

# Konstrukce prostřihovacího zařízení

Pavel Trávníček

---

Bakalářská práce  
2007

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2006/2007

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel TRÁVNÍČEK**  
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Téma práce: **Konstrukce prostřihovacího zařízení**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie na dané téma
2. Technologický návrh prostřihovadla pro ruční vřetenový lis
3. Konstrukce zařízení v programu Inventor
4. Ověření funkčnosti


Rozsah práce:  
Rozsah příloh:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:  
**dle doporučení vedoucího práce**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ondřej Bílek**  
Ústav výrobního inženýrství  
Datum zadání bakalářské práce: **13. února 2007**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2007**

Ve Zlíně dne 13. února 2007

  
prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.  
děkan



  
doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
ředitel ústavu

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá konstrukcí lisovacího zařízení, které je navrženo pro stříhání tenkých plechů. Jeho použití je však všestrannější, je možné ho použít při stahování ložisek, ohýbání, děrování.

Zařízení je spíše určeno pro kusovou výrobu a pro výrobky menších rozměrů.

V teoretické části je popsána problematika tváření, ať už to samotné stříhání, válcování tak ohýbání.

V praktické části jsem sám navrhl samotné lisovací zařízení a zkontroloval pevnostními výpočty. Lis jsem modeloval pomocí programu Inventor.

Klíčová slova: Tváření, stříhání plechů, lisovací zařízení

## **ABSTRACT**

This project has been intended to construct cutting die, which is a device to cut slim metal plates. His usage is most useful, it can be used with pull down bearing, roll bending, perforation.

Mechanism is useful for single-part production and for small products.

The problem of molding has been described in theoretical part of the project. It's cutting, rolling, roll-bending.

The cutting die has been constructed in the practical part. The strength has been verified by mathematical calculations. The die has been simulated in the Inventor software.

Keywords: molding, cutting plates, lever press, construction

Touto cestou děkuji svému vedoucímu bakalářské práce, ing. Ondřeji Bílkovi, za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady a čas, který mi věnoval při vypracování bakalářské práce.

motto:

„Audacem fortuna iuvat“

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 TVÁŘENÍ</b> .....	<b>11</b>
1.1 TVÁŘENÍ Z STUDENA.....	12
1.1.1 Válcování.....	13
1.1.2 Ohýbání.....	15
1.1.3 Tažení.....	19
1.1.4 Protlačování.....	23
1.1.5 Stříhání.....	24
1.2 TVÁŘENÍ ZA TEPLA.....	29
1.2.1 Volné strojní kování.....	30
1.2.2 Zápustkové kování.....	34
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>37</b>
<b>2 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>38</b>
<b>3 TECHNOLOGICKY NÁVRH</b> .....	<b>39</b>
3.1 VLASTNOSTI VÝSTŘÍŽKU.....	41
3.2 NÁSTŘIŽNÝ PLÁN.....	42
3.2.1 Velikost můstku „ m “.....	42
3.2.2 Velikost bočního odpadu „ n “.....	42
3.2.3 Určení kroku s tolerancí „ k “.....	42
3.2.4 Určení šířky pásu plechu „ b “ s tolerancí.....	43
3.3 EKONOMIE STŘÍHÁNÍ.....	43
3.3.1 Plocha výstřížku $S_v$ :.....	44
3.3.2 Plocha kroku $S_k$ :.....	44
3.3.3 Vlastní výpočet součinitele využití „ km “ :.....	44
3.4 URČENÍ STŘIŽNÉ VŮLE „ v “.....	45
3.5 VÝPOČET JEDNOTLIVÝCH STŘIŽNÝCH SIL „ FS “ A VÝSLEDNÉ STŘIŽNÉ SÍLY.....	45
3.5.1 Délka obvodu výstřížku „ $l_{ov}$ “.....	45
3.5.2 Délka obvodu díry „ $l_{od}$ “.....	45
3.5.3 Výpočet střížné teoretické síly „ $F_{S,t}$ “.....	46
Výpočet střížné teoretické síly pro vystřížení obvodu.....	46
Výpočet střížné teoretické síly pro vystřížení děr.....	46
3.5.4 Výpočet celkové skutečně střížné síly „ $F_{S,c}$ “.....	47
3.5.5 Výpočet celkové skutečné střížné síly „ $F_{S,Csk}$ “.....	47
3.6 URČENÍ POLOHY STOPKY.....	47
3.6.1 Početní metoda.....	48
3.7 VÝPOČET ROZMĚRU STŘIŽNÍKU A STŘIŽNICE.....	50
3.7.1 Vystřihování tolerovaných rozměru.....	50
3.7.2 Děrování tolerovaných rozměru.....	51

3.8	PEVNOSTNÍ KONTROLA STŘIŽNÍKU .....	52
3.8.1	Na tlak.....	52
	Kontrola střížníku obvodu.....	52
	Kontrola střížníku děr .....	52
3.8.2	Na vzpěr.....	53
	Kontrola střížníku děr .....	53
3.9	NÁVRH ROZMĚRU DESEK PROSTŘIHOVADLA .....	54
3.9.1	Rozměry střížnice dle nástřížného plánu.....	54
	Šířka střížnice „ B1 “.....	54
	Délka střížnice „ B2 “.....	54
3.9.2	Výšky desek prostřihovadla .....	55
	Výška hlavice pohyblivé části prostřihovadla...H4.....	55
	Výška upínací desky pohyblivé části prostřihovadla...H3.....	55
	Výška vodící desky pevné části prostřihovadla...H1 .....	56
	Výška vodící lišty v pevné části prostřihovadla...H6.....	56
	Výška podpěrné desky pevné části prostřihovadla...H7.....	56
	Výška základové desky pevné části prostřihovadla...H2.....	56
3.9.3	Návrh vložky .....	57
	Kontrolní výpočet o použití vložky konkrétně .....	57
<b>4</b>	<b>KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ V PROGRAMU INVENTOR.....</b>	<b>58</b>
4.1	JEDNOTLIVÉ KOMPONENTY LISOVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	59
4.1.1	Střížníky .....	61
4.1.2	Střížnice .....	62
4.1.3	Matice .....	62
4.1.4	Vřeteno a páka .....	63
4.1.5	Dorazy.....	63
<b>5</b>	<b>OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI.....</b>	<b>65</b>
5.1	VÝPOČET ZDVIHU BERANU LISU.....	65
5.2	VÝPOČET PRŮMĚRU ŠROUBU .....	65
5.3	VÝPOČET POČTU ZÁVITU MATICE.....	65
5.4	VÝPOČET VÝŠKY MATICE .....	66
5.5	VÝPOČET ÚHLU STOUPÁNÍ ZÁVITU .....	66
5.6	VÝPOČET TŘECÍHO ÚHLU .....	66
5.7	VÝPOČET SÍLY POTŘEBNÉ PRO UTAHOVÁNÍ .....	67
5.8	VÝPOČET ÚČINNOSTI PŘI UTAHOVÁNÍ .....	67
5.9	VÝPOČET KROUTÍCÍHO MOMENTU VŘETENA.....	67
5.10	VÝPOČET SÍLY PŮSOBÍCÍ NA PÁKU .....	67
5.11	KONTROLA ŠROUBU NA VZPĚR .....	67
5.12	KONTROLA TLAKU V ZÁVITECH .....	68
5.13	KONTROLA ŠROUBU NA KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ.....	68
5.14	VÝPOČET TLOUŠTKY MATICE.....	69

5.15	KONTROLA MATICE NA KRUT.....	69
5.16	VÝPOČET PRŮMĚRU D MATICE Z TLAKU.....	70
5.17	KONTROLA TLAKU POD KULOVÝM ČEPEM.....	70
5.18	KONTROLA HORNÍ DESKY LISU NA OHYB.....	70
5.19	KONTROLA BOČNIC NA TAH.....	71
5.20	KONTROLA PÁKY LISU NA OHYB.....	71
5.21	VÝPOČET PRŮMĚRU LÍC. ŠROUBU V RÁMU LISU.....	72
<b>ZÁVĚR.....</b>		<b>73</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>74</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>75</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....</b>		<b>77</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>80</b>



## ÚVOD

Projekt se zabývá návrhem ručního vřetenového lisu pro pohon prostřihovadla. Projekt je koncipován univerzálně, proto je možné na upínací desku upevnit jiné přípravky a použít ruční vřetenový lis i pro jiné druhy prací (stahování ložisek, ohýbání, tažení, lisování, .... ).

V technologické části jsem ze zadaných hodnot určil rozměry plechu, ze kterého jsou výstřižky vystřiženy. Z těchto hodnot jsem určili rozměry střížníku a střížnice a dále celého prostřihovadla.

Z rozměru prostřihovadla jsem vycházel v konstrukční části.

Jako nejvýhodnější jsem zvolil variantu se šrouby a kolíky, protože celý rám lisu lze snadno demontovat a je možné kteroukoliv opotřebovanou součást vyměnit. Ve výpočtové části jsou navrženy a zkontrolovány rozměry vřetene a matice, návrh a kontrola uložení čepu v kluzném pouzdře a kontrola rozměru rámu lisu.

Montáž šroubového vřetenového lisu je jednoduchá a levná, je možné jej použít pro různé druhy prací díky univerzálnosti zdvihu upínací desky.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 TVÁŘENÍ

Při zpracování kovových materiálů tvářením využíváme jejich plasticitu, tj. jejich schopnost přetvoření, aniž v nich vznikne porucha.

Tvářením můžeme zhotovit určité výrobky mnohem rychleji, buď jedinou operací, nebo několika za sebou následujícími operacemi. Technologie tvářením zahrnuje řadu tvářecích metod, jež se dělí podle použité tvářecí teploty na:

1. Tvářením za studena – tváří se za normální teploty, při níž se materiál zpevňuje v závislosti na stupni přetvoření
2. Tvářením za tepla – tváří se za tak vysoké teploty, že při ní nevznikne zpevnění materiálu následkem deformace, neboť účinek tvářením je zde v rovnováze s účinkem rekrystalizace

Další rozlišení lze provést podle druhu přetvoření, jemuž je zpracováván materiál podroben, tj. podle toho, zda se materiál tvářením prodlužuje, pěchuje, ohýbá nebo stříhá.

Při tvářením je třeba si uvědomit:

- a) Objem tělesa před deformací „V“ je stejný jako objem tělesa po deformaci tzn. že tvářením hranol (válec apod.) sice změní své rozměry, ale ne objem.
- b) Přemísťují-li se body deformovaného tělesa v různých směrech, přemísťuje se každý bod ve směru nejmenšího odporu.

Přetvárná rychlost „c“ – je rychlost přibližování průřezů stlačovaného kovu vzdálených od sebe o délkovou jednotku. Označuje se také jako rychlost deformace (není totožná s rychlostí tvářecího nástroje.

$$c = \frac{v}{l_0} \quad (1)$$

kde „v“ je rychlost tvářecího nástroje ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

„ $l_0$ “ je stlačovaná (pěchovaná) výška (m)

Přetvárný odpor „k“ – je napětí potřebné k dosažení trvalých deformací tvářením materiálu. Hodnota „k“ (Obr.1) je větší než „ $R_m$ “ (vliv tření, „c“, nestejněměrná teplota deformace, výsledný tvar ).

Přetvárná síla „ $F_k$ “ – je celková síla potřebná k trvalé deformaci materiálu, kterou musí nástroj vyvinout:

$$F_k = k \cdot S \quad (2)$$

kde „ $k$ “ je přetvárný odpor (MPa)

„ $S$ “ je plocha, na kterou působí síla ( $\text{mm}^2$ )

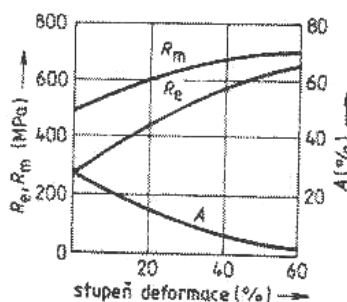


Obr. 1 Závislost přetvárných odporů na rychlosti tváření

## 1.1 Tváření z studena

Při tváření za studena nastává vlivem různého směru kluzných rovin nerovnoměrná deformace, která způsobuje zpevnění kovu (Obr.2). Zrna výchozího materiálu se tvářením prodlužují ve směru největšího přemístování kovu a vytvářejí texturu (Obr.3)

Plasticita kovových materiálů závisí na jejich teplotě a na chemickém složení. Při tváření za studena se plasticita zmenšuje v závislosti na velikosti přetvoření a v závislosti na rychlosti zpevňování. Při daném stupni přetvoření vznikne u některých kovů značné zpevnění (musí se i po malém přetvoření vyžít), kdežto jiné kovy se zpevní při stejném přetvoření jen nepatrně (vydrží bez poruchy poměrně velké přetvoření).



Obr. 2 Změny mechanických vlastností ocelí tvářených za studena

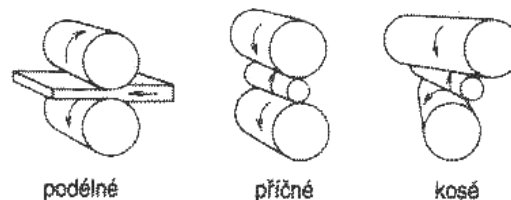


Obr. 3 Změna zrn tvářením

### 1.1.1 Válcování

Je tvářením kovů rotujícími válci. Materiál je mezi ně vtahován a zároveň stlačován a prodlužován. Podle uložení os válců vzhledem k válcovanému materiálu a podle průběhu deformace rozeznáváme válcování (Obr.3):

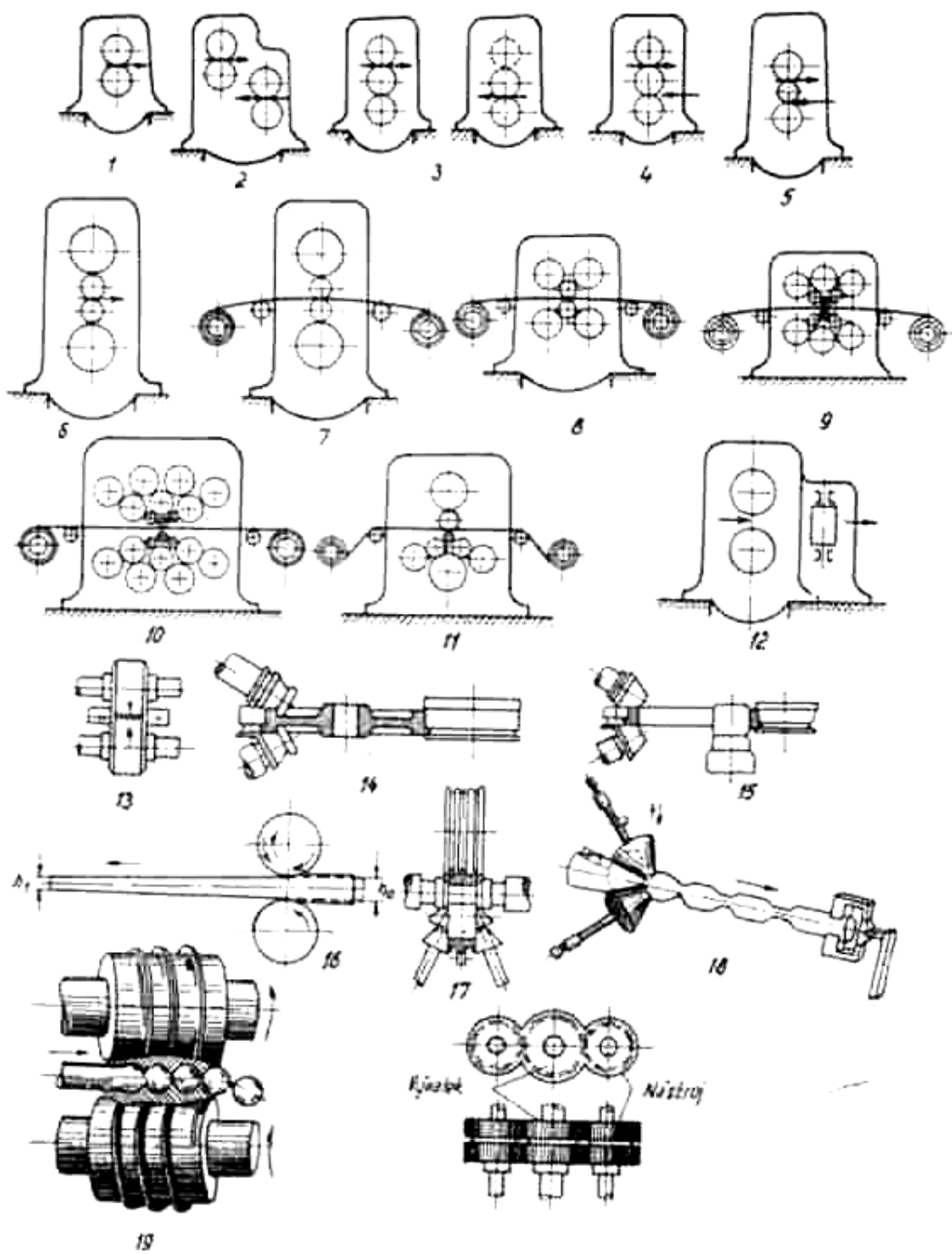
- o Podélné – materiál se tváří ve směru podélném (vyrábějí se tak dlouhé polotovary, jako tyče, kolejnice apod.)
- o Příčné – materiál kruhového průřezu se tváří ve směru radiálním (příčném), čímž se válcují např. osazené hřídele, které mají různé osazení podél osy
- o Kosé – materiál kruhového průřezu je tvářen mezi dvěma válci s mimoběžnými osami. Obvodová rychlost válce se rozkládá na složku vyvolávající rotaci vývalku a na složku, jež vyvolává jeho posuv.



Obr. 4 Druhy válcování

Válce (hladké nebo kalibrované) jsou uloženy ve stojanech a s příslušenstvím tvoří válcovací stolici. Práce zpravidla nekončí v jedné válcovací stolici. Proto jsou válcovací stolice uspořádány buď vedle sebe nebo za sebou, a tvoří tak *válcovací trať*. Podle počtu válců a způsobu práce jsou válcovací stolice (Obr.4):

- o Dvouválcové (dua), čtyřválcové (kvarto) i reversní
- o Tříválcové (tria), šestiválcové, dvanáctiválcové i reversní, atd.
- o Universální
- o Kombinované víceválcové stolice



Obr. 5 Uspořádání válců

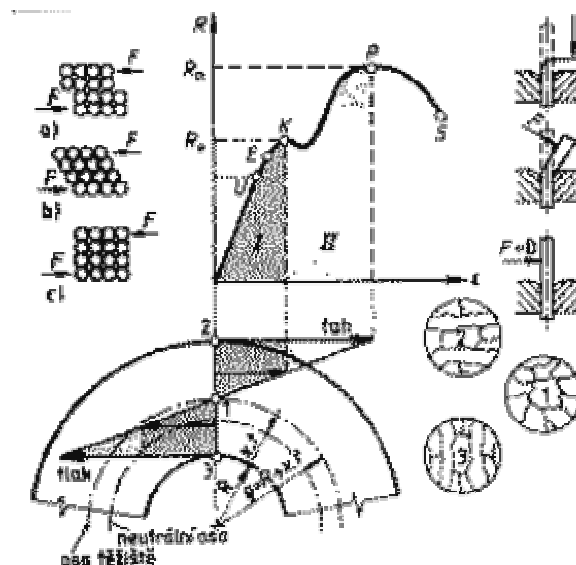
Žádaného průřezu se dosáhne postupně, buď přibližováním válců, nebo změnou kalibru (díry mezi tvarovými povrchy válců).

Válcováním se zpracovává až 80 % vyrobené oceli. Kromě oceli se válcuje také velké množství neželezných kovů a jejich slitin, jako slitiny hliníku, mědi apod.

### 1.1.2 Ohýbání

Je to způsob tváření, při kterém je materiál trvale deformován pod různými úhly ohybu s menším nebo větším zaoblením hran. Nástrojem je ohýbadlo, výrobkem výlisek.

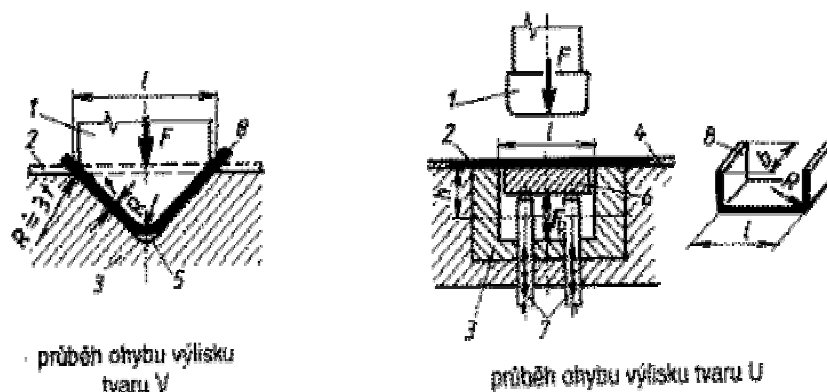
Ohýbání je pružně plastická deformace (Obr.6), která má různý průběh od povrchu materiálu k neutrální ose.



Obr. 6 Napětí v krajních vláknech ohýbaného materiálu

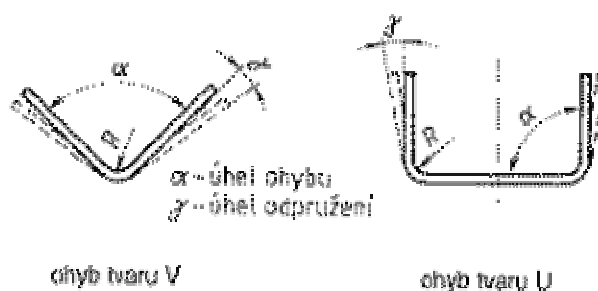
V krajních vláknech materiálu dosahuje tento maximálních hodnot „Re“ až „Rm“. Kolem střední části průřezu ohýbaného materiálu jsou tahová respektive tlaková napětí malá (pod mezí „Re“).

Při ohybu jsou průřezy s delší stranou na výšku více deformovány než průřezy s delší stranou na ležatě.



Obr. 7 Příklady ohýbání

Neutrální vlákno (osa) je v ohýbané části materiálu posunuta k vnitřní straně ohybu. Není totožná s osou těžiště ohýbaného materiálu (o hodnotu „ $x$ “). U tenkých profilů je tento rozdíl nepatrný a roste s tloušťkou profilu. Součinitel „ $x$ “ závisí na poměru  $R/t$ .



Obr. 8 Zpětné odpružení materiálu po ohybu

Zpětné odpružení (Obr.8) ohýbaných součástí (výlisků) je způsobeno účinkem pružné deformace materiálu kolem neutrální osy. Velikost úhlu odpružení „ $\gamma$ “ závisí na tvárnosti materiálu poměru  $R/t$  a způsobu ohýbání (bývá  $3^\circ$  až  $15^\circ$  viz Obr.29).



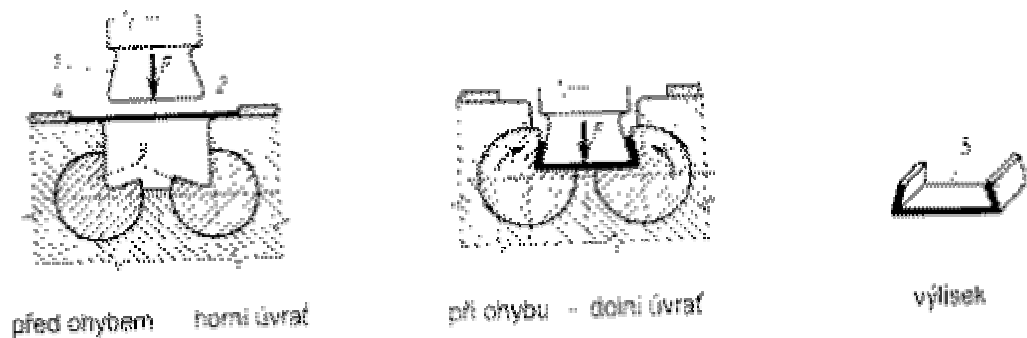
Hodnoty úhlu odpružení

Materiál	R/t	
	0,8 až 2	> 2
320 MPa	1°	3°
Ocel $R_m$ 320 až 400 MPa	3°	5°
400 MPa	5°	7°
Mosaz měkká	1°	3°
Mosaz tvrdá	3°	5°
Hliník	1°	3°

Obr. 9 Hodnoty úhlu po odpružení

Nástrojem pro ohýbání je ohýbadlo (Obr.10). Hlavními částmi ohýbadla jsou:

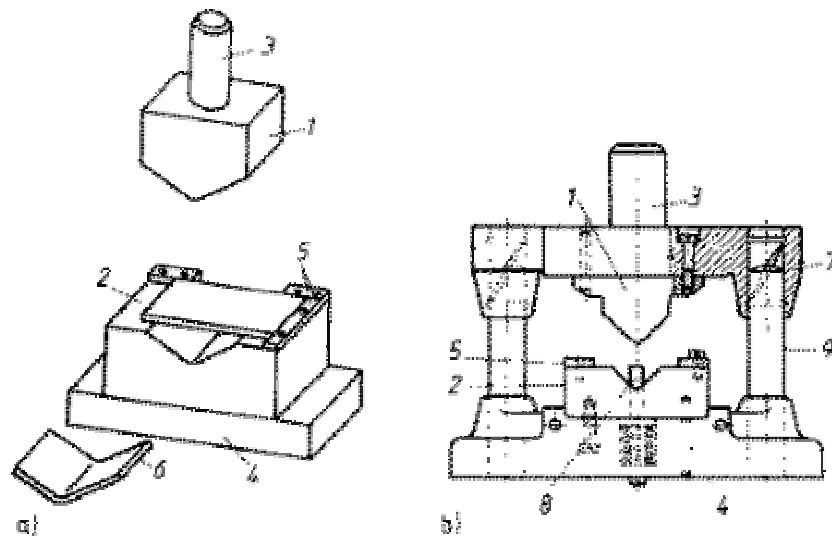
- o Ohybník (pohyblivá čelist)
- o Ohybnice (pevná čelist)
- o Zakládací dorazy
- o Pomocné části – např. vyhazovač, vodící sloupky, přidržovač, základová deska apod. (Obr.10)



Obr. 10 Ohýbadlo s otočnými čelistmi

1.pohyblivá, 2.čelist, 3.materiál, 4.otočné čelisti, 5.zakládací dorazy, 6. výlisek

Výměnnou pohyblivých a pevných částí lze ohýbat různé tvary (Obr.10)



Ohýbadlo - a) jednoduché ohýbadlo, b) ohýbadlo s vodícími sloupky  
 1 - pohyblivá čelist, 2 - pevná čelist, 3 - stopka, 4 - základová deska, 5 - zakládací dorazy, 6 - výlisek, 7 - hlavice, 8 - vyhazovač, 9 - vodící sloupek

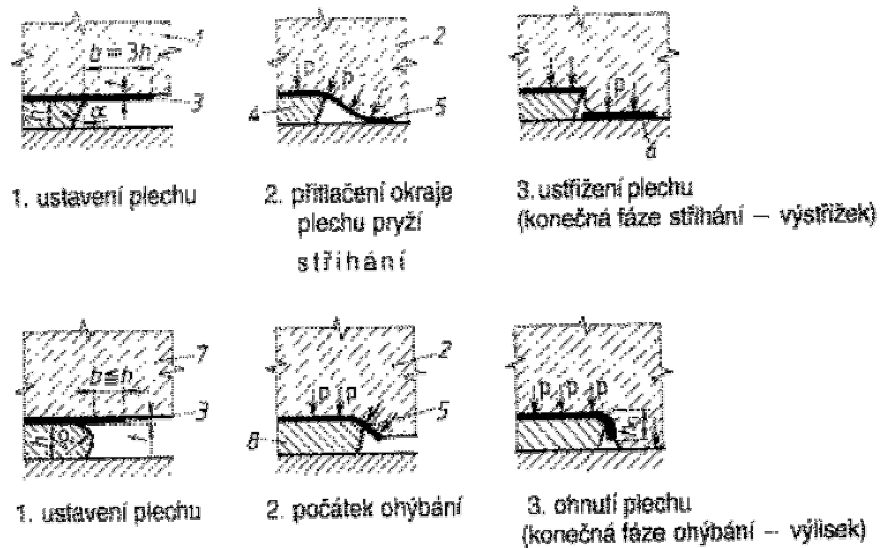
Obr. 11 Ohýbadlo

a)jednoduché, b)ohýbadlo s vodícími sloupy

1.pohyblivá část, 2.pevná čelist, 3. stopka, 4.základová deska, 5.zakládací dorazy,

6.výlisek, 7.hlavice, 8.vyhazovač, 9.vodící prvek

**Zvláštní ohýbání** (tváření) pomocí pryže (Obr. 12) využívá elastických vlastností pryže, která je vložena v polozavřené ocelové skříni. Zatlačením nástroje do pryže vznikne potřebné napětí k tváření plechu.



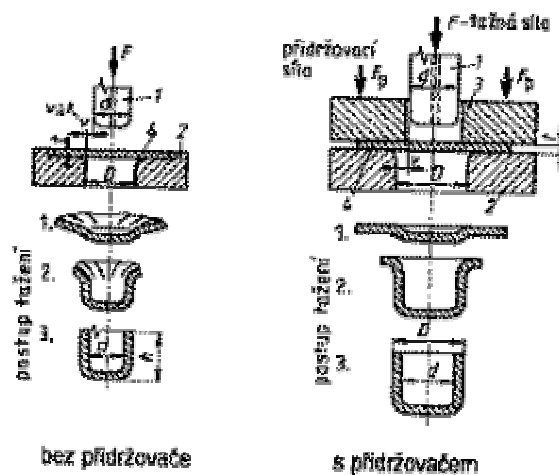
Obr. 12 Ohýbání

### 1.1.3 Tažení

Je takový technologický postup tváření, kdy rovný plech – přístřih (výstřížek) je tvářen do polouzavřeného tvaru, tzn. že dochází k mechanickému zpracování materiálu přemístováním jeho částic bez porušení soudržnosti.

Nástrojem je tažidlo, výrobkem je výtažek.

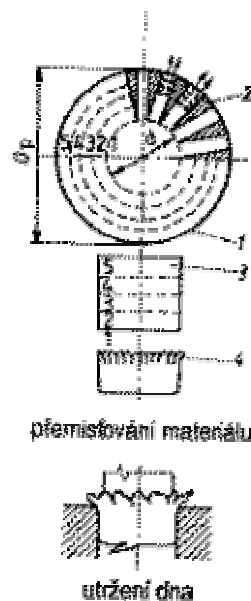
**Přístřih** (tvářený plech) se táhne mezi tažnicí (pevná část) a tažníkem (pohyblivá část) viz Obr.13. Materiál se musí přemístit, tzn. vytáhnout ve směru poloměru tažníku a zároveň ve směru obvodu stlačit (vrstvy 2 až 5 Obr.14). Jinak by se zvětšovala tloušťka nebo by se materiál vlnil.



Obr. 13 Tažení

1.tažník, 2.tažnice, 3.přídržovač, 4.výstřižek

Čím větší bude rozdíl vnějším průměrem přístříhu „ $D_p$ “ a vnitřním průměrem „ $d$ “, tím více materiálu se musí přemístit (Obr.14). Aby se zabránilo zvlnění, používá se přídržovač (Obr.13). Mezi přídržovačem a horní plochou tažnice se vytvoří mezera velikosti tloušťky přístříhu, v níž může tento klouzat, ale nemůže se vlnit. Tažení mělkých a tlustších plechů (přístříhů) se může provádět bez přídržovače.



Obr. 14 Přídržovač

1.výstřižek, 2.přebytečný materiál, 3.vrstvy materiálu, 4.přehyby

Hlubší a složitější nádoby se nemohou vyrobit za pomoci jednoho tahu, ale je nutno použít více tahů (každý s jiným průměrem „d“). Počet operací potřebných ke zhotovení konečného tvaru výtažku se určuje součinitelem odstupňování tahu (součinitel tažení) „m“.

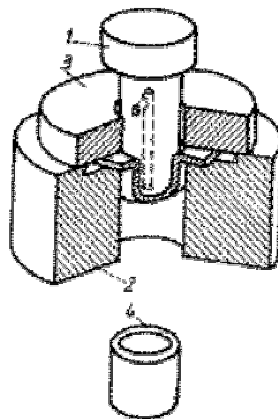
Pro kruhové výtažky je dán vztahem:

$$m = \frac{d}{D_p} \quad (3)$$

Je-li  $m < 0,55$  (pro oceli), pak je nutné zhotovit výtažek na několik operací, jinak by se materiál trhal. Často je potřeba výtažky mezi jednotlivými tahy normalizačně žíhat.

Nástroje pro tažení se nazývají tažidla (Obr.15). Hlavními částmi tažidla jsou:

- o Tažník
- o Tažnice
- o Přidržovač



Obr. 15 Tažidlo

1.tažník, 2.tažnice, 3.přidržovač, 4.výtažek

Hlavní technologické zásady lze shrnout takto:

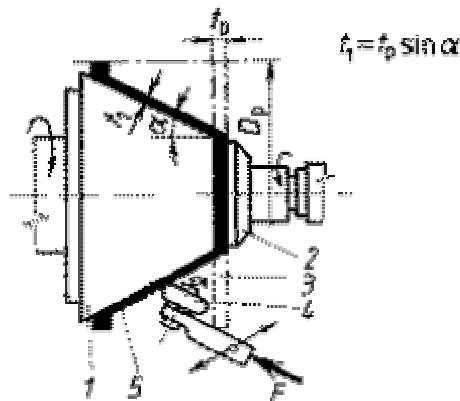
- o Při určování rozměrů přístřihu musí být objem materiálu výtažku „V“ stejný jako objem materiálu polotovaru „V<sub>p</sub>“ (přístřihu).
- o Průměr kruhových přístřihů „D<sub>p</sub>“ pro válcové nádoby bez ztenčení stěny se rovná:

$$D_p = \sqrt{d_s^2 + 4 \cdot d_s \cdot h} \quad (4)$$

kde  $d_s$  ...střední průměr výtažku,  $h$  ...výška výtažku včetně přídávku

- o Velikost objemu materiálu polotovaru pro nepravidelné tvary se nejlépe určují zkusmo. Na plech se nakreslí pravoúhlá síť a vytáhne se výtažek. Podle deformace sítě se pak určí skutečná velikost objemu materiálu polotovaru.
- o K tažení se musí použít materiál se zaručenou tažností.

Rotačním tlačáním plechu (Obr.16) se vyrábějí duté rotační součásti z tenkých plechů. Náklady na nástroj jsou minimální a je možno touto technologií provádět tlačení i se ztenčením stěny.

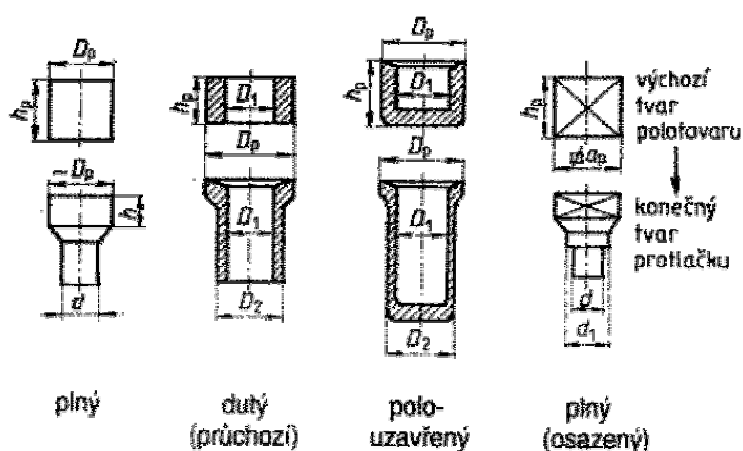


Obr. 16 Rotační tlačení se ztenčením stěny

1.kovová forma, 2.přítlačné příruba, 3.polotovar, 4.tlačná kladka, 5.výrobek

### 1.1.4 Protlačování

Protlačování za studena je postup tváření, při kterém na výchozí polotovaru působí tlak průtlačníku proti průtlačnici (Obr.17). Tím v polotovaru vzniká velké krátkodobé napětí, které dosahuje hodnoty přetvárného odporu (až 3000 MPa). Materiál se začne chovat jako by byl „tekutý“. Tvářený materiál se pod tak velkým pnutím začne přemísťovat a jeho směr pohybu je pak určen konstrukcí nástroje.

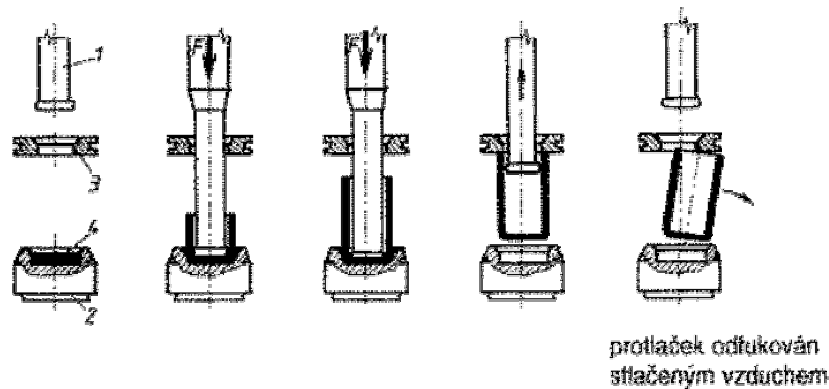


Obr. 17 Dopřední protlačování – tvary protlačků

Získaný výrobek se nazývá protlaček. Podle směru pohybu tvářeného materiálu vzhledem k pohybu průtlačníku dělíme protlačování na:

- o Dopředné
- o Zpětné (Obr.18)
- o Sdružené
- o Stranové

Vzhledem k velikosti přetvářených odporů jsou pro protlačování vhodné materiály s tažností větší než 10% a kontrakcí větší než 50%. Tomu odpovídají oceli s obsahem uhlíku do 2%. Dále se protlačují neželezné kovy, jako olovo, cín, měď, hliník a jejich slitiny.



Obr. 18 Postup zpětného protlačování

1.průtlačník, 2.průtlačnice, 3.stírač, 4.kalota(polotovár)

Využití materiálu tvářeného touto technologií je vysoké (90 až 100 %). Materiál se také zpevňuje, což znamená zvýšení pevnosti a přetvárného odporu, ale i pokles tažnosti.

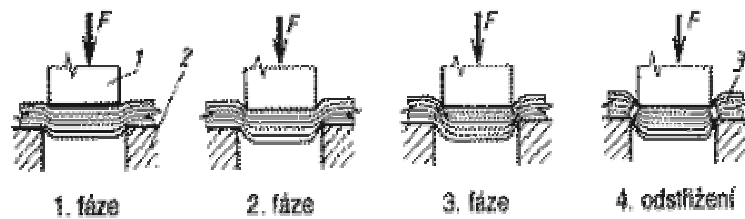
### 1.1.5 Stříhání

Stříhání je takový postup tváření, při kterém je materiál současně nebo postupně odělován v celém průřezu.

Stříhání se provádí nůžkami nebo stříhacími nástroji – stříhadly (Obr.21). Průběh stříhání plechu stříhadly lze rozdělit do tří fází:

1. Pružná deformace - napětí ve stříhaném materiálu nepřesahuje mez kluzu
2. Trvalá deformace - napětí ve stříhaném materiálu je vyšší než mez kluzu, přičemž největší napětí je v okolí hran střížníku a střížnice.
3. Stříhání – napětí ve stříhaném materiálu dosáhne meze pevnosti ve smyku (stříhu). Trhlínky vzniklé u hran střížníku a střížnice nastřížením se rychle rozšiřují až se výstřížek úplně oddělí od základního materiálu. Výstřížek se oddělí dříve, než projde střížník celou tloušťkou stříhaného materiálu.

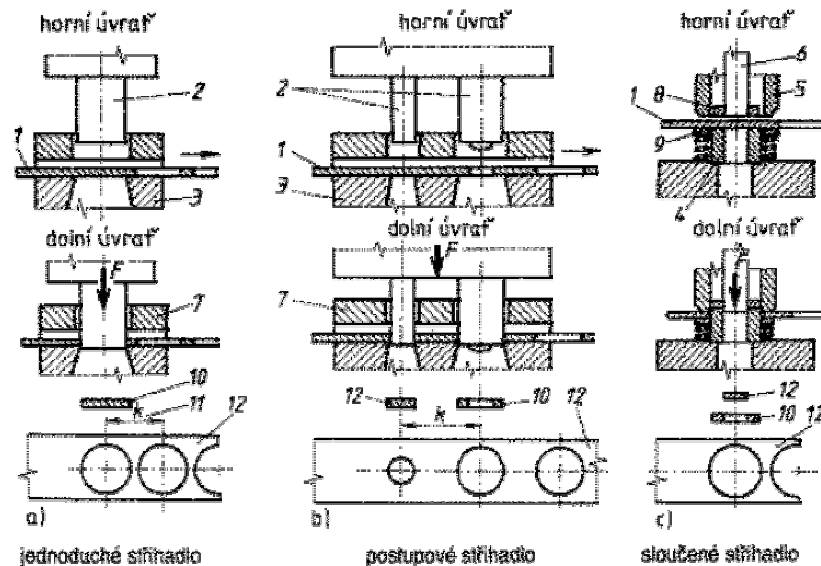




Obr. 19 Princip stříhání stříhadly

1.střížník, 2.střížnice, 3.materiál

Aby se trhlínky (nástříhy) materiálu od střížnice a střížníku setkaly a materiál se hladce oddělil, musí být mezi střížnicí a střížníkem vůle. Bývá asi v rozmezí 5 až 12 % tloušťky materiálu. U ocelí bývá  $v = (0,05 \text{ až } 0,07) \times t$



Lisovací nástroje

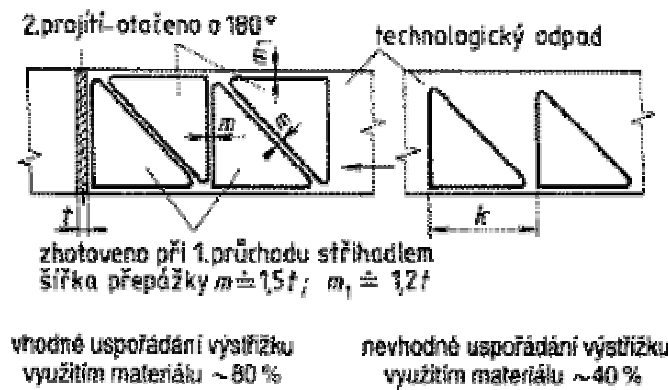
1 – materiál, 2 – střížník, 3 – střížnice, 4 – střížník pro obrys a střížnice pro díru,  
5 – střížnice pro obrys, 6 – střížník pro díru, 7 – vodičko (stírač), 8 – vyhazovač,  
9 – stírač, 10 – výstřížek, 11 – krok, 12 – odpad

Obr. 20 Lisovací stroje

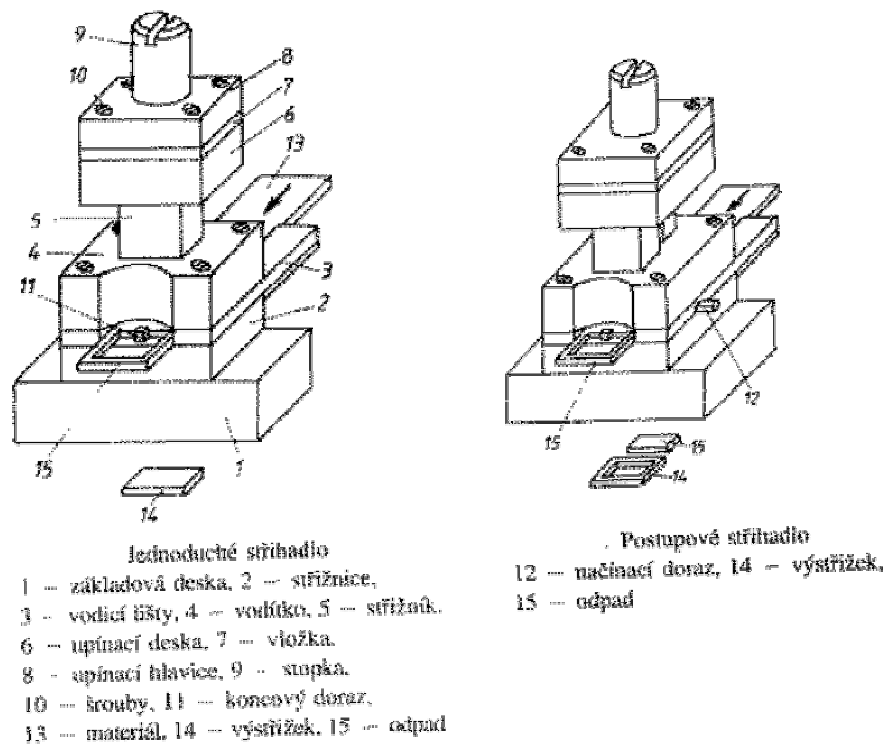
Hlavní částí stříhadla (Obr.21) jsou:

- o Střížník – pohyblivá část
- o Střížnice – pevná část
- o Vodičí lišty – vedou stříhaný materiál
- o Dorazy – omezují posuv mezi jednotlivými zdvihy střížníku
- o Pomocná zařízení – zajišťují správný chod (např. upevňovací, posuvové, vyhazovací aj. ).

Tvar výstřížku a jeho uspořádání na pásu ovlivňuje využití stříhaného materiálu (Obr.22). Při stříhání vzniká tzv. technologický odpad (závisí na uspořádání výstřížku na pásu) a konstrukční odpad (závisí na vnitřním a vnějším tvaru součásti).



Obr. 21 Uspořádání výstřížků na pásu



Obr. 22 Prostřihovadla

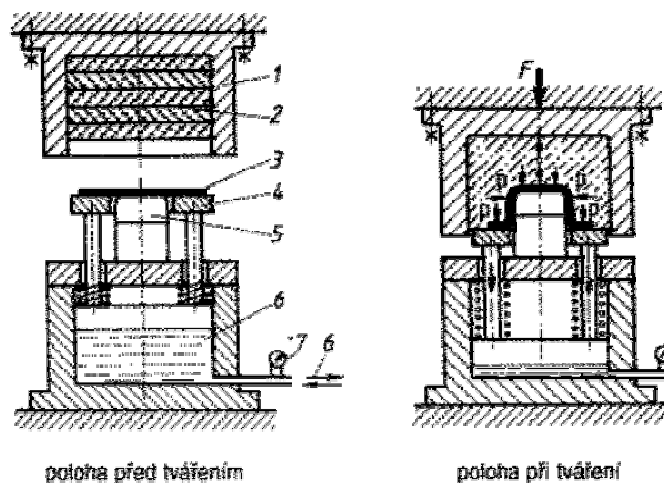
Hospodárné využití materiálu (pásu) posuzuje (hodnotí) výpočtem součinitele „ $k_m$ “, který má být větší než 0,7 (70%):

$$k_m = \frac{\text{celková plocha výstřižků zhotovených z pásu}}{\text{plocha pásu}} \quad (5)$$

### Zvláštní způsoby tváření

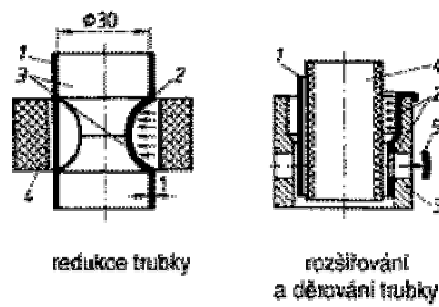
Při tváření dochází k mechanickému zpracování materiálu přemísťováním jeho částic bez porušení soudržnosti. To lze provádět mnoha způsoby jako:

- o Pryží – metoda Marform (Obr.22), Hydroform (Obr.25)
- o Hydromechanické tažení – metoda Hydro-Mec
- o Elektromagnetické tváření – (Obr.20)
- o Rozšiřování kapalinou, pryží – používá se u tenkostěnných trubek či výtažků (Obr.23)
- o Výbuchem – používá se u výroby velkých (rozměrných) výlisků (Obr.24)



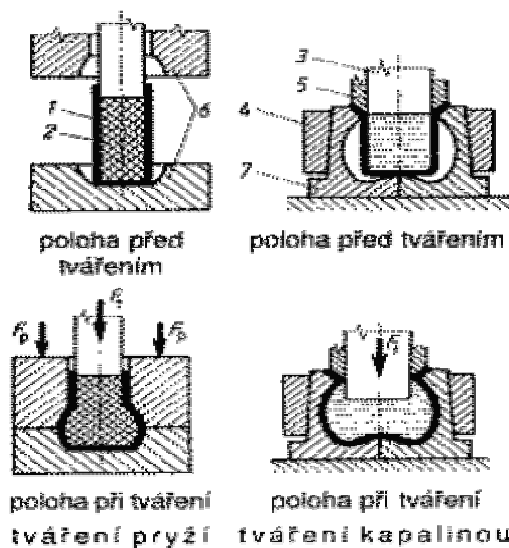
Obr. 23 Tažení pryží metodou Marform

1.skříň, 2.pryž(tažnice), 3.tvářený plech, 4.hydraulický přidržovač, 5.tažník, 6.kapalina



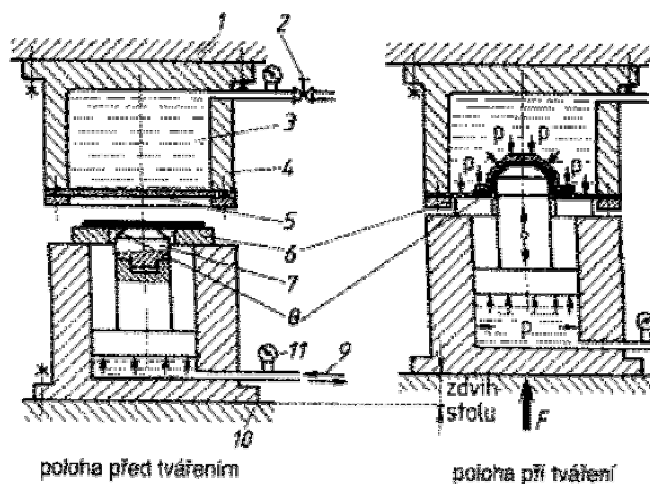
Obr. 24 Elektromagnetické tváření

1.materiál před tvářením, 2.po tváření(výrobek), 3.nástroj, 4.pracovní cívka, 5.odpad



Obr. 25 Rozšiřování nádob

1.výtažek, 2.pryž, 3.píst(tažník), 4.kroužek, 5.přidržovač, 6.dvoudílná tažnice



Tažení a ohýbání pryží – metoda Hydroform  
 1 – přífík hydraulického lisu, 2 – regulační ventil, 3 – kapalina, 4 – ocelová skříň,  
 5 – pryžová membrána, 6 – přidržovač, 7 – tažník (vyměnitelný), 8 – tvářený plech,  
 9 – tlaková kapalina, 10 – stěh hydraulického lisu, 11 – manometr

Obr. 26 Tažení a ohýbání pryží - Hydroform

## 1.2 Tváření za tepla

Nejvíce používaný způsob tváření materiálu za tepla je **kování**. Podle způsobu práce dělíme kování na:

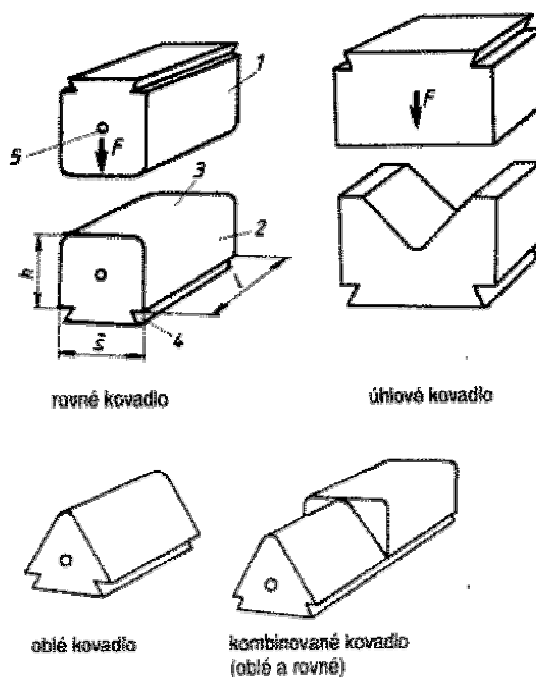
- o Ruční kování – k vyvinutí síly se nepoužívají žádné stroje
  - § Volné kování
  - § Zápustkové kování
- o Strojní kování – k vyvinutí síly se používají stroje (buchary, lisy)
  - § Volné kování – materiál tvářený údery nebo tlakem může „volně téci“ a to zejména ve směru kolmém k působení síly
  - § Zápustkové kování – materiál je vlačován údery nebo tlakem do kovové, většinou dvoudílné formy (zápustky)

Kovářská výroba umožňuje dodávat polotovary nejen požadovaného tvaru, ale i značně zlepšovat původní mechanické vlastnosti výchozího materiálu.

### 1.2.1 Volné strojní kování

Je to takový způsob kování, při kterém se používá jednoduchých kovářských nástrojů, přípravků a strojů.

Nejpoužívanější nástroje jsou *kovadla*, a to **horní kovádla** a **spodní kovádla** (Obr.30). Rybinovité části kovádel slouží k upevnění na bucharu (či lisu). Díry v čelní stěně slouží při manipulaci s nástrojem.



Obr. 27 Kovadla

1.horní kyvadlo, 2.spodní kyvadlo, 3.pracovní dráha, 4.upínací část, 5.díry(manipulace)

Pracovní plochy kovádel jsou kaleny a aby bylo možno tvářet materiál v podélném i příčném směru, jsou tyto pootočený od svislé roviny stroje o úhel  $35^\circ$  až  $45^\circ$ . Dále se používají kleště a sekáče a další kovářské nářadí (osazovací příložky apod.) stejného tvaru jako při ručním volném kování, ale jsou těžší a přizpůsobené tvarům kovaného materiálu (Obr 28,29).

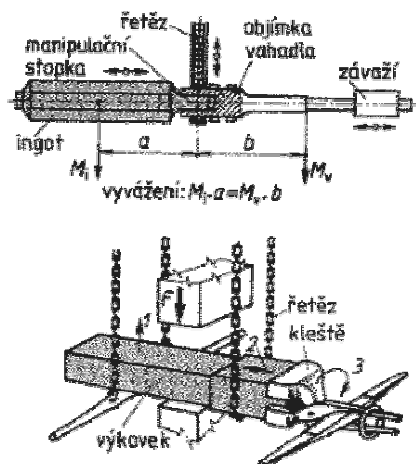
K volnému strojnímu kování se používají tvářecí stroje různých tvarů a velikostí, a to zejména bucharů a lisů.

**Buchar** působí na tvářený materiál údery (rázy) beranu, dokáží jej prokovat jen do určité hloubky. Vzniklé předkovky se dále kovou v zápustkách na požadovaný tvar výkovku. Při úderech beranu bucharu odpadají z tvářeného materiálu okuje, a proto je povrch výkovku čistý.

**Lisy** působí na materiál klidným tlakem, a tím prokovou materiál skoro v celém průřezu. Kovou se na nich i nejtěžší výkovky.



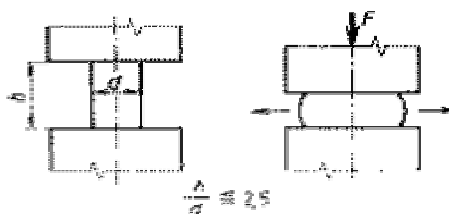
Obr. 28 Postup úderů při prodlužování čtyřhranu – „kování na sebe“



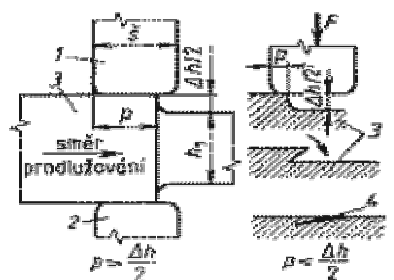
Obr. 29 Mechanizace prací při kování

Základní kovací práce jsou:

- o Pěchování (Obr.30) – při pěchování se zmenšuje výška výchozího polotovaru a zvětšuje se plocha tvářeného průřezu.
- o Prodlužování (Obr.31) – podstatou je v provedení většího počtu pěchovacích úderů vedle sebe, čímž dochází k prodlužování materiálu, přitom se zmenšuje plocha příčného průřezu
- o Osazování (Obr.32)
- o Prosazování (Obr.32)
- o Přesazování (Obr.33)



Obr. 30 Pěchování

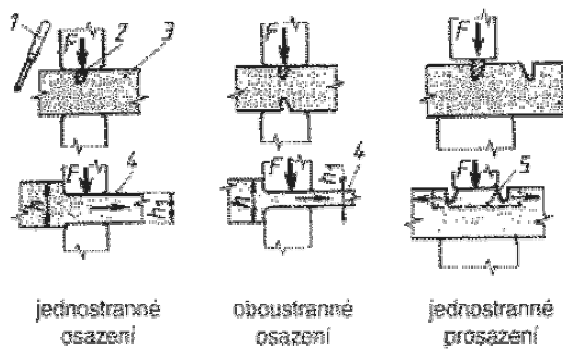


správný posuv vznik přeloženiny

Obr. 31 Prodlužování

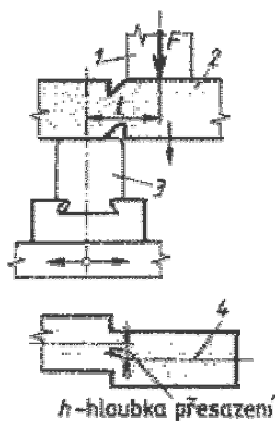
1.horní kyvadlo, 2.spodní kyvadlo, 3.tvářený materiál, 4.přeloženina





Obr. 32 Osazování a prosazování

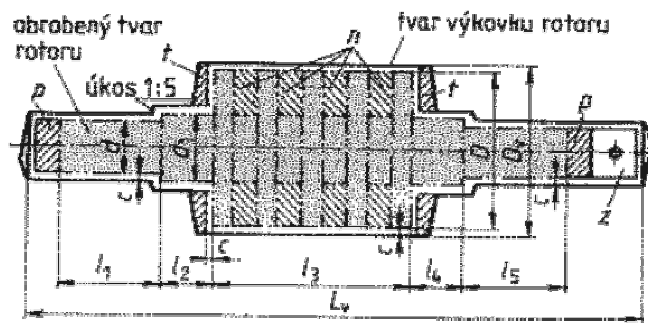
1.osazovací příložka, 2.zásek příložkou, 3.materiál, 4.prodlužování, 5.konečný tvar



Obr. 33 Přesazování

1.horní kyvadlo, 2.materiál, 3.spodní kyvadlo s posuvným stolem, 4.osa přesazené části

Obrysy (Obr. 34) obrobene součásti se kreslí čerchovanou čarou se dvěma tečkami a obrysy výkovku tlustou čarou, přičemž rozměry výkovku jsou zvětšeny o přídavky s příslušnými tolerancemi.



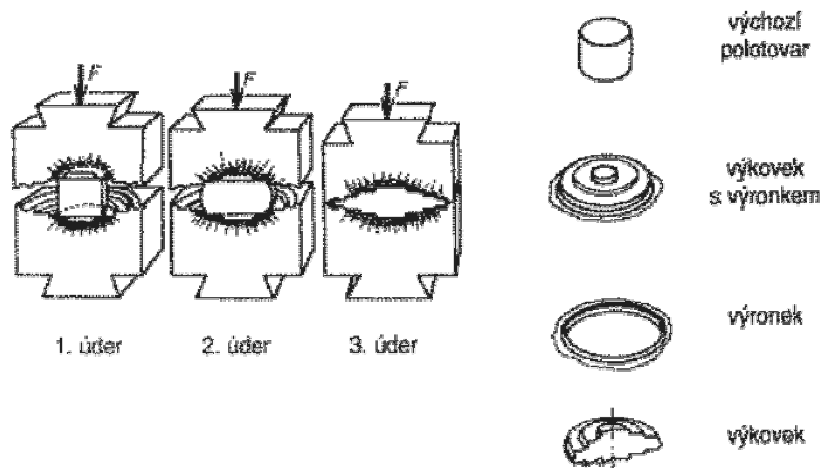
Obr. 34 Druhy přídavků volně kovaného výkovku

c-kovářský na obrábění, n-technologický kovářský, p-na podélné mechanické zkoušky, t-na příčné zkoušky, z-na závěs tepelného zpracování

Průřez materiálu se volí z podmínky, aby byl stupeň prokovaní  $p = 3$  až  $4,5$ , tzn. že  $S_0 = p \times S_{vk}$ . Čímž dojde k rozrušení zrna zhrublého ohřevem.

### 1.2.2 Zápustkové kování

Provádí se tak, že ohřátý materiál se tváří v dutině **zápustky** (Obr.35), jejíž tvar je shodný (stejný) s tvarem výkovku. Rozměry dutiny jsou zvětšeny o hodnotu smrštění vychladnutého výkovku.

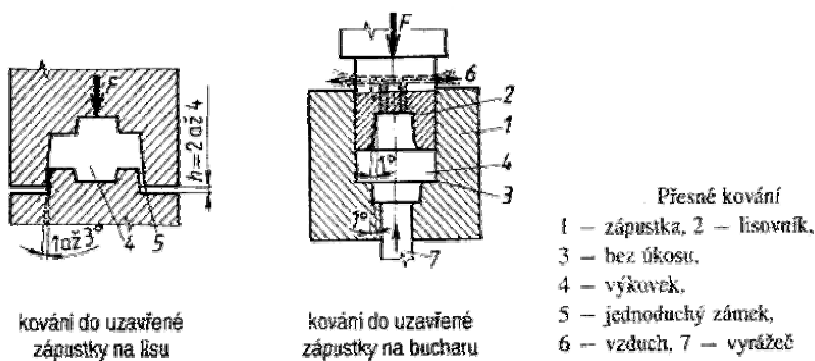


Obr. 35 Kovací zápustka pro buchar

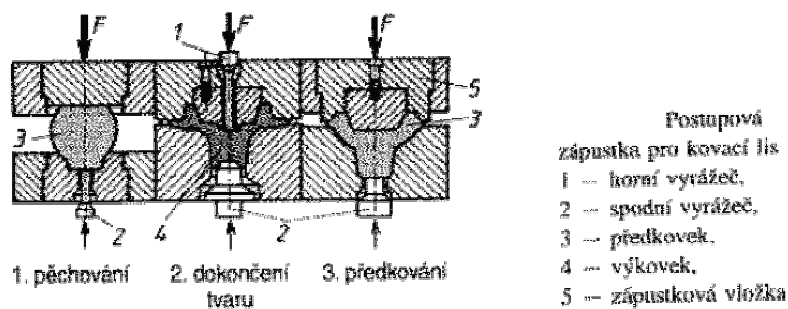
Proti volnému kování se však dosahuje přesnějšího tvaru výkovku. Dále se dosáhne vysokého stupně prokování a průběh vláken sleduje obrys zápusťkového výkovku, čímž se zvýší pevnost a dynamická únosnost materiálu výkovku.

Kování v zápusťkách můžeme provádět v:

- o Uzavřených zápusťkách (Obr.36) – zápusťka nemá dutinu pro výronek, musí být proto přesně stanoven objem výchozího polotovaru
- o Otevřených zápusťkách – zápusťka má dutinu pro výronek, ale pak musí následovat operace ostřížení výronku (Obr.36)
- o Postupových zápusťkách (Obr.37) – používá se tam, kde nelze vykovat výkovek najednou, kove se postupně v několika dutinách.



Obr. 36 Přesné kování

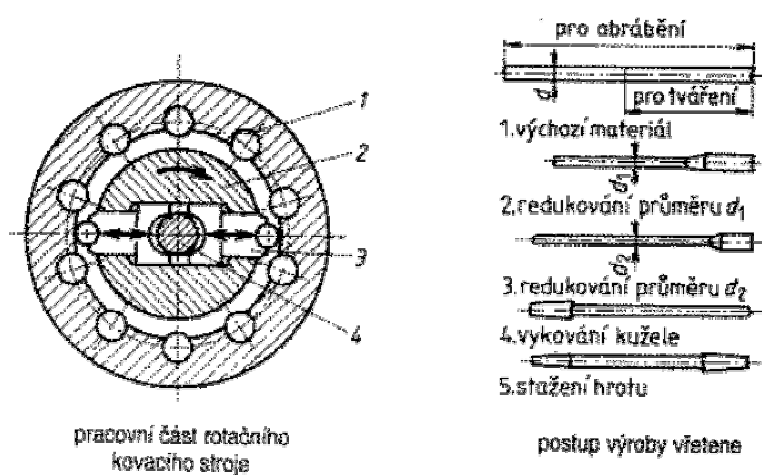


Obr. 37 Postupová zápusťka pro kovací lis

**Zvláštní způsoby tváření za tepla.**

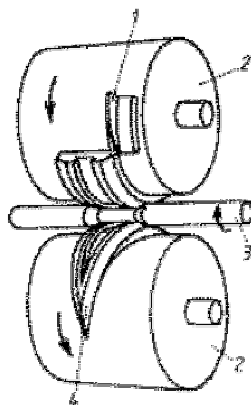
Jsou to například:

- o Rotační kování (Obr. 38)
- o Válcování předkovků
- o Příčné klínové válcování (Obr.39)
- o Protlačování za tepla



Obr. 38 Rotační kování

1.věnc s válečky, 2.rotující hlava, 3.tvárové čelisti, 4.tvářený materiál



Obr. 39 Příčné klínové válcování (PKV)

1.ostříhovací nůž, 2.válec, 3.tvářený materiál, 4.tvářecí segmenty

Obr. 42

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 2 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byli stanoveny tyto cíle:

- Vypracování literární studie na dané téma
- Technologický návrh
- Konstrukce zařízení v programu Inventor
- Ověření funkčnosti

V teoretické části jsou shromážděny poznatky z oblasti tváření, jednotlivých způsobů a používaných metod.

Náplní praktické části této bakalářské práce navrhnout lisovací zařízení a jeho konstrukce v programu Inventor.

Lisovací zařízení je dimenzováno na počítaný výstřižek.

Zařízení je konstruováno tak, aby mohlo být v praxi účelně použito a mělo dostačující vlastnosti pro běžné použití.

### 3 TECHNOLOGICKY NÁVRH

V technologické části jsem ze zadaných hodnot určil rozměry plechu, ze kterého jsou výstřižky vystřiženy.

Z těchto hodnot jsem určili rozměry střížníku a střížnice a dále celého prostřihovadla.

Z rozměru prostřihovadla jsem vycházel při konstrukci zařízení, normalizované rozměry jsou voleny ze strojnických tabulek.

Jednotlivé rozměry lisovacího zařízení jsou kontrolovány pevnostními výpočty.

Lisovací zařízení je dimenzováno na stříhání počítaného plechu. A dokáže vyvinout sílu střížnou sílu 10kN.

Pro návrh lisovacího stroje jsem vycházel z těchto hodnot:

materiál výstřižku: 11 340

tloušťka plechu:  $t_p = 0,4$  mm

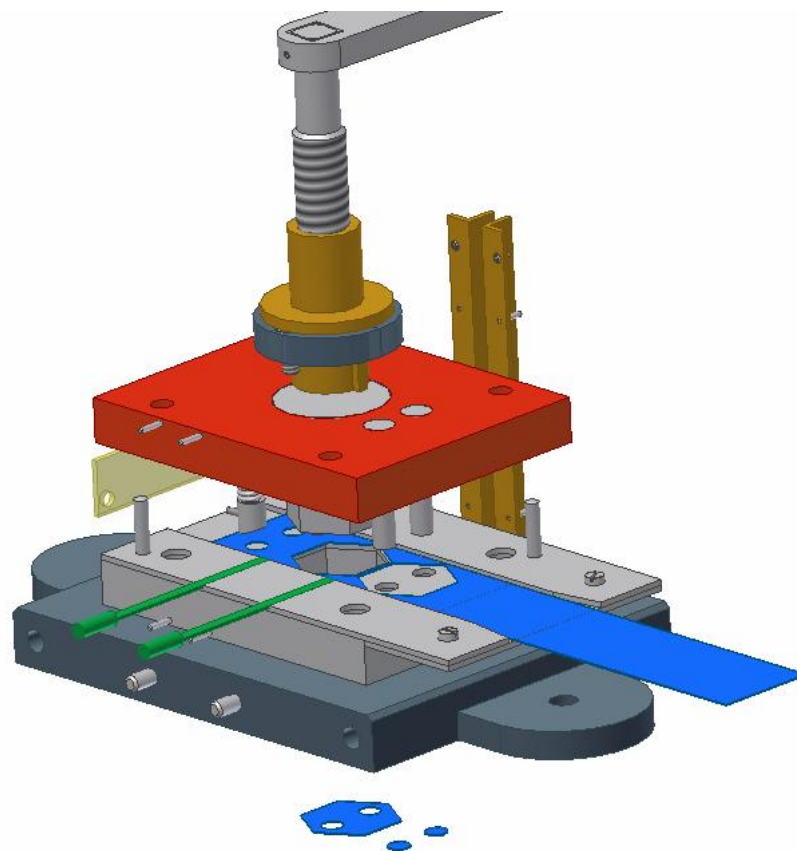
počet kusu: 12 000 ks

**Princip stříhání:**

Polotovár-plech je veden mezi opěrnými deskami a zajištěn dorazy. Otáčením vřetene dochází k jeho pohybu a následuje vystřížení výrobku.

V každém prostřihovadle musí být první a druhý načínací doraz, aby výstřižky byly vyráběny hned z kraje pásu plechu (aby první výstřižek nebyl bez děr - zmetek)

Na jeden pracovní cyklus se vystřihnou díry i obvod výstřižku.



Obr. 40 Princip stříhání



### 3.1 Vlastnosti výstřížku

Konečným výrobkem je výstřížek.

Použijeme postupový nástroj, stříháme postupně díru, pak obvod výstřížku, který představuje pravidelný šestiúhelník.

Materiál výstřížku je ocel 11 340

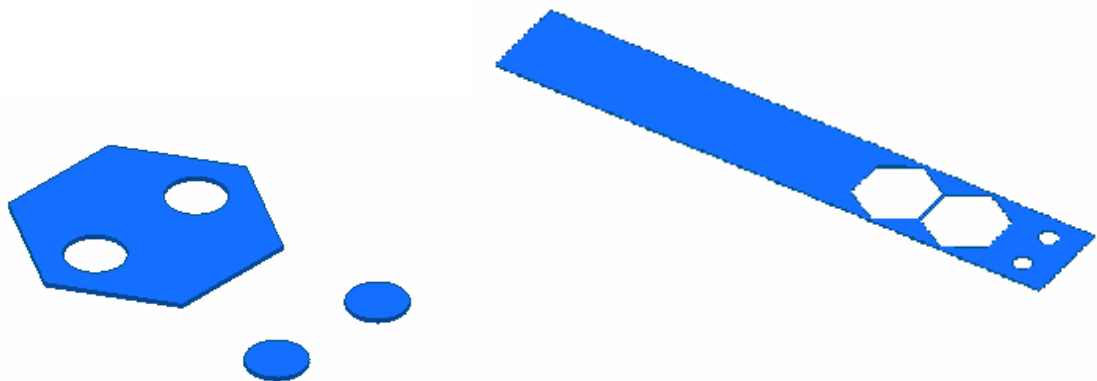
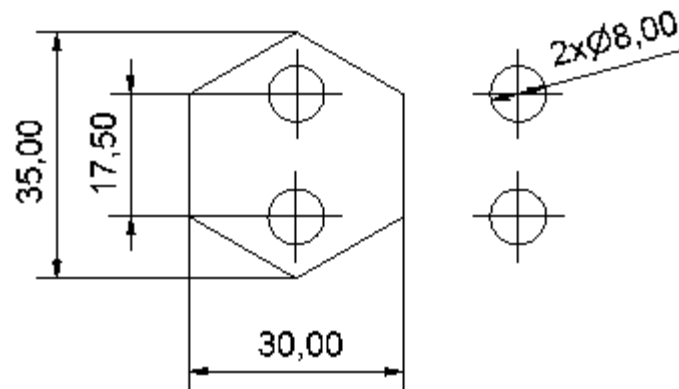
11 340 ..... konstrukční ocel, uhlíková, obvyklých vlastností

0..... pořadový význam (použití)

34 .....  $R_m = 34 \cdot 10 = 340 \text{ MPa}$  ocel tvářená

11 .....třída oceli 11

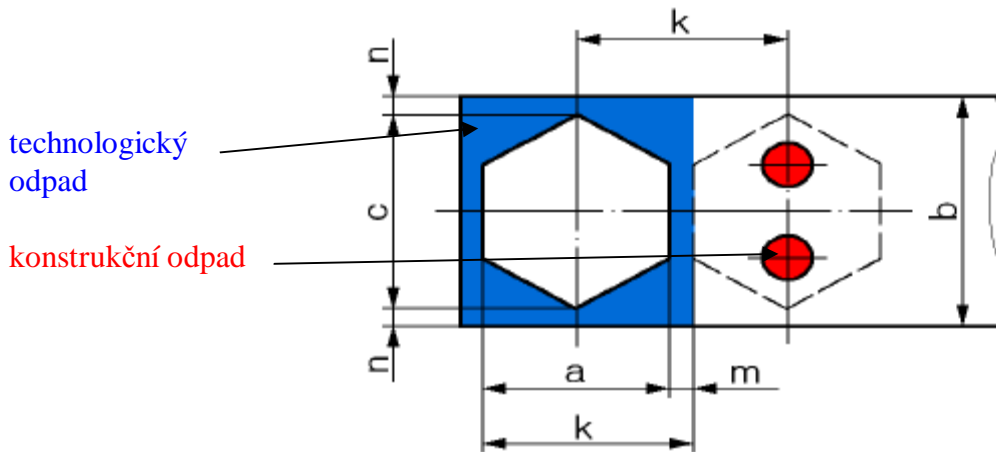
tloušťka plechu:  $t_p = 0,4 \text{ mm}$



Obr. 41 Rozměry výstřížku

Výstřížek se po vystřížení už dále nijak nepracovává.

### 3.2 Nástřížný plán



Obr. 42B Nákres

části

nástřížného plánu

- jedná se tedy o vystřihování na postupovém prostřihovadle, kde se nejprve vystřihnou otvory (=děrování) a po posunu pásu plechu o krok „ $k$ “ se vystřihne obvod výstřížku

#### 3.2.1 Velikost můstku „ $m$ “

- velikost můstku (přepážky) najdeme v tabulkách dle tloušťky stříhaného plechu „ $t_p$ “ a tvaru výstřížku

- dle tvaru našeho výstřížku volím velikost můstku z hodnot pro pravoúhlé výstřížku

- pro náš případ :  $t_p = 0,4$  mm je  $m = 1,2$  mm

#### 3.2.2 Velikost bočního odpadu „ $n$ “

- tuto hodnotu najdeme také v tabulkách dle tloušťky stříhaného materiálu „ $t_p$ “, v našem případě jsou kraje výstřížku tupoúhlé, proto volím velikost bočního odpadu z hodnot pro pravoúhlé výstřížky

- pro naši tloušťku stříhaného plechu  $t_p = 0,4$  mm odpovídá :  $n = m = 1,2$  mm

#### 3.2.3 Určení kroku s tolerancí „ $k$ “

- dle nákresu části nástražného plánu je :  $k = a + m$

- kde „ $a$ “ je šířka vystřihované součásti (výstřížku), dle výkresu výstřížku :  $a = 30,3_{-0,4}$  mm

- velikost můstku (přepážky) „ $m$ “ je zvolena v bodě 3.2.1 :  $m = 1,2$  mm

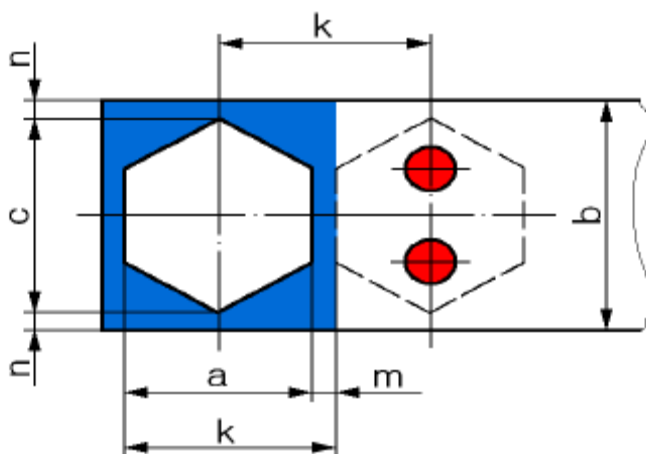
- výpočet velikosti kroku „k“ :  $k = a + m = 30,3 + 1,2 = 31,5 \text{ mm}$
- tolerance kroku „ $t_k$ “
- tolerance kroku „ $t_k$ “ je závislá na toleranci rozměru výstřížku „ $t_v$ “ ve směru shodném s posuvem pásu plechu
- dle nástřížného plánu je tedy v našem případě tolerance kroku „ $t_k$ “ závislá na toleranci „ $t_a$ “ šířky výstřížku „a“
- z výkresu výstřížku je :  $t_a = -0,4 \text{ mm}$  , proto volím toleranci kroku :  $t_k = \pm 0,2 \text{ mm}$

### 3.2.4 Určení šířky pásu plechu „b“ s tolerancí

- z nákresu části nástřížného plánu je :  $b = c + (2 \cdot n)$
- výška výstřížku „c“ dle výkresu výstřížku :  $c = 35_{-0,4} \text{ mm}$
- velikost bočního odpadu „n“ je určena v bodě 3.2.2 :  $n = 1,2 \text{ mm}$
- výpočet šířky pásu plechu „b“ :  $b = c + (2 \cdot n) = 35 + (2 \cdot 1,2) = 37,4 \text{ mm}$
- tolerance šířky plechu „ $t_b$ “ :
- tolerance šířky plechu „ $t_b$ “ je vždy „-“, aby se pás plechu vždy vešel mezi vodící lišty pevné části prostřihovadla
- toleranci volím :  $t_b = -0,4 \text{ mm}$

### 3.3 Ekonomie stříhání

= výpočet součinitele využití materiálu „ $k_m$ “ :



- **konstrukční odpad**
- **technologický odpad**
- k ..... krok
- m ..... můstek (přepážka)
- n ..... boční odpad
- a ..... šířka výstřížku
- b ..... šířka pásu plechu
- c ..... výška výstřížku
- podmínka využití materiálu :  $k_m$
- =  $(S_v / S_k) \cdot 100 > 70 \%$

Obr. 42C Nákres části nástřížného plánu

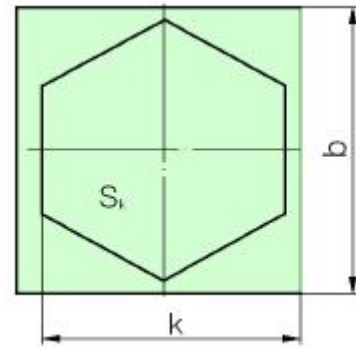
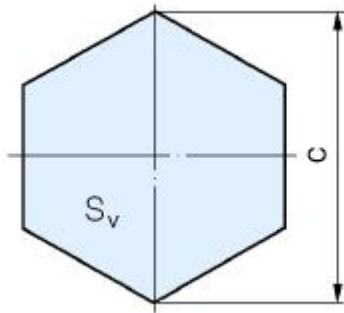
### 3.3.1 Plocha výstřížku $S_v$ :

- je to plocha vystřižované součásti (výstřížku) bez děr, protože odpad z děr je konstrukční

- náčrt plochy výstřížku : výška výstřížku „ c “ dle výkresu výstřížku :  $c = 35_{-0,4}$  mm

plochu výstřížku vypočítáme dle vztahu:

$$S_v = 33/8 \cdot c^2 = 33/8 \cdot 35^2 = 795,7 \text{ mm}^2$$



Obr. 42 Plocha výstřížku

### 3.3.2 Plocha kroku $S_k$ :

- je to plocha jednoho kroku : dle náčrtu - šířka pásu plechu je určena v bodě 3.3.1 :

$$b = 37,4 \text{ mm}$$

- velikost kroku je určena v bodě 3.2.3 :  $k = 31,5$  mm

plochu výstřížku vypočítáme dle vztahu:

$$S_k = b \cdot k = 37,4 \cdot 31,5 = 1178,1 \text{ mm}^2$$

### 3.3.3 Vlastní výpočet součinitele využití „ $k_m$ “ :

- podmínka :  $k_m = (S_v / S_k) \cdot 100 > 70 \%$

- plocha výstřížku „  $S_v$  “ vypočítána v bodě 3.3.1 :  $S_v = 795,7 \text{ mm}^2$

- plocha kroku „  $S_k$  “ vypočítána v bodě 3.3.2 :  $S_k = 1178,1 \text{ mm}^2$

- výpočet:  $k_m = S_v / S_k \cdot 100 = 795,7 / 1178,1 \cdot 100 = 67,5 \%$

Závěr :  $67,5 \% < 70 \% \Rightarrow$  Nevyhovuje

- koeficient  $k_m$  nevyhovuje, protože je voleno jednořadé uspořádání výstřížku na pásu plechu

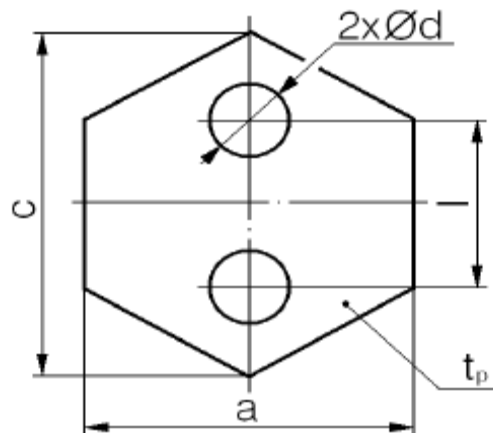
### 3.4 Určení střížné vůle „v“

- velikost střížné vůle volím v závislosti na tloušťce stříhaného plechu ( $t_p = 0,4$  mm) dle strojnických tabulek str. 949, tabulka 4 :  $v = 0,1$  mm

### 3.5 Výpočet jednotlivých střížných sil „FS“ a výsledné střížné síly

- nejprve vypočítáme jednotlivé teoretické střížné síly na konkrétních střížnicích, jejich součtem stanovíme

celkovou střížnou sílu a vynásobením této síly koeficientem „k“ určíme celkovou skutečnou sílu



Obr. 43 Návrh výstřížku

#### 3.5.1 Délka obvodu výstřížku „ $l_{ov}$ “

- délka obvodu výstřížku se dle nákresu výstřížku rovná :  $l_{ov} = 6 \cdot l$
- délka hrany výstřížku „ $l$ “ dle výkresu výstřížku :  $l = 17,5_{-0,2}$  mm
- vlastní výpočet délky obvodu výstřížku „ $l_{ov}$ “ :  $l_{ov} = 6 \cdot l = 6 \cdot 17,5 = 105$  mm

#### 3.5.2 Délka obvodu díry „ $l_{od}$ “

- dle nákresu výstřížku v bodě 2 :  $l_{od} = p \cdot d$
- „ $d$ “ průměr díry ve výstřížku, dle výkresu zadané součásti :  $d = 8$  mm
- výpočet délky obvodu díry :  $l_{od} = p \cdot d = p \cdot 8 = 25,14$  mm

### 3.5.3 Výpočet střížné teoretické síly „ $F_{s,t}$ “

- vzorec výpočtu střížné síly teoretické :  $F_{s,t} = l_o \cdot t_p \cdot t_{p,s}$

#### Výpočet střížné teoretické síly pro vystřížení obvodu

- délka střížné hrany (délka obvodu) „ $l_{ov}$ “, vypočítána v bodě 3.5.1 :  $l_{ov} = 105$  mm

- tloušťka stříhaného materiálu (výstřížku) „ $t_p$ “ je z výkresu zadané součásti :  $t_p = 0,4$  mm

- napětí na mezi pevnosti ve stříhu :  $t_{p,s} = 0,7 \text{ , } 0,8 \cdot R_m$

- z rozmezí 0,7 , 0,8 volím : 0,7

-  $R_m$  je mez pevnosti v tahu stříhaného materiálu; najdeme ji v tabulkách, pro náš materiál:

11 340  $\Rightarrow R_m = 340$  MPa

- výpočet meze pevnosti ve stříhu „ $t_{p,s}$ “ :  $t_{p,s} = 0,7 \cdot 340 = 238$  MPa

- vlastní výpočet střížné teoretické síly pro vystřížení obvodu: „ $F_{s,t}$ “ :

$F_{s,t} = l_{ov} \cdot t_p \cdot t_{p,s} = 105 \cdot 0,4 \cdot 238 = 9\,996$  N

#### Výpočet střížné teoretické síly pro vystřížení děr

- délka střížné hrany (délka obvodu díry) „ $l_{od}$ “, vypočítána v bodě 3.4.2 :  $l_{od} = 25,14$  mm

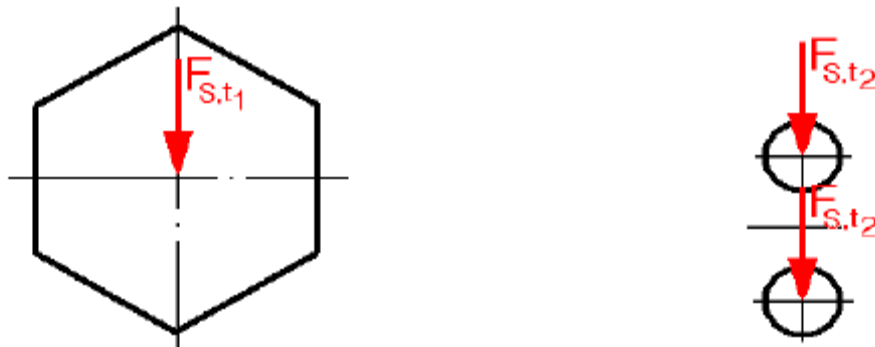
- tloušťka stříhaného materiálu (výstřížku) „ $t_p$ “ je z výkresu zadané součásti :  $t_p = 0,4$  mm

- výpočet meze pevnosti ve stříhu „ $t_{p,s}$ “ je stejná jako „ $t_{p,s}$ “ v bodě 3.4.3  $\Rightarrow$  :

$t_{p,s} = 238$  MPa

- vlastní výpočet střížné teoretické síly pro vystřížení obvodu: „ $F_{s,t}$ “ :

$F_{s,t} = l_{od} \cdot t_p \cdot t_{p,s} = 25,14 \cdot 0,4 \cdot 238 = 2393$  N



Obr. 44 Střížné síly

### 3.5.4 Výpočet celkové skutečně střížné síly „ $F_{S,C}$ “

- celková střížná síla „ $F_{S,C}$ “ je dána součtem střížné teoretické síly pro vystřížení obvodu a střížné teoretické síly pro vystřížení děr

$$F_{Ssk,C} = F_{S,t1} + (2 \cdot F_{S,t2}) = 9\,996 + (2 \cdot 2\,393) = 14\,782 \text{ N}$$

### 3.5.5 Výpočet celkové skutečné střížné síly „ $F_{S,Csk}$ “

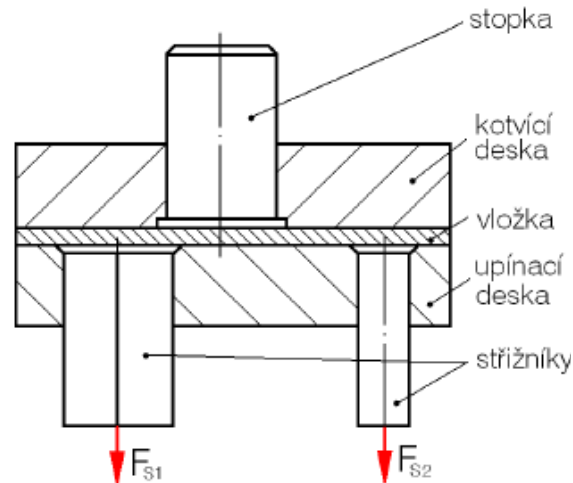
- celková skutečná střížná síla „ $F_{S,Csk}$ “ se stanoví vynásobením střížné celkové síly „ $F_{S,C}$ “ koeficientem „ $k$ “, který zahrnuje ztráty způsobené vzájemným třením střížníku – plechu – střížnice, volí se dle tloušťky

stříhaného materiálu z rozmezí (1,3 ÷ 1,7) ..... volím:  $k = 1,3$

$$F_{S,Csk} = F_{S,C} \cdot k = 14\,782 \cdot 1,3 = 19\,217 \text{ N} = 19\,300 \text{ N}$$

## 3.6 Určení polohy stopky

- osa stopky leží v místě působení výsledné střížné síly
- stopka slouží k upevnění pohyblivé části střížného nástroje v beranu lisu

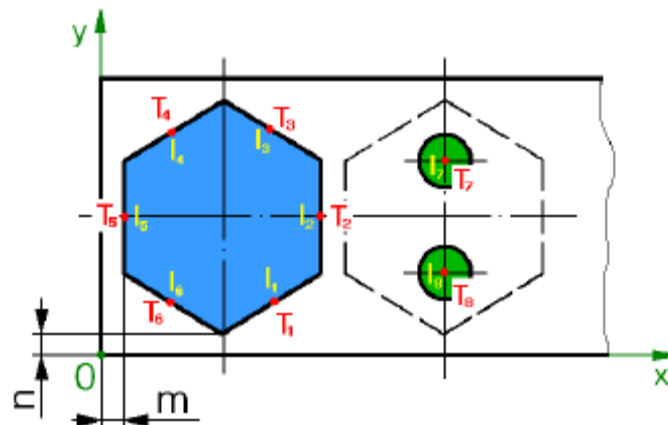


Obr. 45 Poloha stopky

### 3.6.1 Početní metoda

- početní metoda spočívá v tom, že nejdříve určíme x-ové a y-ové souřadnice tržišť jednotlivých hran střížného nástroje a délky jednotlivých hran střížného nástroje a z nich sestavíme tabulku;

dle vztahu :  $x_T = (S \cdot x_i \cdot l_i / L)$  [  $y_T = (S \cdot y_i \cdot l_i / L)$  ] stanovíme x-ovou (y-ovou) souřadnici tržišť pohyblivé části střížného nástroje



Obr. 46 *Nákres střížníku obvodu a střížníku děr*

- m ..... velikost můstku :  $m = 1,2 \text{ mm}$
- n ..... velikost bočního odpadu :  $n = 1,2 \text{ mm}$
- $l_x$  ..... délky jednotlivých hran střížného nástroje
- $T_x$  ..... tržišť jednotlivých hran střížného nástroje



	$l_i$	$x_i$	$y_i$
$l_1$	17,5	23,925	5,575
$l_2$	17,5	31,5	18,7
$l_3$	17,5	23,925	31,825
$l_4$	17,5	8,775	31,825
$l_5$	17,5	1,2	18,7
$l_6$	17,5	8,775	5,575
$l_7$	$\pi \cdot 8$	47,85	27,45
$l_8$	$\pi \cdot 8$	47,85	9,95
<b>L</b>	<b>155,27</b>	—	—

Obr. 47 Hodnoty souřadnic tržišť a délek jednotlivých střížných hran

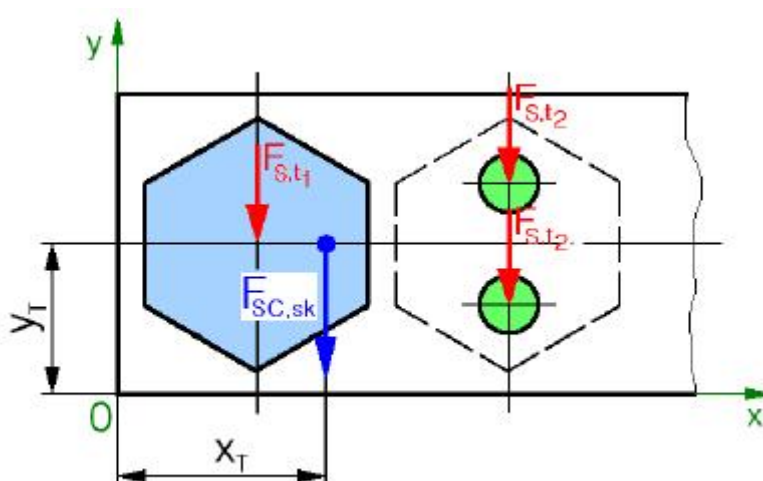
- $l_i$  ..... délky jednotlivých hran střížného nástroje
- $x_i$  ..... x - ové souřadnice tržišť hran střížného nástroje
- $y_i$  ..... y - ové souřadnice tržišť hran střížného nástroje
- **L** ..... celková. délka jednotlivých hran střížného nástroje

$$x_T = \frac{\sum x_i \cdot l_i}{L} = \frac{2 \cdot (17,5 \cdot 23,925) + 2 \cdot (17,5 \cdot 8,775) + 2 \cdot (\pi \cdot 8 \cdot 47,85) + 17,5 \cdot 31,5 + 17,5 \cdot 1,2}{155,27} =$$

$$= 26,55 \text{ mm}$$

$$y_T = \frac{\sum y_i \cdot l_i}{L} = \frac{2 \cdot (17,5 \cdot 5,575) + 2 \cdot (17,5 \cdot 18,7) + 2 \cdot (17,5 \cdot 31,825) + \pi \cdot 8 \cdot 27,45 + \pi \cdot 8 \cdot 9,95}{155,27} =$$

$$= 18,7 \text{ mm}$$



- $x_T$  ..... x - ová souřadnice polohy osy stopky nástroje
- $y_T$  ..... y - ová souřadnice polohy osy stopky nástroje
- $F_{s,csk}$  ..... celková (výsledná) smutečná strážná síla

### 3.7 Výpočet rozměru střížníku a střížnice

#### 3.7.1 Vystříhování tolerovaných rozměru

- nejprve pročítáme střížnici, protože kalibruje (určuje) rozměr výstřížek a podle střížnice vypočítáme střížník

- obecné vztahy : střížnice =  $(DMR_v + 10 \cdot 20 \% T_v)^{+t}$

střížník =  $(\text{střížnice} - v)^{-t}$

- z rozmezí 10 , 20 % volím : 10 % = 0,1

- „ DMR<sub>v</sub> : dolní mezní rozměr výstřížku

- „ T<sub>v</sub> “ : tolerance vystříhovaného rozměru

- „ v “ : střížná vůle vypočítána v bodě 3.4 : v = 0,1 mm

- „ t “ : tolerance rozměru střížníku a střížnice

- **výpočet tolerance rozměru „ t “**

- střížná vůle „ v “ je určena v bodě 3.4 : v = 0,1 mm

- výpočet tolerance :  $t = v / 10 = 0,1 / 10 = 0,01$  mm

- **vlastní výpočty rozměru**

- tolerance rozměru střížníku a střížnice „ t “ vypočítána : t = 0,01 mm

**Rozměr výstřížku (vystříhované součásti): c = 35-0,4 mm**

- střížnice :  $ice = (DMR_v + 0,1 \cdot T_v)^{+t}$

$$ice = (34,6 + 0,1 \cdot 0,4)^{+0,01} = 34,64^{+0,01} \text{ mm}$$

- střížník :  $ík = (ice - v)^{-t}$

$$ík = (34,64 - 0,1)^{-0,01} = 34,54^{-0,01} \text{ mm}$$

**Rozměr výstřížku (vystříhované součásti): a = 30,3-0,4 mm**

- střížnice :  $ice = (DMR_v + 0,1 \cdot T_v)^{+t}$

$$ice = (29,9 + 0,1 \cdot 0,4)^{+0,01} = 29,94^{+0,01} \text{ mm}$$

- střížník :  $ík = (ice - v)^{-t}$

$$ík = (29,94 - 0,1)^{-0,01} = 29,84^{-0,01} \text{ mm}$$

**Rozměr výstřížku (vystříhované součásti):  $l = 17,5 - 0,2$  mm**

- střížnice :  $ice = (DMR_v + 0,1 \cdot T_v)_{+t}$

$$ice = (17,3 + 0,1 \cdot 0,2)_{+0,01} = 17,32_{+0,01} \text{ mm}$$

- střížník :  $ík = (ice - v)_{-t}$

$$ík = (17,32 - 0,1)_{-0,01} = 17,22_{-0,01} \text{ mm}$$

### 3.7.2 Děrování tolerovaných rozměru

- nejprve spočítáme střížník, protože kalibruje (určuje) rozměr díry a podle střížníku spočítáme rozměr střížnice

- obecné vztahy : střížník =  $(HMR_D - 10, 20 \% T_D)_{-t}$

střížnice =  $(\text{střížník} + v)_{+t}$

- z rozmezí 10 , 20 % volím : 10 % = 0,1

- „ $HMR_D$ “: horní mezní rozměr díry ( otvoru )

- „ $T_D$ “: tolerance vystříhované díry ( otvoru )

- „ $v$ “ : střížná vůle vypočítána v bodě 3.6.1 :  $v = 0,1$  mm

- „ $t$ “: tolerance rozměru střížníku a střížnice; vypočítána v bodě 2.6.1 :  $t = 0,01$  mm

- **vlastní výpočet rozměru :**

**Díra o  $\varnothing d = 8 \pm 0,1$  mm :**

- střížník :  $ík = (HMR_D - 0,1 \cdot T_D)_{-t}$

$$ík = (8,1 - 0,1 \cdot 0,1)_{-0,01} = 8,09_{-0,01} \text{ mm}$$

- střížnice :  $ice = (ík + v)_{+t}$

$$ice = (8,09 + 0,1)_{+0,01} = 8,19_{+0,01} \text{ mm}$$

### 3.8 Pevnostní kontrola střížníku

#### 3.8.1 Na tlak

- obecná pevnostní podmínka :  $s_d = (F_{S,skx} / S_x) < S_{Dd}$
- sílu střížnou skutečnou „  $F_{S,skx}$  “ a plochu „  $S_x$  “ bereme jen pro konkrétní střížník
- napětí dovolené v tlaku je :  $S_{Dd} = 1\,400\text{ MPa}$

#### Kontrola střížníku obvodu

- konkrétní pevnostní podmínka :  $s_{d1} = (F_{S,sk1} / S_1) < S_{Dd}$
- „  $F_{S,sk1}$  “, je to síla střížná skutečná působící na střížník obvodu:  
 $F_{S,sk1} = F_{S,t1} \cdot k = 9\,996 \cdot 1,3 = 12\,995\text{ N}$   
 .....  $F_{S,t1}$  - střížná síla teoretická působící na střížník obvodu, je určena v bodě : 6 c1  
 .....  $k$  - koeficient zahrnující ztráty třením, určeno v bodě : 3.6.1
- „  $S_1$  “, je to plocha průřezu střížníku obvodu:  $S_1 = 795,7\text{ mm}^2$
- vlastní výpočet kontroly :  
 $s_{d1} = F_{S,sk1} / S_1 = 12\,995 / 795,7 = 16,4\text{ MPa} < S_{Dd} = 1\,400\text{ MPa}$   
 Závěr :  $s_{d1} < S_{Dd} \dots$  Vyhovuje

#### Kontrola střížníku děr

- konkrétní pevnostní podmínka :  $s_{d2} = (F_{S,sk2} / S_2) < S_{Dd}$
- „  $F_{S,sk2}$  “, je to síla střížná skutečná působící na střížník díry:  
 $F_{S,sk2} = F_{S,t2} \cdot k = 2\,393 \cdot 1,3 = 3\,111\text{ N}$   
 .....  $F_{S,t2}$  - střížná síla teoretická působící na střížník díry, je určena v bodě : 3.4.3  
 .....  $k$  - koeficient zahrnující ztráty třením, určeno v bodě : 3.6.1
- „  $S_2$  “, je to plocha průřezu střížníku děr:  $S_2 = (p \cdot d_2 / 4) = (p \cdot 8,09_2 / 4) = 51,4\text{ mm}^2$   
 .....  $d$  - průměr střížníku díry (určeno v bodě 8b) :  $d = 8,09\text{ mm}$
- vlastní výpočet kontroly  
 $s_{d2} = F_{S,sk2} / S_2 = 3\,111 / 51,4 = 60,6\text{ MPa} < S_{Dd} = 1\,400\text{ MPa}$   
 Závěr :  $s_{d2} < S_{Dd} \dots$  Vyhovuje

### 3.8.2 Na vzpěr

- na vzpěr zkontrolujeme střížníky malých průměru, aby nedošlo k vzepření střížníku při najetí do stříhaného materiálu (výstřížku) a následnému vybočení střížníku do strany vlivem jeho malé štíhlosti a velké síly (střížná skutečná) na něj působící

- velký střížník (střížník obvodu výstřížku) tedy kontrolovat na vzpěr nebudeme

- obecná podmínka vzpěru

$$F_{vz,k} > (n \cdot F_{S,sk}) \dots\dots\dots \text{kde: } F_{vz,k} = (\pi^2 \cdot E \cdot I) / l_{vz}^2$$

n .....bezpečnost; prokalené střížníky : n = (2 ÷ 3) volím n = 3

- vzpěrná délka (= délka na které by mohlo dojít k vzepření) „ $l_{vz}$ “ je vzdálenost mezi upínací deskou a vodící deskou prostřihovačla, je pro všechny střížníky stejná, pohybuje se mezi 15 až 20 mm, volím :  $l_{ks} = 15$  mm

- pokud kontrola na vzpěr nevyjde a hrozila by možnost vybočení střížníku při zatížení je možno střížník konstrukčně upravit tak, aby se zvětšil jeho průřez a tím se zvětšil jeho kvadratický moment průřezu „ $I$ “, jedná se o odstupňování nebo zapouzdření střížníku

#### Kontrola střížníku děr

- jedná se o dva střížníky děr o:  $\varnothing d = 8,09$  mm (určeno v bodě 3.7.2)

- kritická délka zvolena v bodě 3.7.1 :  $l_{vz} = 15$  mm

- **pevnostní podmínka :**  $F_{vz,k} = \pi^2 \cdot E \cdot I / l_{vz}^2 > (n \cdot F_{S,sk2})$

- modul pružnosti v tahu „ $E$ “ je z tabulek pro nástrojovou ocel :  $E = 2,2 \cdot 10^5$  MPa

- kvadratický moment plochy „ $I$ “ je z tabulek pro kruhový průřez :  $I = 210,3$  mm<sup>4</sup>

- skutečná střížná síla působící na střížník díry  $F_{S,sk2} = 3\,111$  N

- „n“ .....bezpečnost; prokalené střížníky: n = 3

#### Výpočet levé strany

$$F_{vz,k} = \pi^2 \cdot E \cdot I / l_{vz}^2 = 2\,209\,453,9 \text{ N}$$

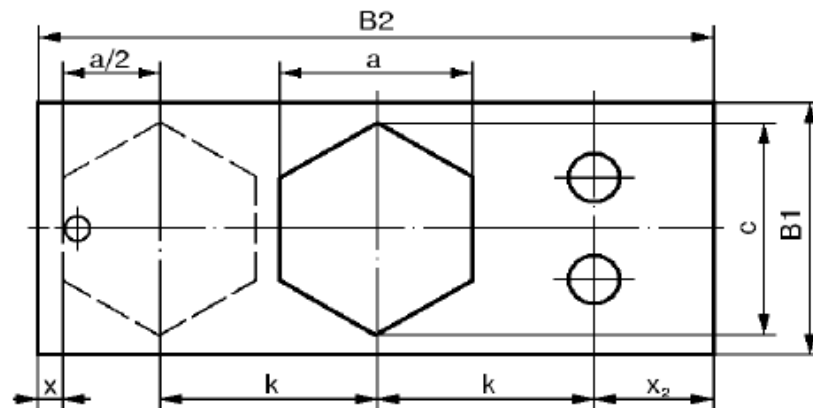
#### Výpočet pravé strany podmínky

$$n \cdot F_{S,sk2} = 3 \cdot 3\,111 = 9\,333 \text{ N}$$

Závěr :  $F_{vz,k} > (n \cdot F_{S,sk2}) \dots\dots\dots$  Vyhovuje

### 3.9 Návrh rozměru desek prostřihovadla

#### 3.9.1 Rozměry střížnice dle nástřížného plánu



Obr. 48 Náčrtes rozměrů střížnice

- poloha koncového dorazu ve vodící desce a obrys výstřížku

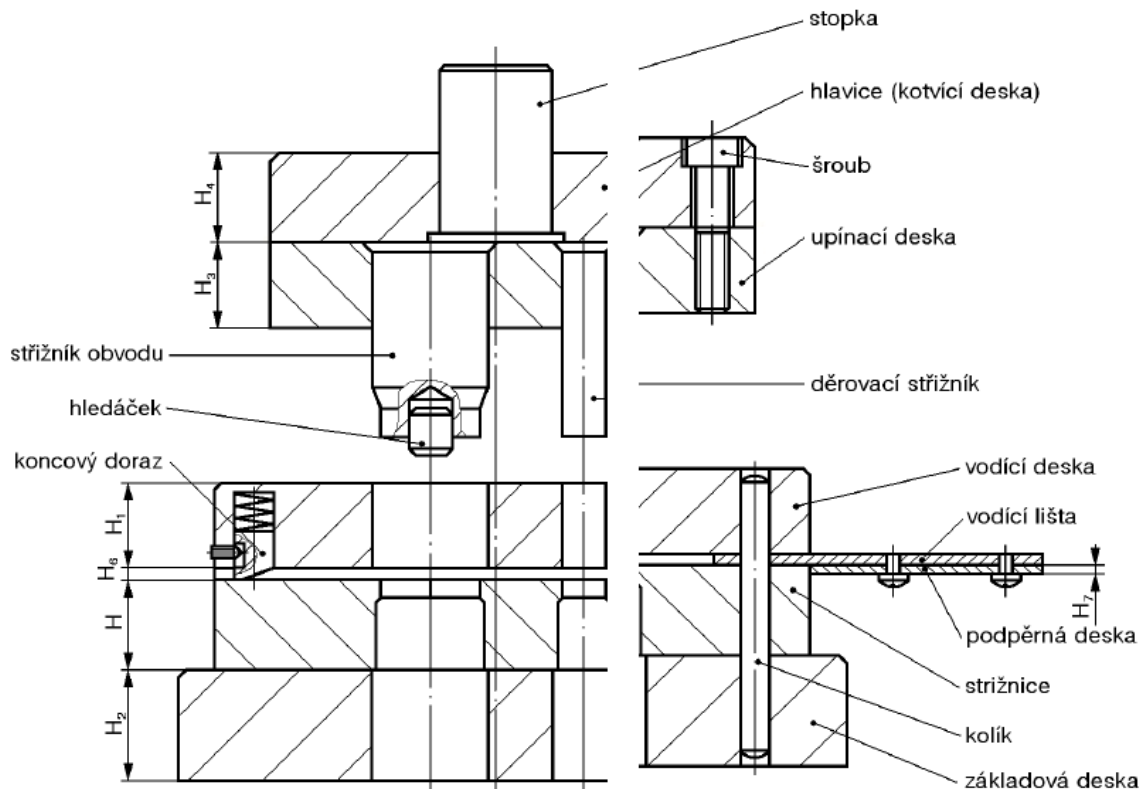
#### Šířka střížnice „ B1 “

- empirický vztah výpočtu :  $B_{1\min} = c + (2,5 \text{ , } 4) \cdot H$
- z rozmezí 2,5 , 4 volím : 2,5
- největší rozměr výstřížku ve směru kolmém na posun pásu plechu je celková délka výstřížku „ c “ , která je zadaná, z výkresu výstřížku :  $c = 35 \text{ mm}$
- výška střížnice „ H “ musí být minimálně 15 mm, volím :  $H = 16 \text{ mm}$
- výpočet minimální šířky :  $B_{1\min} = c + (2,5 \cdot H) = 35 + (2,5 \cdot 16) = 75 \text{ mm}$

#### Délka střížnice „ B2 “

- dle náčrtes střížnice :  $B_{2\min} = x + (\frac{1}{2} \cdot a) + (2 \cdot k) + x_2$
- „ x “ vzdálenost koncového dorazu od kraje střížnice, volím :  $x = 15 \text{ mm}$
- „ a “ šířka výstřížku, je zadaná, z výkresu výstřížku :  $a = 30,3 \text{ mm}$
- „ k “ je krok, nebo-li vzdálenost mezi jednotlivými střížníky, velikost vypočítána v bodě 2.1.3 :  $k = 31,5 \text{ mm}$
- vzdálenost kraje střížnice od díry a otvoru ve střížnici „ x<sub>2</sub> “, dáno :  $x_2 = 30 \text{ mm}$
- výpočet minimální délky :  $B_{2\min} = x + (\frac{1}{2} \cdot a) + (2 \cdot k) + x_2 =$   
 $= 15 + (\frac{1}{2} \cdot 30,3) + (2 \cdot 31,5) + 30 = 123,15 \text{ mm}$
- volím délku střížnice :  $B_2 = 125 \text{ mm}$  ( ponechávám velikosti hodnot „x“ „a“ „k“ )
- materiál střížnice - nástrojová ocel 19 321.4

### 3.9.2 Výšky desek prostřihovadla



Obr. 49 Nákres prostřihovadla

- výšky všech desek prostřihovadla se počítají podle empirických vztahu ze zvolené výšky střížnice „ H “
- výška střížnice zvolena v bodě 3.10.1. :  $H = 16 \text{ mm}$

#### Výška hlavice pohyblivé části prostřihovadla...H4

- slouží k upnutí stopky
- empirický vztah pro výpočet její výšky :  $H_4 = 0,6 \text{ , } 0,8 \cdot H$
- z rozmezí 0,6 , 0,8 volím : 0,6
- výška střížnice zvolena v bodě 2.10.1. :  $H = 16 \text{ mm}$
- výpočet výšky :  $H_4 = 0,6 \cdot H = 0,6 \cdot 16 = 9,6 \text{ mm}$
- materiál hlavice volím konstrukční ocel: 11 500

#### Výška upínací desky pohyblivé části prostřihovadla...H3

- upínají se do ní střížníky
- empirický vztah pro výpočet její výšky :  $H_3 = 0,6 \text{ , } 0,8 \cdot H$

- z rozmezí 0,6 , 0,8 volím : 0,6
- výška střížnice zvolena v bodě 2.10.1.2. :  $H = 16 \text{ mm}$
- výpočet výšky :  $H_3 = 0,6 \cdot H = 0,6 \cdot 16 = 9,6 \text{ mm}$
- materiál upínací desky volím konstrukční ocel: 11 500

### **Výška vodící desky pevné části prostřihovadla...H1**

- slouží k vedení střížníku a případně stírá odpad
- empirický vztah pro výpočet její výšky :  $H_1 = 0,8 \cdot H$
- z rozmezí 0,8 , 1 volím : 0,8
- výška střížnice zvolena v bodě 11a2 :  $H = 16 \text{ mm}$
- výpočet výšky :  $H_1 = 0,8 \cdot H = 0,8 \cdot 16 = 12,8 \text{ mm}$  - z důvodu konstrukčního řešení koncového dorazu zvětšuji výšku vodící desky na:  $H_1 = 25 \text{ mm}$
- materiál vodící desky volím konstrukční ocel: 11 500

### **Výška vodící lišty v pevné části prostřihovadla...H6**

- jsou dvě a vedou pás plechu
- vzdálenost mezi nimi odpovídá šířce pásu plechu „ b “, ale má toleranci do „+“ aby se dal pás plechu mezi ně vždy zasunout, z bodu 3.9 :  $b = 37,4 \text{ mm}$ , proto volím vzdálenost mezi vodícími lištami:  $b_{+t} = 37,4_{+0,1} \text{ mm}$
- empirický vztah pro výpočet její výšky :  $H_6 = 2 \cdot t_P$
- „  $t_P$  “ je tloušťka stříhaného plechu ( výstřížku ), zadaná :  $t_P = 0,4 \text{ mm}$
- výpočet výšky :  $H_6 = 2 \cdot t_P = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ mm}$  - výšku vodících lišt zvětšuji z důvodů malé tloušťky plechu na:  $H_6 = 2,5 \text{ mm}$
- materiál vodící lišty volím konstrukční ocel: 11 500

### **Výška podpěrné desky pevné části prostřihovadla...H7**

- posunuje se po ní pás plechu a je přišroubována ze spodu k vodícím lištám
- pro její výšku empirický vztah není; volí se, volím :  $H_7 = 1 \text{ mm}$
- materiál podpěrné desky volím konstrukční ocel: 11 340

### **Výška základové desky pevné části prostřihovadla...H2**

- upíná se ke stolu lisu, její půdorysové rozměry jsou větší než ostatní desky, tlumí rázy vzniklé při stříhání



- empirický vztah pro výpočet její výšky :  $H_2 = 1,15 \cdot H$
- z rozmezí 1,15 volím : 1
- výška střížnice zvolena v bodě 3.9.1 :  $H = 16 \text{ mm}$
- výpočet výšky :  $H_2 = 1 \cdot H = 1 \cdot 16 = 16 \text{ mm}$
- materiál základové desky volím konstrukční ocel: 11 501

### 3.9.3 Návrh vložky

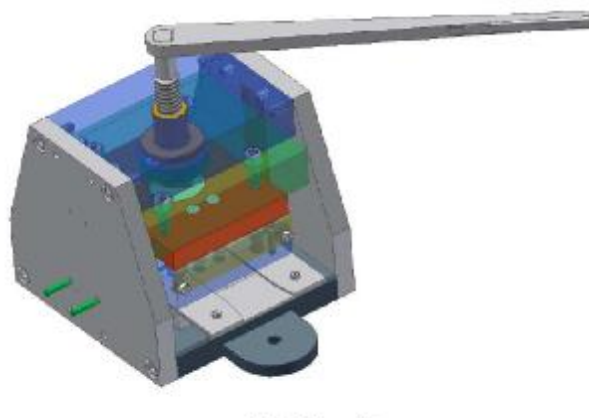
- je-li nutno použít vložku rozhodneme dle kontrolního výpočtu, ve kterém počítáme tlak vyvinutý střížníkem na hlavici, který nesmí být vyšší než je tlak dovolený
- kontrolujeme tak střížníky malých průměru, protože hrozí jejich zatlačení do hlavice
- v našem případě budeme rozhodovat dle kontrolního výpočtu na střížníky děr
- kontrolní výpočet obecně :  $p = (F_{S,sk\ x} / S_x) < p_D$
- dovolený tlak na hlavici :  $p_D = 100 \text{ MPa}$
- největší tlak od střížníku na hlavici bude od střížníku s nejmenší plochou průřezu

#### Kontrolní výpočet o použití vložky konkrétně

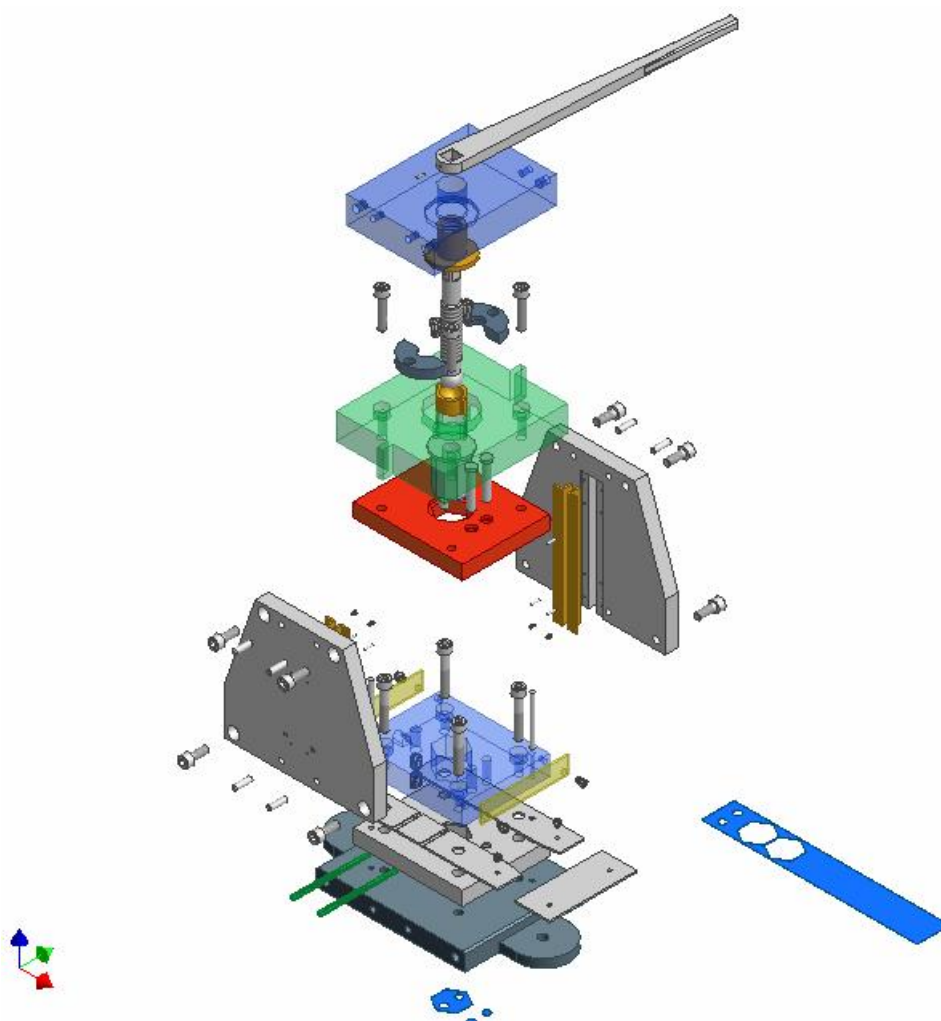
- konkrétní pevnostní podmínka na tlak :  $p = (F_{S,sk\ 2} / S_2) < p_D$
  - střížná síla skutečná „ $F_{S,sk\ 2}$ “ střížníku děr vypočítána v bodě 3.8 :  $F_{S,sk\ 2} = 3\ 111 \text{ N}$
  - plocha střížníku děr „ $S_2$ “ vypočítána v minulém bodě 3.8 :  $S_2 = 51,4 \text{ mm}^2$
  - vlastní kontrolní výpočet :  $p = F_{S,sk\ 2} / S_2 = 3\ 111 / 51,4 = 60,6 \text{ MPa}$
  - dovolené napětí na hlavici :  $p_D = 100 \text{ MPa}$
- Závěr :  $p < p_D$ ...vložku není nutné použít.

## 4 KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ V PROGRAMU INVENTOR

Zařízení jsem konstruoval v programu Inventor. K dokumentaci této práce patří také prezentace v daném programu.

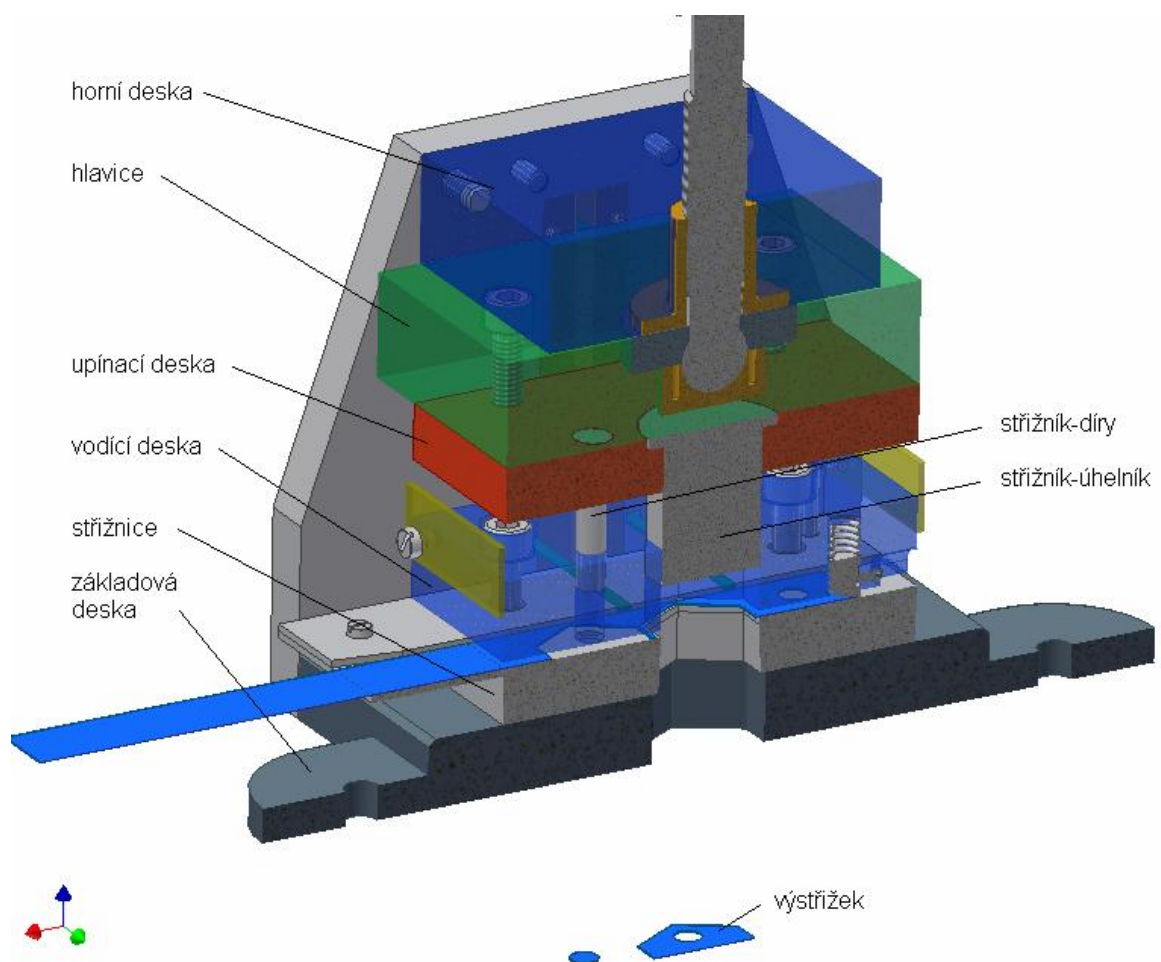


Obr. 50 Konstrukce lisovacího zařízení – program Inventor

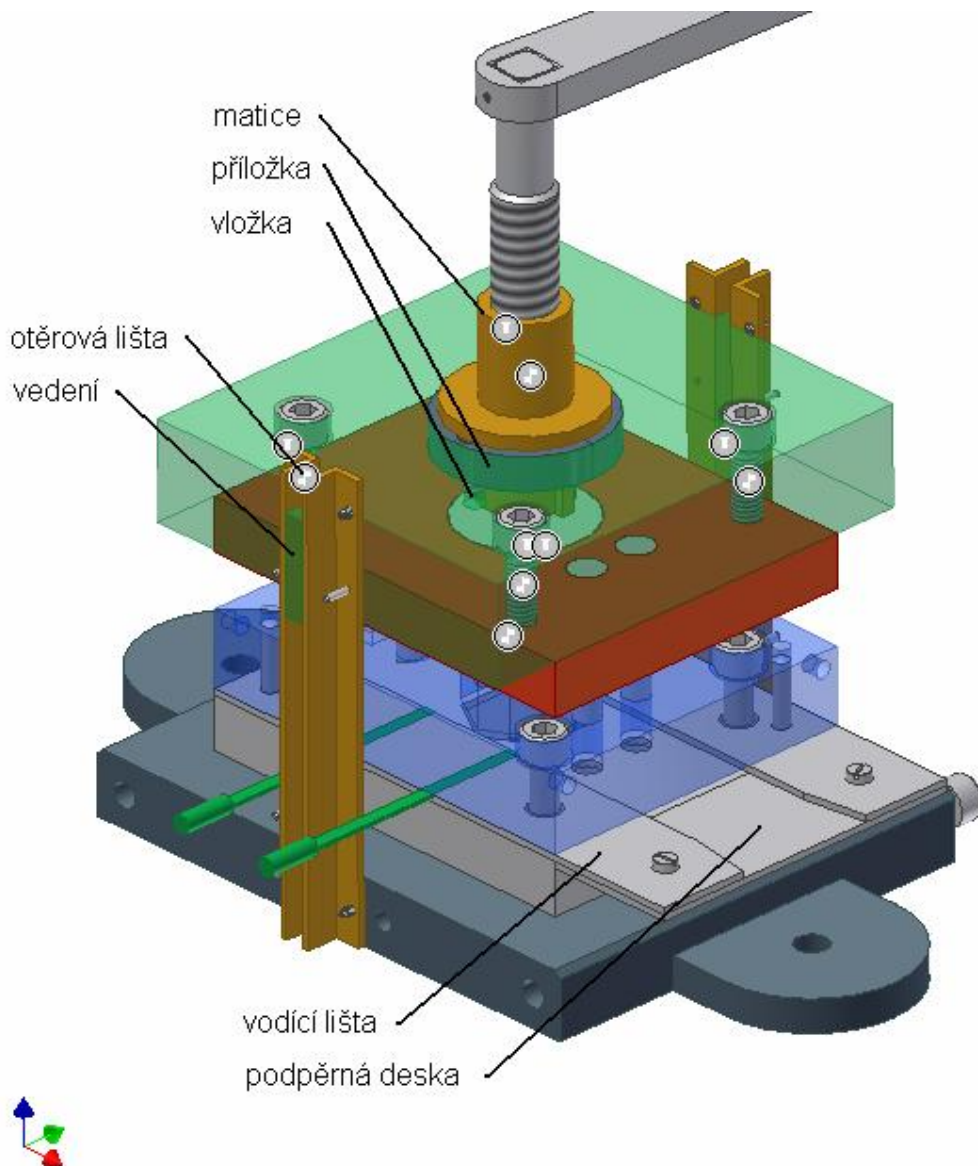


Obr. 51 Demontáž lisu

#### 4.1 Jednotlivé komponenty lisovací zařízení



Obr. 52 Komponenty lisovací zařízení



Obr. 53 Funkční části lisu

Kulový čep je uchycen k pohyblivé části prostřihovačla pomocí dělené příložky přišroubované dvěma šrouby. Vedení beranu lisu je vyřešeno dvěma výstupky na pohyblivé části prostřihovačla.

Tyto výstupky se pohybují ve vyfrézované drážce v bočnici. Drážka je opatřena otěrovými lištami. Rám lisu je skolíkovaný a sešroubovaný.

Základová deska je opatřena výstupky pro upevnění šroubového lisu k pevné podložce.

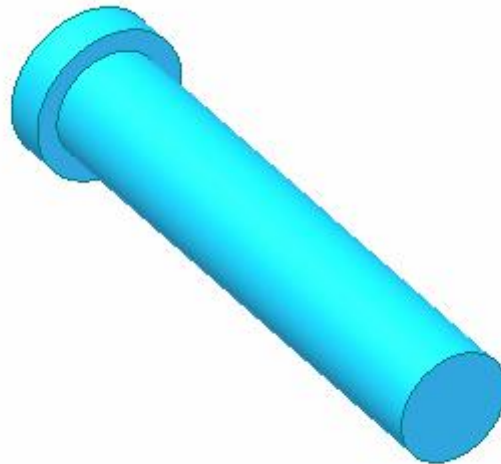
Páka lisu je nasazena na vmeteni a zajištěna pojistným šroubem.

#### 4.1.1 Střížníky

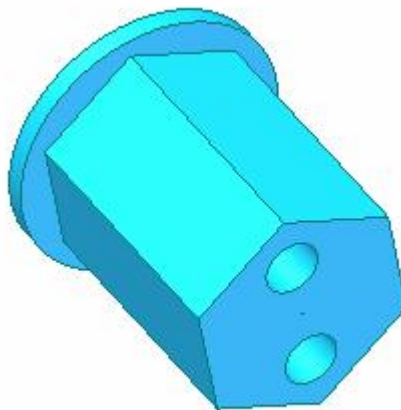
Materiál střížníku volím: 19 221.4 ..... nástrojová, uhlíková ocel

Technologická zpracování - kalit a popustit

Tolerance střížníku jsou voleny do „-“ a rozměry střížnice do „+“



*Obr. 54 Střížník pro díry*

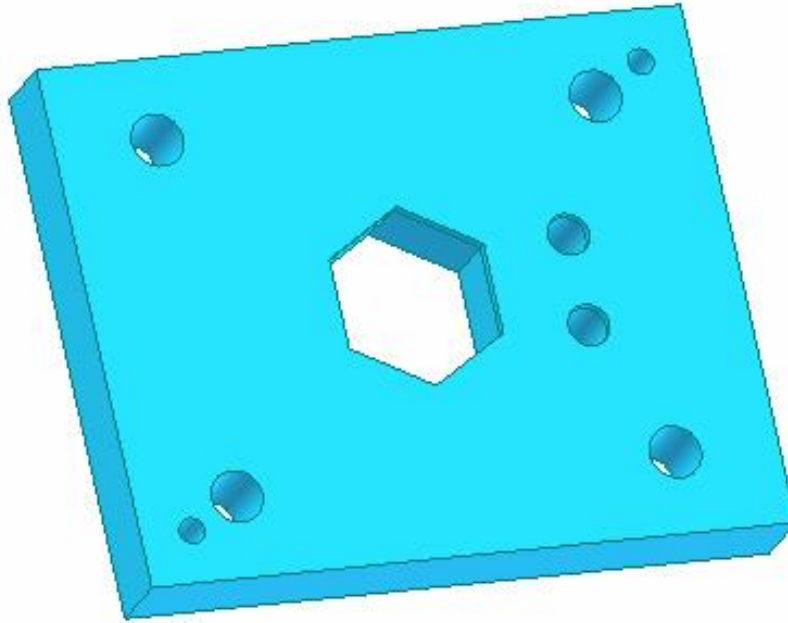


*Obr. 55 Střížník na obvod-uhelník*

#### 4.1.2 Střížnice

Materiál střížnice volím: 19 312.4 ..... nástrojová, slitinová ocel

Technologické zpracování volím kalit a popustit. Jedná se o ocel tvářenou



Obr. 56 Střížnice

#### 4.1.3 Matice

Mosazná matice lichoběžníkovým závitem je nalisovaná s přesahem do horní desky šroubového lisu.



Obr. 57 Matice

#### 4.1.4 Vřeteno a páka

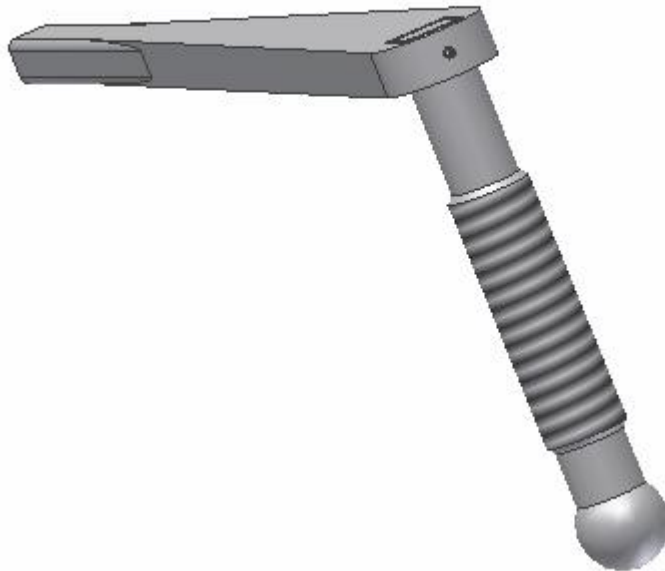
Páka je ke vřetenu zajištěna šroubem.

Vřeteno je osazeno lichoběžníkovým závitem a je opatřeno kulovým čepem.

Pomocí tohoto čepu je uchycena pohyblivá část prostřihovadla ke vřetenu.

Třecí plocha kulového čepu je opatřena mosaznou vložkou, která má na obvodu výstupku zabráňující pootočení.

Vřeteno je uloženo v matici



Obr. 58 Vřeteno

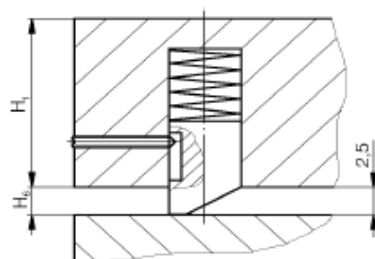
#### 4.1.5 Dorazy

V každém prostřihovadle musí být první a druhý načínací doraz, aby výstřižky byly vyráběny hned z kraje pásu plechu (aby první výstřižek nebyl bez děr - zmetek)

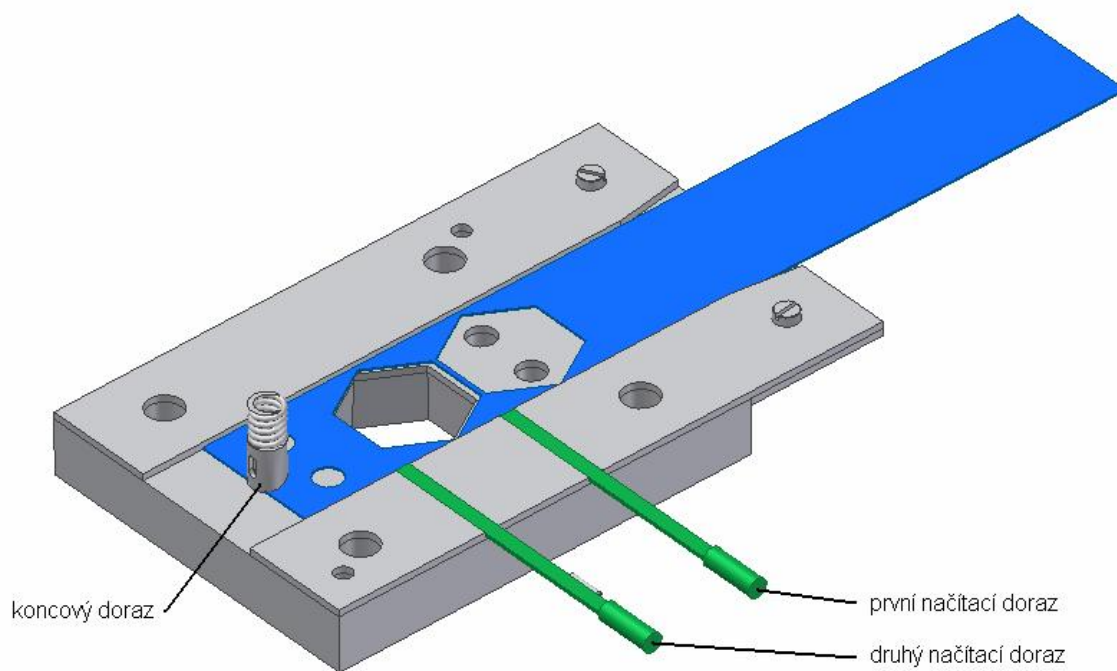
Dále pak je koncový doraz, který řídí posun pásu plechu

- první a druhý načínací doraz volím dle nákresu jednoduché páskovité, ručně ovládané
- jako koncový doraz volím zpětný pružící doraz ve vodící desce ( volím jej proto, protože materiál vodící desky nemusí být tak pevný jako materiál střižnice = nástrojová ocel a tudíž se bude vodící deska lépe obrábět = vyrábět otvor pro doraz )





Obr. 59 Schéma koncového zpětného pružícího dorazu ve vodící desce



Obr. 60 Dorazy



## 5 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI

V této části jsou navrženy a zkontrolovány rozměry vřetene a matice, návrh a kontrola uložení čepu v kluzném pouzdře a kontrola rozměru rámu lisu.

### 5.1 Výpočet zdvihu beranu lisu

Pro vystřížení našeho výstřižku stačí zdvih beranu lisu 6,5 mm.

Náš šroubový lis je ale univerzální proto volím zdvih beranu lisu:  $h_{ber} = 35$  mm.

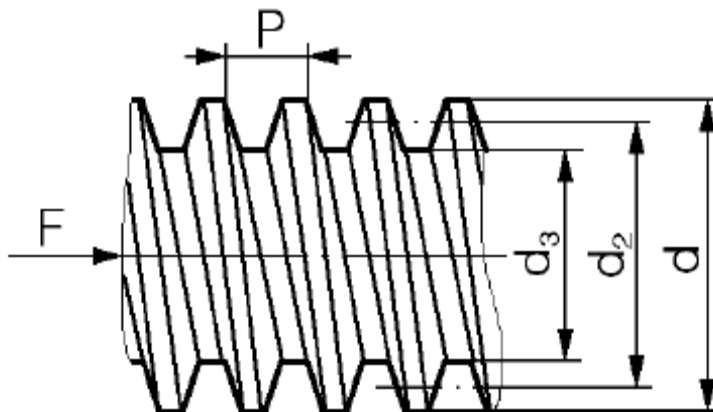
### 5.2 Výpočet průměru šroubu

materiál šroubu volím ocel: 11 600  $\Rightarrow R_e = 295$  MPa  
 $\Rightarrow R_m = 590$  MPa ( $k=1,6$ )

$$\sigma_{Dt} = k/R_e = 295/1,6 = 184,4 = 184 \text{ MPa}$$

$$A = F/\sigma_{Dt} = 19300/184 = 112,2 \text{ mm}^2$$

$$A = \pi \cdot d_3'^2 \Rightarrow d_3' = \sqrt{4 \cdot A / \pi} = \sqrt{4 \cdot 112,2 / 3,14} = 11,93 \text{ mm}$$



Obr. 61 Schéma závitu

$d_3' = 11,93$  mm  $\Rightarrow$  z ST volím závit se stoupání  $P = 4$  mm;  
nejbližší vyšší:  $d_3 = 13,5$  mm  $\Rightarrow$  Tr 18x4 ;  $d_2 = 16$  mm

### 5.3 Výpočet počtu závitu matice

$$H_1 = (d - d_3)/2 = (18 - 13,5)/2 = 2,25 \text{ mm}$$

materiál matice volím mosaz :  $R_m = 370$  MPa

$$R_e = 280 \text{ MPa}$$

třída pevnosti materiálu matice: 4.6  $\Rightarrow p_D = 30$  MPa

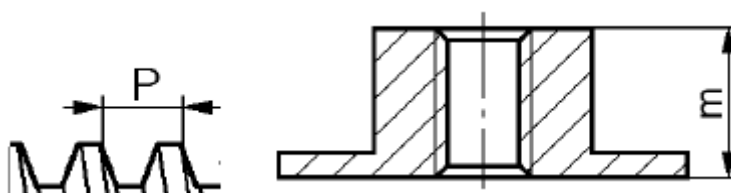
$$p = F / z' \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1 \Rightarrow z' = F / \pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D = 19300 / 3,14 \cdot 16 \cdot 2,25 \cdot 30$$

$$z' = 5,5 \text{ závitů}$$

$$z = z' + 2 = 5,5 + 2 = 7,5 \text{ závitů}$$

#### 5.4 Výpočet výšky matice

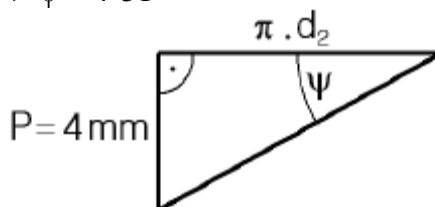
$$m = z \cdot P = 7,5 \cdot 4 = 31 \text{ mm}$$



Obr. 62 Schéma matice

#### 5.5 Výpočet úhlu stoupání závitu

$$\tan \psi = P / \pi \cdot d_2 = 4 / 3,14 \cdot 16 \Rightarrow \psi = 4^\circ 51'$$

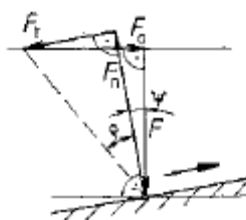


Obr. 63 Schéma stoupání závitu

#### 5.6 Výpočet třecího úhlu

- velikost třecího úhlu závisí na velikosti součinitele smykového tření:  $\mu = 0,15$

$$\tan \rho = 0,15 \Rightarrow \rho = 8^\circ 31'$$



Obr. 64 Třecí úhel

### 5.7 Výpočet síly potřebné pro utahování

$$F_0 = F \cdot \operatorname{tg}(\psi + \rho) = 19\,300 \cdot \operatorname{tg}(4^\circ 15' + 8^\circ 31') = 4\,883,7 \text{ N}$$

### 5.8 Výpočet účinnosti při utahování

$$\eta_z = \operatorname{tg}\psi / \operatorname{tg}(\psi + \rho) = 0,358 \Rightarrow \eta_z = 35,8 \%$$

### 5.9 Výpočet kroutícího momentu vřetena

$$M_k = F_0 \cdot (d_2/2)$$

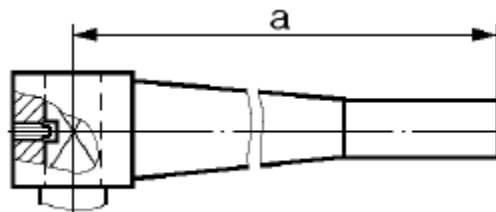
$$M_k = 4\,883,7 \cdot (16/2)$$

$$M_k = 39\,069,6 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

### 5.10 Výpočet síly působící na páku

délku páky lisu volím:  $a = 300 \text{ mm}$

$$F_p = M_k / a = 39\,069,6 / 300 = 107,2 \text{ N}$$



Obr. 65 Schéma páky

### 5.11 Kontrola šroubu na vzpěr

$l_{vz}$  .... vzpěrná délka:  $l_{vz} \geq 90 \text{ mm}$

$\lambda = l_{vz} / d_3 = 90 / 13,5 = 6,67$  ..... kontrolu provedeme podle Eulera

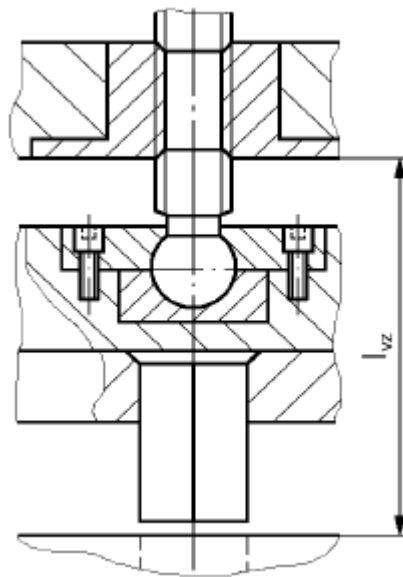
$$I = (\pi \cdot d_3^4) / 64 = (3,14 \cdot 13,5^4) / 64 = 1630,5 \text{ mm}^4$$

$$F_{vz} = (\pi^2 \cdot E \cdot I) / l_{vz}^2 = 689\,673,8 \text{ N}$$

$F_{vz} > F \cdot k_E$  .....  $k_E = 4$  až  $15$  ..... volím:  $k_E = 12$

$$689\,673,8 > 19\,300 \cdot 12$$

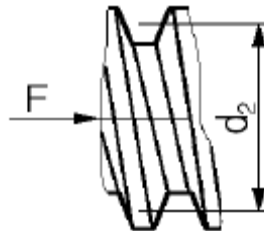
$$689\,673,8 \text{ N} > 231\,600 \text{ N} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$



Obr. 66 Schéma ukotvení šroubu

### 5.12 Kontrola tlaku v závitech

$$p = F / (z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1) = 19300 / (7,5 \cdot 3,14 \cdot 16 \cdot 2,25) = 22,7 \text{ MPa} > p_D = 30 \text{ MPa}$$



Obr. 67 Schéma zavitu

### 5.13 Kontrola šroubu na kombinované namáhání

- od krutu

$$\tau_{Dk} = 0,65 \cdot \sigma_{Dt} = 0,65 \cdot 184 = 119 \text{ MPa}$$

$$\tau_k = 16M_k / \pi d_3^3 = 16 \cdot 39\,069,6 / 3,14 \cdot 13,5^2 = 81 \text{ MPa}$$

- od tahu

$$4 \cdot F = 4 \cdot 19\,300$$

$$\sigma_t = 4F / d_3^2 = 114,8 \text{ MPa}$$

- kombinované namáhání

$$\sigma_{red} = \sigma_t + 3\tau_k^2 = 114,8^2 + 3 \cdot 81^2 = 156,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.14 Výpočet tloušťky matice

materiál matice volím mosaz :  $R_{m,m} = 370 \text{ MPa}$

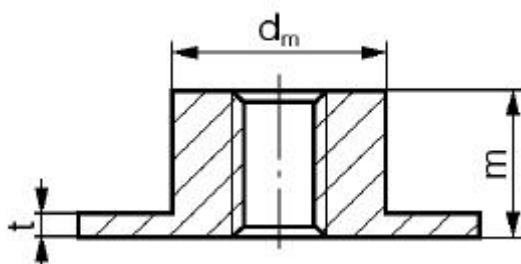
$R_{e,m} = 280 \text{ MPa}$

$\sigma_{Dt,m} = R_{e,m} / k = 280 / 1,6 = 175 \text{ MPa}$

$\tau_{Ds,m} = 0,65 \cdot \sigma_{Dt,m} = 0,65 \cdot 175 = 113,75 \text{ MPa} = 113 \text{ MPa}$

průměr matice volím:  $d_m = 25 \text{ mm}$

$\tau_{s,m} = F / \pi \cdot d_m \cdot t \Rightarrow t = 3,67 = 4 \text{ mm}$



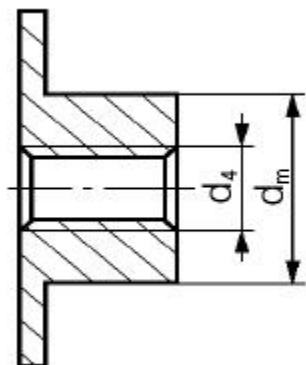
Obr. 68 Schéma matice-tloušťka

### 5.15 Kontrola matice na krut

- aby nebyla matice zeslabena zápichem, je konstrukčně vyřešena bez něj a na protikusku (horní desce lisu) je sražená hrana  $1,5 \times 45^\circ$ .

$\tau_k = M_k / W_k = M_k / (\pi/16) \cdot (d_m^4 - d_4^4) / d_m$

$\tau_k = 18,2 \text{ MPa} < \tau_{Dk,m} = 113 \text{ MPa} \dots\dots\dots$  vyhovuje



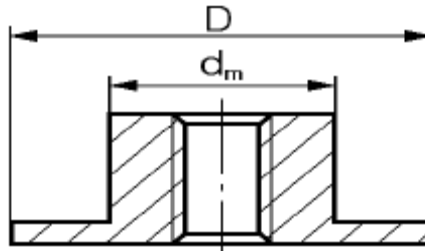
Obr. 69 Schéma matice-krut

### 5.16 Výpočet průměru D matice z tlaku

- matice je do horní desky lisu nalisována s přesahem => není potřeba matici pojišťovat proti pootočení....volím uložení H6/s6:

$F_4 \cdot F_4 \cdot F$

$$p = F / S = 4F / \pi \cdot (D_2 - d_m^2) \Rightarrow D = 4F / (\pi \cdot p_{Dm} + d_m) = 45 \text{ mm}$$

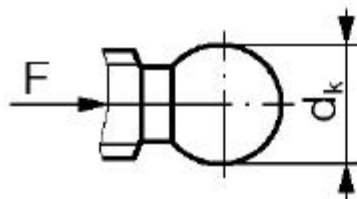


Obr. 70 Výpočet průměru D matice

### 5.17 Kontrola tlaku pod kulovým čepem

- průměr kulového čepu volím:  $d_k = 20 \text{ mm}$

$$p = F / S = 4F / \pi \cdot d_k^2 = 4 \cdot 19300 / 3,14 \cdot 20^2 = 61,5 \text{ MPa} < p_D = 90 \text{ MPa}$$



Obr. 71 Schéma kulového čepu a vložky

### 5.18 Kontrola horní desky lisu na ohyb

.. šířku horní desky lisu volím:  $h = 100 \text{ mm}$

.. výška horní desky lisu je stejná jako výška matice:  $b = 31 \text{ mm}$

.. délku horní desky lisu volím:  $l = 140 \text{ mm}$

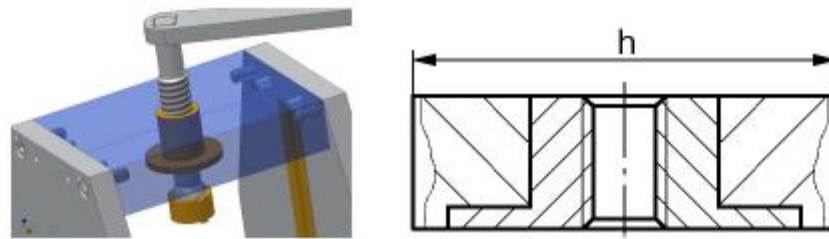
$$M_o = F \cdot l / 4 = 19300 \cdot 140 / 4 = 675\,500 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

.. průřez desky bude zeslaben o díru a zahloubení pro matici

$$W_o = h \cdot b^2 / 6 = 9\,112,5 \text{ mm}^3$$

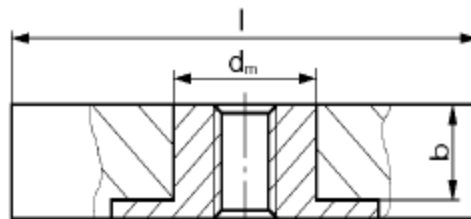
- materiál horní desky lisu volím ocel: 11 500 =>  $R_e = 245 \text{ MPa}$

$$\sigma_{D0} = Re/k = 245/1,6 = 153,2 = 153 \text{ MPa}$$



Obr. 72 Hlavice

$$\sigma_o = M_o / W_o = 675\,500 / 9\,112,5 = 74,2 \text{ MPa} < \sigma_{D0} = 153 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$



Obr. 73 Hlavice – namáhání na ohyb

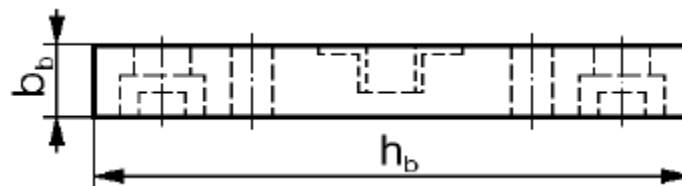
### 5.19 Kontrola bočnice na tah

- materiál bočnice lisu volím ocel: 11 500 =>  $D_t = 153 \text{ MPa}$

- průřez bočnice v kritickém místě tahu  $h_b \times b_b$ : 100 x 12

$$S = 1200 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_t = F / 2S = 8,1 \text{ MPa} < D_t = 153 \text{ MPa}$$

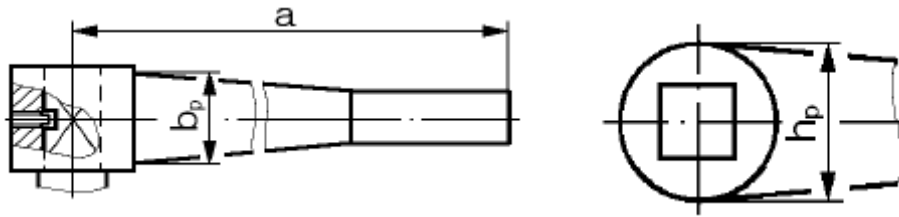


Obr. 74 Schéma bočnice

### 5.20 Kontrola páky lisu na ohyb

- průřez páky v kritickém místě ohybu  $h_p \times b_p$ : 13 x 10

$$\sigma_o = M_o / W_o = 6 \cdot F_p \cdot a / b_p^2 \cdot h_p^2 = 114,2 \text{ MPa} < \sigma_{D0} (153 \text{ MPa})$$



Obr. 75 Schéma páky na ohyb

### 5.21 Výpočet průměru líc. šroubu v rámu lisu

- třída pevnosti šroubu dle ST: 12.9 =>  $R_e = 1080 \text{ MPa}$

- počet šroubu v horní desce lisu volím:  $i = 4$

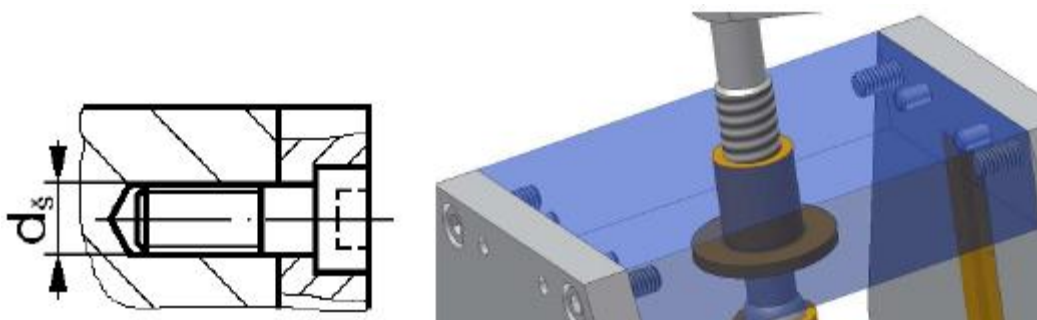
$$\tau_{Ds} = 0,65 \cdot R_e/k = 0,65 \cdot 1080/1,6 = 438,8 = 438 \text{ MPa}$$

$$F_4 \cdot F_4 \cdot F_4 \cdot 19\,300$$

$$\tau_s = F/S = 4F / \pi \cdot d_s^2 \cdot i \Rightarrow d_s$$

$$d_s = 7,1 \text{ mm} = 8 \text{ mm}$$

Rám lisu bude nejprve skolíkován a potom sešroubován, tzn. že šrouby budou chráněny před přestřížením kolíky.



Obr. 76 Šrouby v rámu lisu



## ZÁVĚR

Cílem této práce byl návrh ručního vřetenového lisu, určeného ke stříhání tenkých plechů a jiných prací jako stahování ložisek, ohýbání, děrování.

V teorii se zabývám tvářením a samostatnými metodami tvářecích procesů, ať už jde o tváření za studena nebo za tepla.

V praktické-technologické části řeším prakticky technologii tváření, určil jsem nástřížný plán, ekonomiku stříhání a vlastní rozměry střížníku a střížnice.

Samostatnou konstrukci jsem rýsoval pomocí programu Inventor a jednotlivé díly lisu jsou voleny a kontrolovány pevnostními výpočty.

Lis není určen k použití při hromadné a sériové výrobě, jeho použití se bude využívat převážně v menších dílnách a pracovištích.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] SRP K. a kol. *Základy lisování*,. SNTL,1965, 354s.
- [2] KEJVAL Z. *Tváření plechů I.*, 1963, 212s.
- [3] KEJVAL Z. a kol. *Tváření plechů II.*, 1963, 128s.
- [4] HÝSEK R. *Tvářecí stroje*, VUNM 1973, 215s
- [5] RUDOLF KRÍŽ, *Stavba a provoz stroju I.,II*, ALBRA 1997, 114s. ISBN 80-7366
- [6] LEINVEBER J., RASA J., VÁVRA P.  
*Strojnické tabulky*, ALBRA 1984, 2005, 912s ISBN 80-7361-011-6

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Význam	Jednotky
$h$	šířka horní desky lisu	mm
$h_b$	šířka bočnice v kritickém místě tahu	mm
$h_p$	šířka páky v kritickém místě ohybu	mm
$h_v$	výška výstupku vedení beranu lisu	mm
$h_{ber}$	zdvih beranu lisu	mm
$l_{vz}$	vzpěrná délka	mm
$l$	délka horní desky lisu	mm
$l_v$	délka výstupku vedení beranu lisu	mm
$l_m$	délka nalisované části matice	mm
$b$	výška horní desky lisu	mm
$b_b$	výška bočnice v kritickém místě tahu	mm
$b_v$	šířka výstupku vedení beranu lisu	mm
$b_p$	výška páky v kritickém místě ohybu	mm
$k$	součinitel bezpečnosti	-
$k_E$	součinitel bezpečnosti podle Eulera	-
$k_s$	součinitel bezpečnosti proti skluzu	-
$A$	plocha průřezu dřívku šroubu	mm <sup>2</sup>
$F$	celková střižná síla (zatěžující)	N
$F_p$	síla působící na páku lisu	N
$F_o$	síla potřebná pro utahování	N
$F_{ov}$	síla působící na výstupky beranu lisu	N
$F_a$	síla potřebná pro nalisování matice	N
$F_{vz}$	vzpěrná kritická síla	N
$d$	velký průměr závitu	mm
$d_2$	střední průměr závitu	mm
$d_3$	malý průměr závitu	mm
$d_s$	průměr šroubu v rámu lisu	mm
$d_m$	průměr nalisované části matice	mm
$D$	velký průměr matice	mm
$d_v$	průměr vložky pod kulovým čepem	mm
$d_k$	průměr kulového čepu	mm
$P$	stoupání závitu	mm
$H_1$	nosná hloubka závitu	mm
$z$	celkový počet závitů	-
$z'$	předběžný počet závitů	-
$m$	výška matice	mm
$\psi$	úhel stoupání závitu	°
$\mu$	součinitel smykového tření	-
$\rho$	třecí úhel	°
$\eta_s$	účinnost při utahování	-
$\lambda$	poměrový součinitel při vzpěru šroubu	-
$M_k$	kroučící moment vřetena	N.mm
$M_o$	ohybový moment	N.mm
$M_p$	přenášený kroučící moment zvětšený o součinitel bezpeč. $k$	N.mm
$a$	délka ramena páky	mm

Značka	Význam	Jednotky
E	modul průřezu v tahu	MPa
I	kvadratický moment plochy	mm <sup>4</sup>
t	tloušťka matice	mm
$\varepsilon_{\min}$	poměrný přesah	$\mu\text{m}$
$\Delta_{\min}$	nejmenší přesah	$\mu\text{m}$
$\Delta_{\max}$	největší přesah	$\mu\text{m}$
v	součinitel sevření	-
$p_T$	stykový tlak	MPa
$p_{T\max}$	maximální stykový tlak	MPa
c	šířka čtyřhranu pro páku	mm
i	počet šroubů v horní desce lisu	-
$R_e$	mez kluzu v tahu pro ocel	MPa
$R_m$	mez pevnosti v tahu pro ocel	MPa
$R_{e,m}$	mez kluzu v tahu pro mosaz	MPa
$R_{m,m}$	mez pevnosti v tahu pro mosaz	MPa
$\tau_{D_s}$	dovolené napětí ve střihu pro ocel	MPa
$\tau_{D_k}$	dovolené napětí v krutu pro ocel	MPa
$\sigma_{D_t}$	dovolené napětí v tahu pro ocel	MPa
$\sigma_{D_o}$	dovolené napětí v ohybu pro ocel	MPa
$\tau_{D_{s,m}}$	dovolené napětí ve střihu pro mosaz	MPa
$\tau_{D_{k,m}}$	dovolené napětí v krutu pro mosaz	MPa
$\sigma_{D_{t,m}}$	dovolené napětí v tahu pro mosaz	MPa
$p_D$	dovolené napětí v tlaku pro ocel	MPa
$p_{D,m}$	dovolené napětí v tlaku pro mosaz	MPa
$W_k$	charakteristická hodnota průřezu v krutu	mm <sup>3</sup>
$W_o$	charakteristická hodnota průřezu v ohybu	mm <sup>3</sup>

**SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1</i>	<i>Závislost přetvárných odporů na rychlosti tváření .....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 2</i>	<i>Změny mechanických vlastností ocelí tvářených za studena .....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 3</i>	<i>Změna zrn tvářením.....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 4</i>	<i>Druhy válcování.....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 5</i>	<i>Uspořádání válců .....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 6</i>	<i>Napětí v krajních vláknech ohýbaného materiálu .....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 7</i>	<i>Příklady ohýbání.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 8</i>	<i>Zpětné odpružení materiálu po ohybu.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 9</i>	<i>Hodnoty úhlu po odpružení .....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 10</i>	<i>Ohýbadlo s otočnými čelistmi .....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 11</i>	<i>Ohýbadlo .....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 12</i>	<i>Ohýbání .....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 13</i>	<i>Tažení .....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 14</i>	<i>Přidržovač.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 15</i>	<i>Tažidlo .....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 16</i>	<i>Rotační tlačení se ztenčením stěny.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 17</i>	<i>Dopřední protlačování – tvary protlačků.....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 18</i>	<i>Postup zpětného protlačování.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 19</i>	<i>Princip stříhání stříhadly.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 20</i>	<i>Lisovací stroje.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 21</i>	<i>Uspořádání výstřižků na pásu.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 22</i>	<i>Prostřihovadla .....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 23</i>	<i>Tažení pryží metodou Marform.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 24</i>	<i>Elektromagnetické tváření.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 25</i>	<i>Rozšiřování nádob.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 26</i>	<i>Tažení a ohýbání pryží - Hydroform .....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 27</i>	<i>Kovadla.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 28</i>	<i>Postup úderů při prodlužování čtyřhranu – „kování na sebe“ .....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 29</i>	<i>Mechanizace prací při kování.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 30</i>	<i>Pěchování .....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 31</i>	<i>Prodlužování.....</i>	<i>32</i>

<i>Obr. 32</i>	<i>Osazování a prosazování</i> .....	33
<i>Obr. 33</i>	<i>Přesazování</i> .....	33
<i>Obr. 34</i>	<i>Druhy přídavek volně kovaného výkovku</i> .....	34
<i>Obr. 35</i>	<i>Kovací zápustka pro buchar</i> .....	34
<i>Obr. 36</i>	<i>Přesné kování</i> .....	35
<i>Obr. 37</i>	<i>Postupová zápustka pro kovací lis</i> .....	35
<i>Obr. 38</i>	<i>Rotační kování</i> .....	36
<i>Obr. 39</i>	<i>Příčné klínové válcování (PKV)</i> .....	36
<i>Obr. 40</i>	<i>Princip stříhání</i> .....	40
<i>Obr. 41</i>	<i>Rozměry výstřižku</i> .....	41
<i>Obr. 42</i>	<i>Plocha výstřižku</i> .....	44
<i>Obr. 43</i>	<i>Nákres výstřižku</i> .....	45
<i>Obr. 44</i>	<i>Střižné síly</i> .....	46
<i>Obr. 45</i>	<i>Poloha stopky</i> .....	47
<i>Obr. 46</i>	<i>Nákres střižníku obvodu a střižníku děr</i> .....	48
<i>Obr. 47</i>	<i>Hodnoty souřadnic tržišť a délek jednotlivých střižných hran</i> .....	49
<i>Obr. 48</i>	<i>Nákres rozměrů střižnice</i> .....	54
<i>Obr. 49</i>	<i>Nákres prostřihovadla</i> .....	55
<i>Obr. 50</i>	<i>Konstrukce lisovacího zařízení – program Inventor</i> .....	58
<i>Obr. 51</i>	<i>Demontáž lisu</i> .....	58
<i>Obr. 52</i>	<i>Komponenty lisovacího zařízení</i> .....	59
<i>Obr. 53</i>	<i>Funkční části lisu</i> .....	60
<i>Obr. 54</i>	<i>Střižník pro díry</i> .....	61
<i>Obr. 55</i>	<i>Střižník na obvod-uhelník</i> .....	61
<i>Obr. 56</i>	<i>Střižnice</i> .....	62
<i>Obr. 57</i>	<i>Matice</i> .....	62
<i>Obr. 58</i>	<i>Vřeteno</i> .....	63
<i>Obr. 59</i>	<i>Schéma koncového zpětného pružícího dorazu ve vodící desce</i> .....	64
<i>Obr. 60</i>	<i>Dorazy</i> .....	64
<i>Obr. 61</i>	<i>Schéma závitu</i> .....	65
<i>Obr. 62</i>	<i>Schéma matice</i> .....	66
<i>Obr. 63</i>	<i>Schéma stoupání závitu</i> .....	66

<i>Obr. 64</i>	<i>Třecí úhel</i> .....	66
<i>Obr. 65</i>	<i>Schéma páky</i> .....	67
<i>Obr. 66</i>	<i>Schéma ukotvení šroubu</i> .....	68
<i>Obr. 67</i>	<i>Schéma zavítu</i> .....	68
<i>Obr. 68</i>	<i>Schéma matice-tloušťka</i> .....	69
<i>Obr. 69</i>	<i>Schéma matice-krut</i> .....	69
<i>Obr. 70</i>	<i>Výpočet průměru D matice</i> .....	70
<i>Obr. 71</i>	<i>Schéma kulového čepu a vložky</i> .....	70
<i>Obr. 72</i>	<i>Hlavice</i> .....	71
<i>Obr. 73</i>	<i>Hlavice – namáhání na ohyb</i> .....	71
<i>Obr. 74</i>	<i>Schéma bočnice</i> .....	71
<i>Obr. 75</i>	<i>Schéma páky na ohyb</i> .....	72
<i>Obr. 76</i>	<i>Šrouby v rámu lisu</i> .....	72

**SEZNAM PŘÍLOH**

PI Plech -výstřížek

PII Střížnice

PIII Střížník -úhelník

PIV Střížník -děrování

PV CD -konstrukce v programu Inventor, elektronická podoba práce



