadlo bez vedení*. Zvýšení přesnosti a bezpečnosti práce lze docílit použitím *vodicí desky* (obr. 3.1), která eliminuje vůli beranu lisu a současně zvyšuje životnost nástroje. V důsledku toho, že střížník při stříhání materiálu neopouští vodicí desku, zvyšuje se bezpečnost práce. Rovněž lze k vedení střížníku vůči střížnici použít *vodicí stojánek s vodicími sloupky* (obr. 3.6), případně *sdrúžené vedení*.

**Stříhadla** se montují do *vodicích stojánek*, které mají zpravidla dva nebo čtyři vodicí sloupky, a to buď s kluzným vedením, nebo kuličkovým. Vodicí stojánky eliminují chyby vedení beranu stroje a zabezpečují správnou polohu střížníku a střížnice během stříhání. **Střížná mezera** je pak po celém obvodu střížné hrany stejná, takže vznikají výstřížky s potřebnou přesností.

### 1.3.1 Střížná mezera

Střížná mezera mezi noži *podstatně ovlivňuje jakost střížné plochy*, velikost střížné síly a trvanlivost nástroje. Správně zvolená velikost střížné mezery zaručuje, že trhliny, které při stříhání vznikají, se setkají, čímž se zaručí správné usmyknutí stříhané plochy (obr. 3.7).



Obr. 3.1 Vliv střížné mezery  $z$  na kvalitu střížné plochy (a – malá střížná mezera, b – optimální střížná mezera, c – velká střížná mezera)

Velikost střížné mezery závisí na druhu a tloušťce stříhaného materiálu. **Optimální střížná mezera je taková**, při které se dosáhne kvalitní střížné plochy při nejmenší střížné síle. Velikost střížné mezery se pohybuje v rozmezí  $3 \div 20$  % tloušťky plechu. Čím tlustší a měkčí materiály se stříhají, tím menší střížná mezera se volí. Nové nástroje se zhotovují s nejmenší dovolenou střížnou mezerou s ohledem na budoucí opotřebení.

**Velikost střížné mezery lze vypočítat podle některého z následujících vztahů:**

a) *pro tenké plechy o tloušťce do 3 mm:*

$$z = c \cdot s \cdot \sqrt{0,1 \cdot R_{ms}} \quad (\text{mm}), \quad (3.9)$$



b) pro tlusté plechy o tloušťce nad 3 mm (do 10 až 12 mm):

$$z = (15 \cdot c \cdot s - 0,015) \cdot \sqrt{0,1 \cdot R_{ms}} \quad (\text{mm}), \quad (3.10)$$

kde je

$c$  – koeficient závislý na druhu stříhání. Volí se v rozmezí  $0,005 \div 0,035$ .

$c = 0,005$  pro dosažení kvalitního povrchu střížné plochy,

$c = 0,035$  pro dosažení minimální střížné síly.

$R_{ms}$  – pevnost materiálu ve stříhu (MPa),

$s$  – tloušťka plechu (mm).



Audio 1.4 Velikost střížné mezery.



### 1.3.2 Přesnost a jakost povrchu při stříhání

**Přesnost součástí vyrobených stříháním** závisí na přesnosti zhotovení střížníku a střížnice, konstrukci nástroje a způsobu zajištění polohy materiálu při stříhání, druhu stříhaného materiálu, kvalitě a geometrii střížných hran, velikosti střížné vůle a tloušťce stříhaného materiálu.

U běžných typů střížných nástrojů při tloušťce stříhaného materiálu do 4 mm a směrném rozměru součásti do 150 až 200 mm se rozměrová přesnost výstřižku pohybuje v rozmezí IT 12 až IT 15 (ČSN 01 4150). Při použití přidržovačů a vodicích stojánků lze přesnost zvýšit na IT 9 až IT 11 (tab. 2.5).

Tab. 3.4 Závislost přesnosti vystřihovaného výrobku na přesnosti střížného nástroje

| Základní výrobní tolerance IT stříhaného výrobku    | 8 ÷ 9 | 10    | 11    | 12    | 13 | 14 | 15 |
|-----------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|
| Základní výrobní tolerance IT střížníku a střížnice | 5 ÷ 6 | 6 ÷ 7 | 7 ÷ 8 | 8 ÷ 9 | 10 | 11 | 12 |

**Jakost střížné plochy** závisí na konstrukci a stavu stříhadel, velikosti střížné mezery, materiálu a rychlosti stříhání.

U běžných typů nástrojů a tlouštěk plechů do 1 mm se u střížné plochy docílí  $R_a = (3,2 \div 6,3) \mu\text{m}$ , u plechů tlustších  $R_a = (6,3 \div 12,5) \mu\text{m}$ , přičemž u tvrdých materiálů je drsnost střížné plochy vyšší. *Jakost povrchu střížné plochy se zvyšuje zvýšením rychlosti stříhání.*

Drsnost povrchu pracovních částí stříhadel se doporučuje pro stříhání plechů do tloušťky 1 mm  $R_a = (0,4 \div 0,8) \mu\text{m}$ , pro stříhání plechů tlustších  $R_a = (1,6 \div 3,2) \mu\text{m}$ .

### 1.3.3 Stanovení rozměrů střížníku a střížnice

Při stanovení rozměrů střížníku a střížnice je třeba nejprve určit **základní část nástroje**, jejíž rozměry jsou shodné s jmenovitými rozměry a tolerancemi vystřihovaného polotovaru:

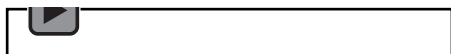
- Jde-li o vystřižení otvoru (část s vnějším obrysem je odpad)**, pak jeho rozměrům budou odpovídat rozměry střížníku. Průchod ve střížnici bude větší o dvojnásobnou hodnotu střížné mezery  $z$ . Rozměry nového střížníku budou odpovídat největším dovoleným rozměrům otvoru. Výrobní tolerance střížníku se uvede směrem k nižším hodnotám (mínus).



- b) *Jde-li o vystřížení součásti (část s vnitřním obrysem je odpad)*, pak jejím rozměrům odpovídá průchod ve střížnici a střížník je o dvojnásobnou hodnotu střížné mezery z menší než příslušný rozměr střížnice. Rozměry nové střížnice mají souhlasit s nejmenšími přípustnými rozměry součásti. Jejich výrobní tolerance se uvede směrem k větším hodnotám (plus).



Audio 1.5 Rozměry střížníku a střížnice.



Vlivem opotřebení se při stříhání zmenšují rozměry střížníku a zvětšují rozměry střížnice. Zmenšení střížníku nemá podstatný vliv na rozměry výstřížku, a proto je účelné přenést větší část tolerance součásti na střížnici, jako přídavek na její opotřebení. Při děrování závisí naopak rozměr díry na rozměru střížníku, a proto se větší část tolerance součásti přidává k toleranci střížníku. V závislosti na tloušťce součásti a stupni opotřebení nástroje je velikost přídavku  $P_O$  v rozmezí 0,8 až 1,0 příslušné tolerance.

**Velikost přídavku na opotřebení nástroje  $P_O$  se volí podle stupně přesnosti vystřihovaných součástí:**

- a) pro přesné výstřížky (stupně přesnosti IT 6 až IT 10):  $P_O = P_U$ ,  
 b) pro méně přesné výstřížky (stupně přesnosti IT 11 až IT 14):  $P_O = 0,8 \cdot P_U$ ,  
 kde je:  $P_U$  – mezní úchylka vystřihovaného tvaru (mm).

Mezní úchylky kruhových střížníků a střížnic jsou uvedeny v tab. 3.5, kde v částech I a II jsou tolerance kladné  $+D$  IT pro střížnice a záporné  $-d$  IT pro střížníky, přičemž tolerance se používají pouze na jednom z hlavních nástrojů – buď na střížníku, nebo na střížnici. V částech III a IV je možno použít tolerance na obou částech nástroje – na střížnici plusovou a na střížníku minusovou.

Tab. 3.5 Tolerance na zhotovení kruhových střížnic a střížníků

| Střížná<br>mezera<br>z (mm) | Rozměr nástroje (mm)   |                        |         |          |          |          |          |           |            |            |            |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|
|                             | 1<br>až 3              | 3<br>6                 | 6<br>10 | 10<br>18 | 18<br>30 | 30<br>50 | 50<br>80 | 80<br>120 | 120<br>180 | 180<br>260 | 260<br>500 |
| 0,0005 ÷<br>0,003           | + D IT 6 nebo - d IT 6 |                        |         |          |          |          |          |           |            |            | I          |
| 0,003 ÷<br>0,02             | + D IT 7 nebo - d IT 7 |                        |         |          |          |          |          |           |            |            | II         |
| 0,02 ÷ 0,06                 | + D IT 7 nebo - d IT 7 |                        |         |          |          |          |          |           |            |            |            |
| 0,06 ÷ 0,15                 |                        |                        |         |          |          |          |          |           |            |            |            |
| 0,15 ÷ 0,20                 |                        |                        |         |          |          |          |          |           |            |            | III        |
| 0,20 ÷ 0,30                 |                        | + D IT 8 nebo - d IT 8 |         |          |          |          |          |           |            |            | IV         |
| 0,30 ÷ 0,60                 |                        |                        |         |          |          |          |          |           |            |            |            |
| 0,60 ÷ 2,00<br>nad 2,00     |                        |                        |         |          |          |          |          |           |            |            |            |

Vztahy ke stanovení rozměrů pracovních částí stříhadel, tj. střížníků a střížnic, jsou uvedeny v tab. 3.6.

Tab. 3.6 Vztahy ke stanovení rozměrů pracovních částí stříhadel



| Typ<br>střížné operace                                                                       | Toleranc<br>e<br>výstřižku<br>$U_h, U_s$<br>(mm) | Základn<br>í<br>nástroj | Rozměry pracovních částí stříhadel<br>$D_s, d_k$ (mm)                             |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                              |                                                  |                         | $D_s, d_k$ (mm)                                                                   |                         |
|                                                                                              |                                                  |                         | Přídavek na opotřebení nástroje $P_0$ (mm)<br>$P_0 = 0,8 \cdot P_u$   $P_0 = P_u$ |                         |
| U výstřižků je rozhodující vnější obrys o rozměru $D$ .<br>Část s vnitřním obrysem je odpad. | $D - U_s$                                        | stříž-<br>nice          | $D_s = (D - 0,8 U_s)^{+ps}$                                                       | $D_s = (D - U_s)^{+ps}$ |
|                                                                                              | $D - U_h$                                        |                         | $D_s = (D - 0,2 U_h - 0,8 U_s)^{+ps}$                                             | $D_s = (D - U_s)^{+ps}$ |
|                                                                                              | $D + U_h$                                        |                         | $D_s = (D + 0,2 U_h + 0,8 U_s)^{+ps}$                                             | $D_s = (D + U_s)^{+ps}$ |
|                                                                                              | $D + U_s$                                        |                         | $D_s = (D + 0,2 U_h - 0,8 U_s)^{+ps}$                                             | $D_s = (D - U_s)^{+ps}$ |
|                                                                                              | $D \pm U$                                        |                         | $D_s = D^{+ps}$                                                                   | $D_s = D^{+ps}$         |
| U výstřižků je rozhodující vnitřní obrys o rozměru $d$ .<br>Část s vnějším obrysem je odpad. | $d + U_h$                                        | stříž-<br>ník           | $d_k = (d + 0,8 U_h) - pk$                                                        | $d_k = (d + U_p) - pk$  |
|                                                                                              | $d + U_s$                                        |                         | $d_k = (d - 0,8 U_s + 0,8 U_h) - pk$                                              | $d_k = (d + U_h) - pk$  |
|                                                                                              | $d \pm U$                                        |                         | $d_k = d - pk$                                                                    | $d_k = d - pk$          |

kde jsou

$D, d$  – jmenovité rozměry výstřižků (mm),

$D_s, d_k$  – rozměry střížnice, střížníku (mm),

$ps, pk$  – přídavek na zhotovení střížnice, střížníku (mm),

$U_s, U_h$  – dolní, horní úchylka rozměrů výstřižku (mm).

### Řešená úloha 3.1

Stanovte rozměry střížnice a střížníku pro vystřihování kruhových výstřižků o průměru  $D = 32 - 0,14$  mm. Výstřižky jsou z ocelového plechu o pevnosti  $R_m = 520$  MPa a tloušťce  $s = 0,8$  mm.

Ze strojnických tabulek se stanoví stupeň přesnosti výstřižku pro jeho zadané mezní úchylky  $U_h = 0$  mm,  $U_s = -0,14$  mm: IT 11.

Pro stupeň přesnosti výstřižku IT 11 je přídavek na opotřebení nástroje:  $P_0 = 0,8 \cdot P_u$ .

Pevnost zadaného materiálu ve stříhu lze přibližně vypočítat ze vzorce:

$$R_{ms} = (0,75 \div 0,85) \cdot R_m = 0,8 \cdot 520 = 416 \text{ MPa.}$$

Střížná mezera  $z$  se vypočte dle vztahu (3.9):

$$z = c \cdot s \cdot \sqrt{0,1 \cdot R_{ms}} = (0,005 \div 0,035) \cdot 0,8 \cdot \sqrt{0,1 \cdot 416} = (0,026 \div 0,181) \text{ mm.}$$

Pro vypočtenou střížnou mezeru  $z$  a pro zadaný průměr kruhového výstřižku  $D$  lze z tab. 3.5 odečíst potřebný stupeň přesnosti střížníku a střížnice: IT 7.



Pro zjištěný stupeň přesnosti nástrojů IT 7 lze ve strojnických tabulkách odečíst toleranci, která je rovna přídatku na zhotovení střížníku  $p_s$  a střížnice  $p_k$ :

$$p_s = p_k = 0,025 \text{ mm.}$$

Vzhledem k tomu, že výrobkem je výstřížek (část s vnitřním obrysem je odpad), je základní částí nástroje při stanovení jeho rozměrů střížnice.

Průměr otvoru střížnice dle tab. 3.6:

$$D_s = (D - 0,8 \cdot U_s) + p_s = (32 - 0,8 \cdot 0,14) + 0,025 = 31,888 + 0,025 \text{ mm.}$$

Průměr střížníku se dopočítá tak, že se od průměru otvoru střížnice odečte dvojnásobná hodnota minimální střížné mezery:

$$d_k = (D_s - 2 \cdot z_{\min}) - p_k = (31,888 - 2 \cdot 0,026) - 0,025 = 31,836 - 0,025 \text{ mm.}$$

### 1.3.4 Výpočet střížné síly a práce

Střížná síla je v každém okamžiku stříhání dána součinem dvou proměnných veličin, tj. stříhané plochy a pevnosti ve stříhu. Maximální střížnou sílu  $F_{\max}$  lze vypočítat podle rovnice (3.2).

**Střížná práce při stříhání ve stříhadlech s rovnými střížnými hranami** je dána vzorcem:

$$A = m_s \cdot F_{\max} \cdot s \quad (J), \quad (3.11)$$

kde je:

$m_s$  – koeficient závislý na druhu a tloušťce materiálu (viz tab. 3.7),

$F_{\max}$  – maximální střížná síla (N),

$s$  – tloušťka stříhaného materiálu (m).

Tab. 3.7 Hodnoty koeficientu  $m_s$  (–) pro výpočet střížné práce při stříhání ve stříhadlech

| Stříhaný materiál                                 | Tloušťka stříhaného materiálu $s$ (mm) |             |             |             |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                   | do 1                                   | 1 až 2      | 2 až 4      | nad 4       |
| ocel měkká<br>( $R_m = 250 \div 350$ MPa)         | 0,65 ÷ 0,70                            | 0,60 ÷ 0,65 | 0,50 ÷ 0,60 | 0,35 ÷ 0,50 |
| ocel středně tvrdá<br>( $R_m = 350 \div 500$ MPa) | 0,55 ÷ 0,60                            | 0,50 ÷ 0,55 | 0,40 ÷ 0,50 | 0,30 ÷ 0,40 |
| ocel tvrdá<br>( $R_m = 500 \div 700$ MPa)         | 0,42 ÷ 0,45                            | 0,38 ÷ 0,42 | 0,33 ÷ 0,38 | 0,20 ÷ 0,33 |
| Al, Cu (žíhané)                                   | 0,70 ÷ 0,75                            | 0,65 ÷ 0,70 | 0,55 ÷ 0,65 | 0,40 ÷ 0,55 |

## 1.4 NÁSTŘIHOVÉ PLÁNY

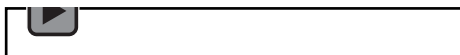
**Nástřihový plán** je způsob rozmístění stříhaných součástí na výchozím polotovaru, tj. tabuli nebo pásu plechu. Jeho účelem je především *maximální využití materiálu*, snadná manipulace při vystřihování (krátký krok, vystřížení více součástí najednou apod.), popřípadě splnění jiných technologických požadavků (přesnost, vhodný směr vláken apod.).

V sériové a hromadné výrobě je žádoucí používat plech ve svitcích, což umožňuje automatizovat jeho podávání. Při menších sériích nebo při zpracování materiálu, který hutní podniky nedodávají ve svitcích, se vychází z tabulí plechu, které se stříhají na pásy na tabulových nůžkách.





#### Audio 1.6 Nástrihový plán.



#### Nástrihový plán lze řešit:

- a) **početní metodou** – slouží pro návrh nástrihových plánů výstřižků jednoduchého, například kruhového tvaru. Touto metodou lze stanovit buď největší možný počet výstřižků z daného polotovaru nebo vhodný formát výchozího materiálu pro daný počet výstřižků.
- b) **empiricky** – používá se při návrhu hospodárného nástrihového plánu složitých tvarových součástí, např. s využitím papírových šablon budoucích výstřižků.

#### Základní zásady při konstrukci optimálního nástrihového plánu jsou:

- kruhový obrys výstřižku není výhodný, vhodnější jsou rovnoběžníkové tvary.
- seskupování výstřižků. (Základní způsoby seskupení výstřižků jsou uvedeny v tab. 3.8. U každého způsobu je uvedena varianta s přepážkou a varianta bez přepážky.)
- zvýšení využití materiálu lze docílit stříháním různých součástí na jeden zdvih.
- u větších sérií je výhodné využívat více střížníků stejného tvaru, čímž se docílí vystřižení více stejných výstřižků na jeden zdvih beranu lisu.

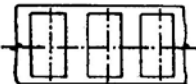
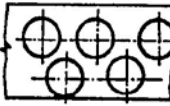
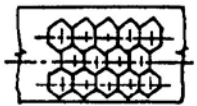
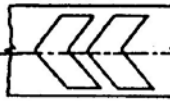
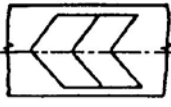
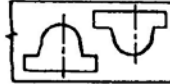
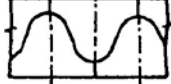
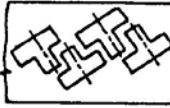
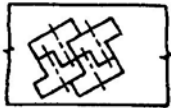
Mezi výstřižky je nutno nechat *přepážku*, jejíž šířka závisí na tloušťce plechu, tvaru výstřižku, na druhu materiálu, způsobu podávání apod. Velikosti přepážek a *bočního odpadu* při vystřihování z pásů podle způsobu rozložení, rozměrů a tloušťky výstřižků jsou uvedeny na obr. 3.3. Ztráty materiálu, způsobené přepážkami a okrajem, jsou citelné především u tlustších plechů.

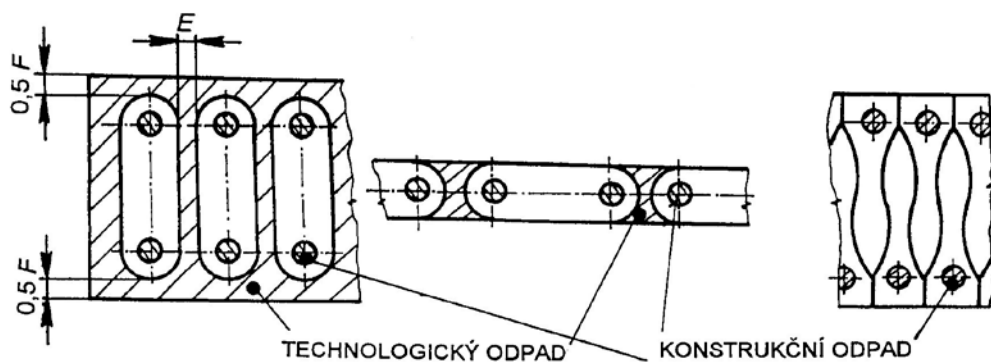
Přepážky lze zmenšit při použití klešťového nebo válečkového podávání u postupových nástrojů. Velikost přepážky však musí mít určitou minimální hodnotu, aby stříh jedné součásti nezpůsobil případnou deformaci sousední součásti a aby pás plechu i po vyděrování zůstal dostatečně tuhý a nebortil se při průchodu nástrojem. Boční odpad lze snížit, je-li šířka pásu přesná nebo je-li pás dobře veden, např. přitlačením k vodící liště při použití odpružených palců nebo odpružené lišty.

Největší úspory materiálu vzniknou, je-li možno přepážky i boční odpad úplně vynechat. Jde pak o tzv. *otevřený stříh*, kdy obvod součásti je vytvořen více stříhy a dobrý výsledek závisí na přesnosti stříhadla a podávání.

Tab. 3.8 Základní způsoby seskupení výstřižků

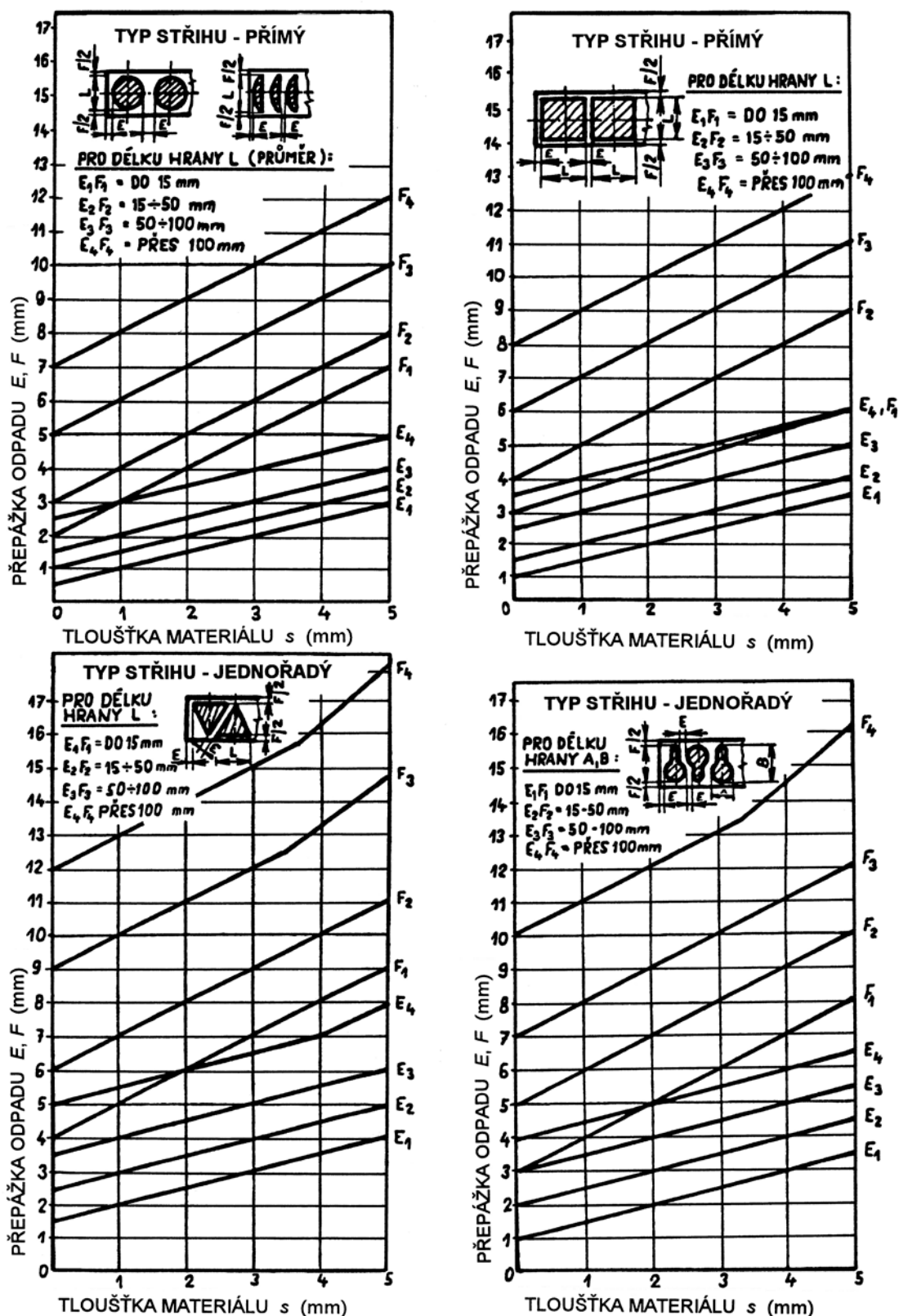


| Typ<br>stříhu  | Nástřihový plán                                                                     |                                                                                       |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                | s přepážkou                                                                         | bez přepážky                                                                          |
| přímý          |    |    |
| jednořadý      |    |    |
| víceřadý       |    |    |
| šikmý          |    |    |
| vstřícný přímý |    |    |
| vstřícný šikmý |  |  |



Obr. 3.2 Rozmístění výstřížků na výchozím materiálu ( $E$  – velikost přepážky,  $0,5.F$  – velikost bočního odpadu)





Obr. 3.3 Diagramy pro určení velikosti přepážek a bočního odpadu při vystřihování z pásů

Je-li třeba nejprve tabuli plechu rozstříhovat na pásy a následně z těchto pásů stříhat výstřižky, nástřihový plán spočívá v nakreslení obou těchto operací včetně kót. *Využitelný i nevyužitelný odpad* se v nástřihovém plánu označuje písmeny a kótuje, což umožňuje jejich přesné vyčíslení (obr. 3.10).



**Hospodárnost nástřihového plánu** se vyjadřuje součinitelem využití materiálu  $\eta$ , tj. poměrem plochy rozmístěných výstřižků  $S_v$  k ploše polotovaru  $S_p$ :

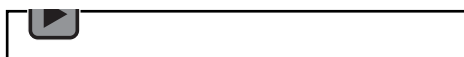
$$\eta = \frac{S_v}{S_p} \cdot 100 \quad (\%). \quad (3.12)$$

Čím větší je sériovost dané výroby, tím větší pozornost je třeba věnovat hospodárnosti nástřihového plánu.

**U plechových pásů** není známa plocha celého polotovaru, protože není známa přesná délka pásu. Z tohoto důvodu se výpočet *součinitele využití materiálu* provádí na **opakujícím se úseku pásu**. **Hospodárnost nástřihového plánu** by měla být u tabulí i u pásů plechu tím vyšší, čím je větší sériovost výroby.



**Audio 1.7 Hospodárnost nástřihového plánu.**



## 2 K JAKÝM ZKUŠEBNÍM OTÁZKÁM SE TATO PŘEDNÁŠKA VZTAHUJE:

1. Na co má vliv velikost střížné mezery? Jaký je rozdíl mezi střížnou mezerou a střížnou vůlí?
2. Při vystřihování, kdy je výrobkem výstřížek, odpovídá rozměr výstřížku rozměru střížnice, nebo střížníku?
3. Jak se vypočte střížná plocha, maximální střížná síla a střížná práce?
4. Vysvětlete výhody stříhání skloněnými noži. Jaké jsou nevýhody této technologie?
5. Jak se dají rozdělit zařízení ke stříhání?
6. Jaké znáte druhy nůžek? Jaké lisy se používají ke stříhání?
7. Co je to stříhadlo? Z jakých částí se stříhadlo skládá? Jak lze stříhadla rozdělit podle funkce? Jak je lze rozdělit podle způsobu vedení?
8. Co je to nástřihový plán? Jakými způsoby se nástřihový plán konstruuje? Jak lze stanovit hospodárnost nástřihového plánu?
9. Co jsou u technologie stříhání přepážky? Co je boční odpad? Co je u technologie stříhání využitelný odpad? Co je nevyužitelný odpad?



### 3 DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE – KNIHY, INTERNET, ...

- [1] BŘEZINA, R. Technologie I – část 1: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 80 s. ISBN 80-7078-439-3.
- [2] ČADA, R. Technologie I – část tváření a slévání: návody do cvičení: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 188 s. ISBN 80-7078-540-3.
- [3] PETRŽELA, Z., KUČERA, J. a BŘEZINA, R. Technologie slévání, tváření a svařování: skriptum. 2. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1987. 329 s. (bez ISBN).
- [4] PETRŽELA, Z. Základy teorie a technologie strojírenského tváření: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1980. 378 s. (bez ISBN).
- [5] ČABELKA, J. a kol. Mechanická technológia. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1967. 1036 s. (bez ISBN).
- [6] BŘEZINA, R. a ČADA, R. Speciální technologie – technologie tváření: skriptum. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě, 1992. 257 s. ISBN 80-7078-122-X.
- [7] NOVOTNÝ, K. a MACHÁČEK, Z. Speciální technologie I: Plošné a objemové tváření: skriptum. 2. vyd. Brno: VUT v Brně, 1992. 171 s. ISBN 80-214-0404-3.



## 4 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BŘEZINA, R. Technologie I – část 1: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 80 s. ISBN 80-7078-439-3.
- [2] ČADA, R. Technologie I – část tváření a slévání: návody do cvičení: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 188 s. ISBN 80-7078-540-3.
- [3] PETRŽELA, Z., KUČERA, J. a BŘEZINA, R. Technologie slévání, tváření a svařování: skriptum. 2. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1987. 329 s. (bez ISBN).
- [4] PETRŽELA, Z. Základy teorie a technologie strojírenského tváření: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1980. 378 s. (bez ISBN).
- [5] ČABELKA, J. a kol. Mechanická technológia. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1967. 1036 s. (bez ISBN).

