

# STŘIŽNÝ NÁSTROJ

MICHAL ZÁTORSKÝ

---

Bakalářská práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2009/2010

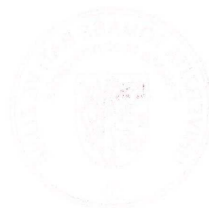
## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal ZÁTORSKÝ**  
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Téma práce: **Střížný nástroj**

Zásady pro vypracování:

- 1.) Vypracujte řešení na dané téma
- 2.) Navrhněte vhodný tvar výrobku
- 3.) Navrhněte střížný nástroj a vypracujte kompletní výkresovou dokumentaci



Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Na základě doporučení vedoucího BP**

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.**  
Ústav výrobního inženýrství

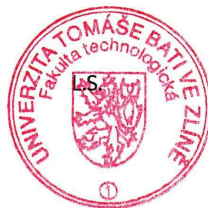
Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2010**

Ve Zlíně dne 15. ledna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*vedoucí katedry*

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je volba tvaru reklamní sponky, která by měla vypadat jako logo Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Návrh střížného nástroje na vystřihování této reklamní sponky. Střížný nástroj by měl být konstruován pro hydraulický nebo ruční lis v laboratořích UVI. Vypracování kompletní výkresové dokumentace pro výrobu střížného nástroje.

Klíčová slova: Střížný nástroj, mechanický lis, reklamní sponka

## **ABSTRACT**

The targets of this labor are choosing shape of advertisement clip which should look like logo Tomas Bata University in Zlín. Blanking tool is design for cutting this advertisement clip. Shear tool should be designed for hydraulic or manual mechanical press in the laboratories of UVI. Preparation of complete design documntation for the production of shear tool.

Keywords: Blanking tool, shearing tool, mchanical press, advertisement clip,

## **Poděkování**

Mé poděkování si zaslouží především doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc., jelikož při vypracování této bakalářské práce byly jeho odborné rady stěžejním prvkem.

## **Motto**

Nestačí vědět, vědění se musí použít.

[ Johann Wolfgang von Goethe ]

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 TVÁŘENÍ ZA STUDENA</b> .....	<b>10</b>
1.1 ROZDĚLENÍ DRUHŮ METOD TVÁŘENÍ ZA STUDENA .....	10
<b>2 STŘÍHÁNÍ</b> .....	<b>11</b>
2.1 POSTUP STŘÍHÁNÍ.....	11
2.2.1 Deformační pásma při stříhání .....	13
2.2 CHARAKTERISTIKA STŘÍHACÍCH OPERACÍ .....	14
2.3 ROZDĚLENÍ STŘÍHÁNÍ PODLE KONSTRUKCE NOŽŮ .....	16
2.3.1 Rovnoběžné nože .....	16
2.3.2 Skloněné nože .....	17
2.3.3 Kotoučové nože.....	20
2.3.4 Nože na profily a tyče.....	20
2.4 PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ.....	23
2.4.1 Stříhání s přidržovačem.....	24
2.4.2 Stříhání s nátláčnou hranou .....	25
2.4.3 Stříhání bez vůle.....	25
2.4.4 Reversní stříhání.....	26
2.4.5 Stříhání se zápornou vůlí.....	26
2.5 PŘESNOST VÝSTŘÍŽKŮ.....	27
2.5.1 Kvalita povrchu stříhu .....	29
2.5.2 Střížná vůle.....	30
2.5.3 Výpočet střížné vůle.....	31
2.6 DRUHY STŘIHADEL .....	33
2.6.1 Jednoduchý střížný nástroj .....	33
2.6.2 Postupový střížný nástroj .....	34
2.6.3 Propadový střížný nástroj.....	35
2.6.4 Sloučené a sdružené střížné nástroje.....	36
2.7 NÁSTŘIHOVÝ PLÁN .....	37
2.7.1 Kusový nástřihový plán.....	38
2.7.2 Skupinový nástřihový plán .....	40
2.8 TEORIE PRO KONSTRUKCI STŘÍŽNÉHO NÁSTROJE .....	41
2.8.1 Střížná síla .....	41
2.8.2 Střížný odpor .....	42
2.8.3 Stírací síla.....	43
2.8.4 Protlačovací síla .....	44
2.8.5 Střížná práce a výkon .....	45
2.8.6 Pevnostní výpočet střížníků .....	46
2.8.7 Výpočet a doporučené hodnoty střížnice .....	47
2.8.8 Velikost můstek .....	48
2.8.9 Těžiště střížných sil .....	49

2.9	ŽIVOTNOST STŘIHADEL.....	51
2.9.1	Životnost jednotlivých druhů stříhadel.....	54
2.10	VOLBA SÉRIOVOSTI VÝROBY .....	55
2.10.1	Přehled stříhadel pro vhodnou sérii.....	56
<b>3</b>	<b>CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....</b>	<b>57</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>58</b>
<b>4</b>	<b>VOLBA MATERIÁLU A VÝBĚR VÝROBKU.....</b>	<b>59</b>
4.1	NÁVRH MATERIÁLU .....	59
4.2	NÁVRH TVARU VÝROBKU.....	59
4.3	VÝPOČET PARAMETRŮ PRO KONSTRUKCI A VÝROBU .....	60
4.3.1	Délka střížných hran.....	60
4.3.2	Výpočet střížných sil .....	61
4.3.3	Výpočet stírací síly .....	62
4.3.4	Výpočet protlačovací síly .....	62
4.3.5	Výpočet střížné vůle.....	62
4.3.6	Výpočet střížníku a střížnice .....	62
4.3.7	Výpočet střížníku č.1.....	63
4.3.8	Výpočet střížníku č.2.....	64
4.3.9	Výpočet střížníku č.3.....	65
4.3.10	Výpočet tloušťky střížnice .....	65
4.3.11	Výpočet nástřihového plánu .....	66
4.3.12	Nástřihový plán varianta A.....	66
4.3.13	Nástřihový plán varianta B.....	67
4.3.14	Výpočet těžiště .....	68
4.4	POPIS SOUČÁSTÍ NAVRŽENÉHO STŘIŽNÉHO NÁSTROJE .....	70
4.4.1	Horní část střížného nástroje .....	70
4.4.2	Dolní část střížného nástroje .....	71
4.4.3	Uchytení střížného nástroje .....	72
4.4.4	Přeprava střížného nástroje .....	72
4.5	EKONIMICKÁ ROZVAHA .....	74
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>75</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>80</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>81</b>

## ÚVOD

Projekt se zabývá návrhem střížného nástroje pro výrobu reklamního předmětu nazvaného reklamní sponka, která by měla sloužit jako upomínkový předmět Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Sponka je navržena podle knihy, která je v logu univerzity. Materiál navržen na reklamní sponku je slitina hliníku. Vlastnosti tohoto materiálu nám zaručují, že nám reklamní sponka nezačne korodovat a tím bude zaručen její stále lesklý krásný estetický vzhled. Sponka je navržena takovým způsobem, aby se dalo na ní laserem napsat libovolný nápis či odkaz.

Navrhovaný střížný nástroj musel být navržen takový způsobem, aby se dal používat na strojních lisech umístěných v laboratořích UVI. Proto jsme byli omezeni maximální lisovací silou na hydraulickém lisu CDC - 2,7 tuny a na ručním lisu PROMA APR - 3 tuny. Při návrhu pro daný materiál nám potřebná celková střížná síla vycházela stále o něco vyšší než jsme byli schopni dosáhnout na laboratorních lisech. Proto jsme použili odstupňovaný střížník a potřebou střížnou sílu rozložili do dvou kroků. Další možnost, která se naskytovala bylo použít střížníků se zkosenou střížnou hranou. Při použití těchto střížníků by docházelo k prohýbání výstřížků a to je v tomto případě nežádoucí.

V teoretické části jsou popsány postupy a druhy stříhání. Dále tímto tématem zabývající se charakteristiky a rozdělení stříhadel. V neposlední řadě také daná teorie pro konstrukci střížného nástroje a životnost stříhadel.

Praktická část obsahuje volbu tvaru reklamní sponky a navržení jejích rozměrů. Také potřebné výpočty ke konstrukci střížného nástroje. Výpočet a volba nástřihového plánu. Detailní popis součástí navrženého střížného nástroje, návrh uchycení na lis a potřebné součásti k manipulaci s nástrojem. Na závěr praktické části byla vypracována ekonomická rozvaha.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TVÁŘENÍ ZA STUDENA

Tváření za studena patří mezi nejproduktivnější metody zpracování kovů. Není tomu tak jen s hlediska počtu kusů, ale i s hlediska vztahu hmotnosti součástí a její funkce, neboť tato technologie je schopna zpracovat kovový materiál s různou kvalitou, mnohdy dosaženou tepelným zpracováním stejně dobře, jako materiály povrchově upravené, opatřené nátery zároveň pokovené apod. Technologie tváření se realizuje pomocí nástrojů, na jejímž konstrukčním pojetí a provedení závisí přesnost a kvalita výrobku, stejně jako velikost série. Konstrukční pojetí nástroje je jakousi syntézou technických, technologických a ekonomických faktorů, opírající se o množství a zvyklosti výroby.[3]

### 1.1 Rozdělení druhů metod tváření za studena

Celkem je možné mluvit o pěti druhích základních pracích podle ČSN 22 6001

- a) Stříhání – oddělování části materiálu podle uzavřené nebo neuzavřeného obrysu, přičemž plocha stříhu bývá většinou kolmá k povrchu materiálu.
- b) Ohýbání – přeměna plochého polotovaru v ohnutou součást.
- c) Tažení - přeměna plochého polotovaru v dutou součást libovolného tvaru, přičemž se tloušťka výchozího polotovaru buď nemění nebo se mění.
- d) Ražení - plastická přeměna povrchu výlisku
- e) Protlačování - přetváření materiálu na mezi kluzu, při němž dochází ke změně profilu, tvaru a tloušťky polotovaru novým rozdělením objemu

Kromě základních prací existuje nespočetné množství různých kombinací uvedených způsobů a jejich slučování.

## 2 STŘÍHÁNÍ

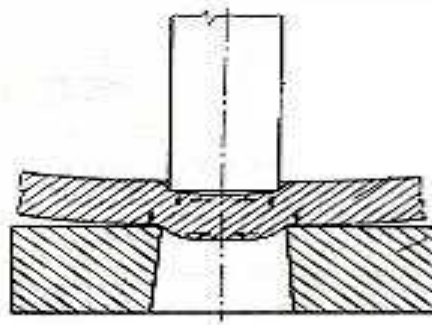
Stříhací operace je působení protilehlých řezných hran působících v řezné rovině, z nichž jeden je representován střížnou hranou střížníku a druhý hranou střížnice. Stříhaný materiál, který leží mezi oběma střížnými hranami je oddělován působením střížné síly, která má vzrůstající tendenci a dosahuje maxima v okamžik začínajícího oddělování materiálu, což bývá v okamžiku, kdy střížník vnikne do stříhaného materiálu do hloubky přibližně 1/3 tloušťky. Poté klesá střížná síla rychle k nule, přičemž rychlost poklesu závisí na stříhaném materiálu, konstrukci střížných hran a odporech působících proti zasunutí výstřížku do střížnice.

Stříhání je nejrozšířenější operací tváření. Používá se jednak na přípravu polotovarů (stříhání tabulí nebo svitků plechů, stříhání profilů, apod.) jednak na vystřihování součástí z plechu buď pro konečné použití nebo pro výrobky na další technologie (ohýbání, protlačování, tažení, atd.) a jednak na dokončovací nebo pomocné operace. Kromě klasického stříhání existují i další operace, které se nazývají podle způsobu odstraňování materiálu. Patří sem děrování, vystřihování, ostřihování, přistřihování, atd. [4]

### 2.1 Postup stříhání

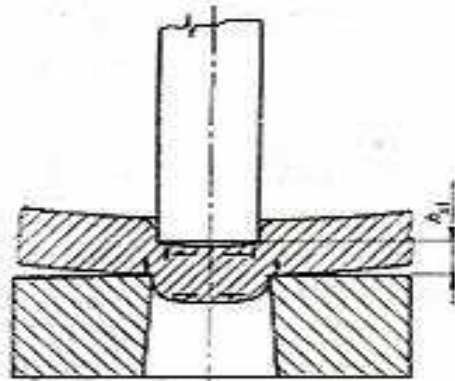
Stříhání probíhá ve třech fázích.

- 1) První fáze je oblast pružných deformací, kdy se materiál stlačuje, ohýba a je vtlačován do otvoru střížnice. Vyvolané napětí je menší než mez pevnosti stříhaného materiálu. Střížník vnikne do materiálu pouhých 5-8% tloušťky materiálu.



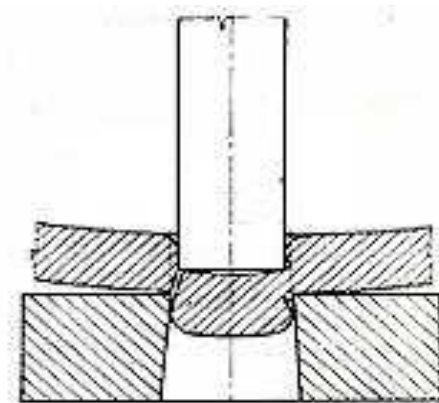
Obr.2.1 – První fáze stříhání [2]

- 2) Druhá fáze je oblast plastických deformací. Střížník se vlačuje do plechu a ten do otvoru střížnice a napětí překračuje mez kluzu a na hranách střížníku se blíží mezi pevnosti. Dochází k trvalým deformacím materiálu. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu je okolo 10-25% jeho tloušťky.



Obr.2.2 – Druhá fáze stříhání [2]

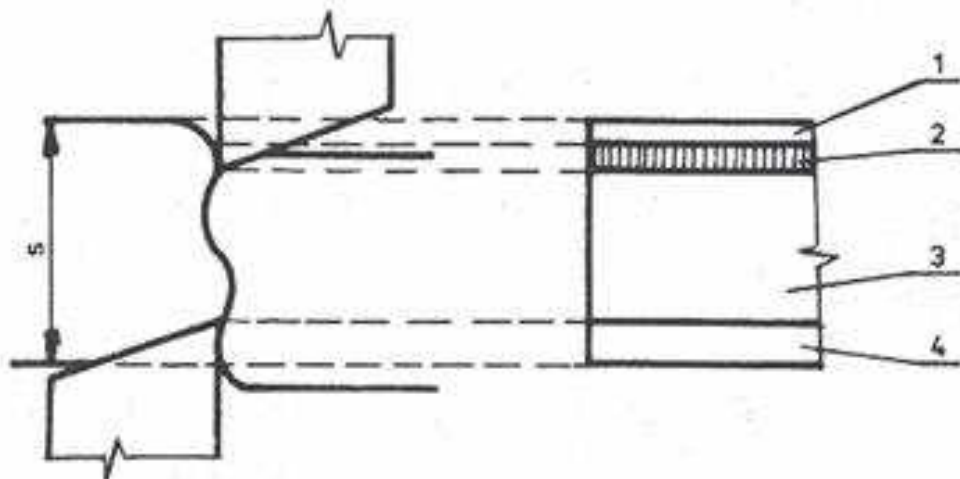
- 3) Třetí fáze je oblast trhlin, kdy se trhliny zvětšují až dojde k utržení materiálu. Ten je namáhán nad mez pevnosti ve stříhu. Střížník vniká do stříhaného materiálu do hloubky 10-60% jeho tloušťky.



Obr.2.3 – Třetí fáze stříhání [2]

### 2.1.1 Deformační pásma při stříhání

Výstřížek se oddělí dříve, než projde střížník celou tloušťkou stříhaného materiálu a následně je výstřížek vytlačen. S ohledem na to nejsou okraje stříhových ploch zcela rovinné a střížná plocha má určitou drsnost, která není v ploše rovnoměrně rozdělená. Místa, kde došlo k prvnímu výskytu trhlin, jsou drsnější, než ostatní střížné plochy. Oddělení však nenastane přesně v žádané rovině a to proto, že materiál je elastický, tvárný a napětí způsobuje tlak nožů na celé ploše – podle toho rozeznáváme na odstříhnuté ploše různá pásma. Stříhání je tedy jedinou tvářecí operací, která směřuje k žádoucímu porušení materiálu.



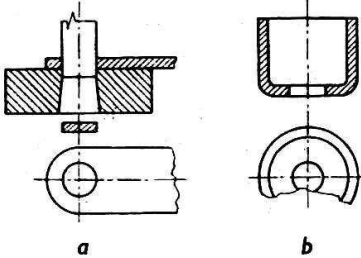
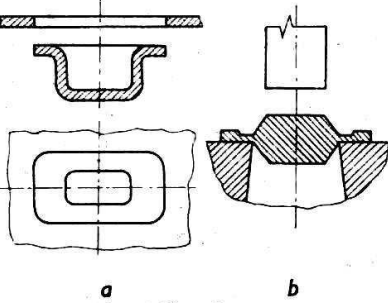
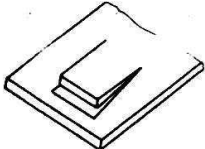
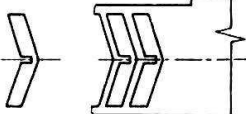
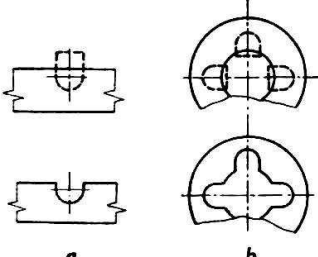
Obr. 2.4 – Deformační pásma při stříhání [4]

- 1 – pásmo zaoblení (elastická deformace),
- 2 – pásmo utržení,
- 3 – pásmo smyku (plastické deformace),
- 4 – pásmo odtlačení

## 2.2 Charakteristika stříhacích operací

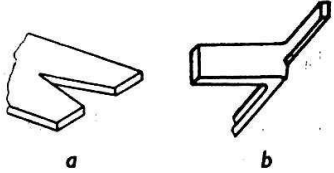
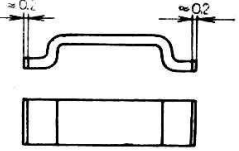
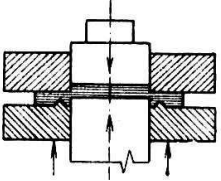
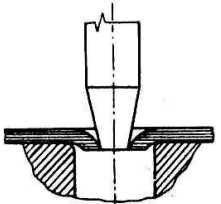
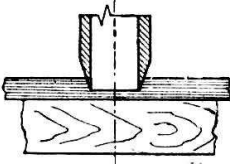
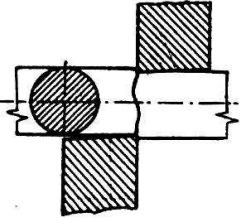
Operace stříhání s definicemi a schematickým přehledem jsou uvedeny v tab. 1 a v tab. 2

Tab. 1 – Charakteristika stříhacích operací 1 [5]

Operace	Schéma	Definice
děrování	 <p style="text-align: center;">a                      b Obr. 1.</p>	Vytváření otvorů různých tvarů. Vystřížená část tvoří odpad.
ostřihování	 <p style="text-align: center;">a                      b Obr. 2.</p>	Oddělování přebytečného materiálu po obvodu součástí.
prostřihování	 <p style="text-align: center;">Obr. 3.</p>	Částečné oddělení materiálu v libovolném tvaru uvnitř dílce.
vystřihování	 <p style="text-align: center;">Obr. 4.</p>	Zhotovení výstřížku oddělením od materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřížená část tvoří výrobek.
vystřihování zářezu	 <p style="text-align: center;">a                      b Obr. 5.</p>	Oddělování části v okraji i uvnitř materiálu. Vystřížená část tvoří odpad.

Stříhání plošné

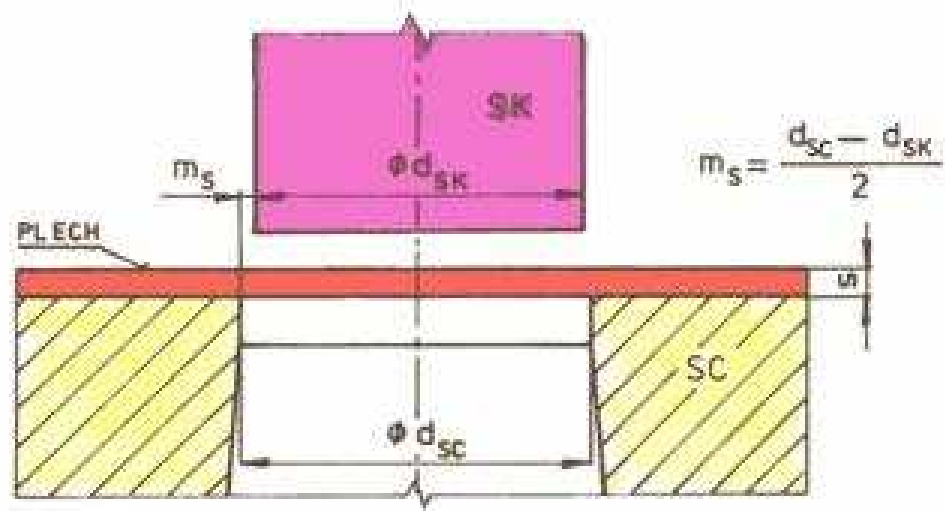
Tab. 2 - Charakteristika stříhacích operací 2 [5]

	Operace	Schéma	Definice
Stříhání plošné	nastříhování	 <p>Obr. 6.</p>	Částečné oddělení materiálu v okraji tak, že není úplně oddělen.
	přistříhování	 <p>Obr. 7.</p>	Dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch.
	přesné vystříhování	 <p>Obr. 8.</p>	Vystříhování upravené pro dosažení hladkých a přesných střížných ploch bez dalšího opracování.
	protrhávání	 <p>Obr. 9.</p>	Vytvoření hrotů, otvorů, výstupků v plochém materiálu, přičemž se materiál vyhne z původní roviny.
	vysekávání	 <p>Obr. 10.</p>	Oddělování nekovového materiálu nástrojem na podložce.
Stříhání objemové	stříhání profilů, tyčí, trubek apod.	 <p>Obr. 11.</p>	Dělení profilů, tyčí a trubek podle neuzavřeného obrysu noži, které se mijejí při proměnné tloušťce stříhaného průřezu.

## 2.3 Rozdělení stříhání podle konstrukce nožů

### 2.3.1 Rovnoběžné nože

Při stříhání rovnoběžnými noži je užíván střížný nástroj, kde mají střížník a střížnice mezi sebou střížnou mezeru  $m_s$  (1/2 střížné vůle). Nelze totiž bez zvláštních úprav postavit nástroj bez mezery kvůli nebezpečí havárie. Na docílení kvalitního výstřížku je důležitá optimální vůle mezi střížníkem a střížnicí. Jednostranná vůle bývá od 3 do 10 % tloušťky plechu v závislosti na tloušťce a pevnosti materiálu (s rostoucí pevností se vůle zvětšuje).



Obr. 2.5 – Stříhání rovnoběžnými noži [4]

$m_s$  – střížná mezera

SC – střížnice

SK – střížník

s – tloušťka stříhaného materiálu

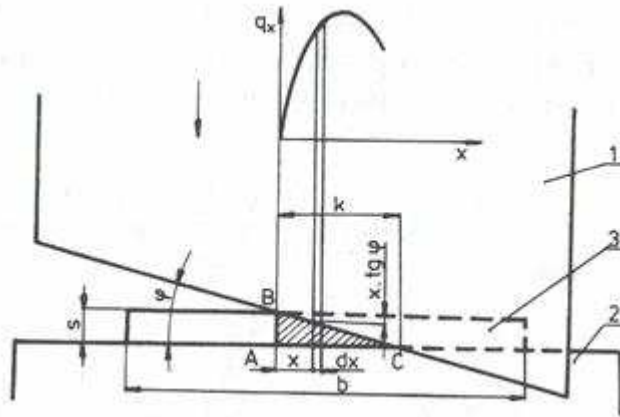
$\varnothing d_{SK}$  – vnější průměr střížníku

$\varnothing d_{SC}$  – vnitřní průměr střížnice



### 2.3.2 Skloněné nože

Při stříhání skloněnými, šikmými, noži, které mají mezi sebou při stříhání určitý úhel je velice výhodné. Jelikož je potřebná celková střižná síla menší než při stříhání na rovných nožích. Materiál je stříhán postupně. Pro velikost střižné síly bude rozhodující velikost střižné hrany a tloušťky - plochy trojúhelníka ABC.

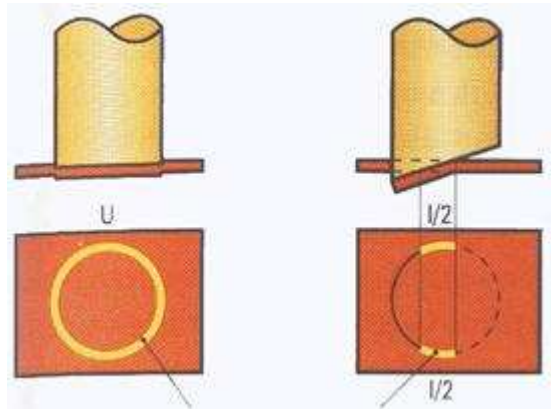


Obr. 2.6 – Stříhání skloněnými noži [4]

- 1 – střižník
- 2 - střižnice
- 3 – stříhaný materiál
- s – tloušťka stříhaného materiálu
- k – šířka záběru nože
- $\varphi$  – úhel sklonu nože střižníku

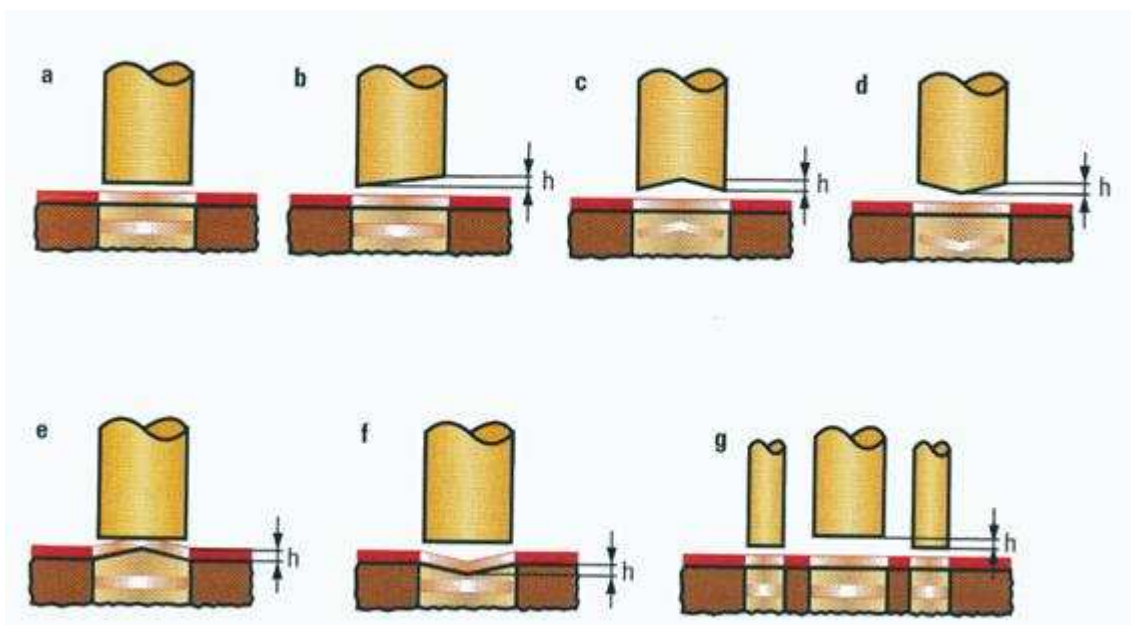
Podobně jako u jednoduchého rovného stříhání je i v tomto případě průběh okamžité síly možno regulovat, i když naproti tomu se celková práce, vynaložená na stříhání, nezmenší. U nástrojů, stříhadel, složených ze střižníku a střižnice, používaných pro dva nejrozšířenější způsoby stříhání, tj. děrování a vystřihování, to lze provést dvěma způsoby.

Dále vidíme, jak se nám změní délka stříhu u stříhaného materiálu a to díky užití metody naklonění nože u střížníku střížného nástroje.



Obr. 2.7 – Délka stříhu [4]

Můžeme také různými způsoby upravovat plochu nože u střížníku a také i u střížnice. Těchto úprav je velké množství, ale ty nezákladnější jsou uvedeny na obr. 2.8.



Obr. 2.8 - Úpravy střížníků a střížnic [4]

Stříhadla se zkoseným ostřím používáme tehdy, když chceme zmenšit střížnou sílu, která je větší jak síla lisu. Na vystřihování se zkosení dělá oboustranné a to na střížnici, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Způsob oboustranného zešikmení vyrovnává síly na střížníku a nevychyluje jej z osy. Jednostranné zkosení střížníku se používá jen pro nastřihování. U děrování je střížnice rovná a střížník zkosený, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Při stříhání složitých tvarů se nedoporučuje provádět zkosení ostří.

Do šikmého stříhu počítáme i pákové nůžky, jejichž nože se pohybují úhlových sklápěním. Protože sklápěním přímkových nožů se úhel  $\lambda$  mění, staví se často pákové nůžky s jedním nebo oběma noži obloukovými, takže úhel  $\lambda$  zůstává po střížné čáře konstantní.

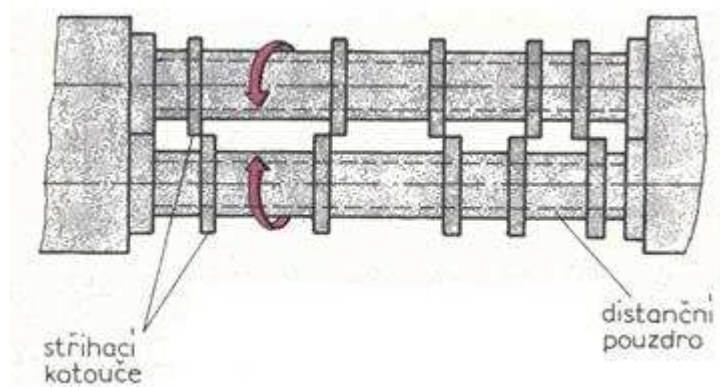


Obr. 2.9 – Pákové nůžky

Zvláštním způsobem stříhání se skloněnými noži je taháný stříh, kdy úhel stříhu (tažení)  $f$  je roven 2 až 10° a tento způsob je používán pro stříhání vláknitých látek, kde se snižuje střížná síla až o 20 % při úhlu  $f = 70^\circ$ .

### 2.3.3 Kotoučové nože

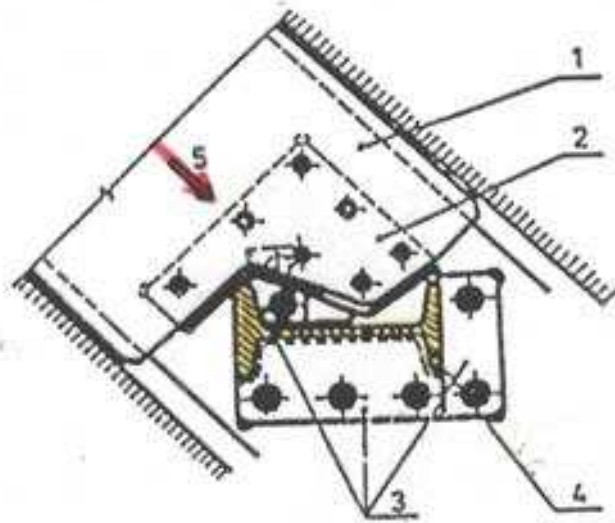
Při stříhání dlouhých materiálu, většinou pásu plechu je vhodné použití nůžek kotoučových nebo-li kruhových. Jde o střížný nástroj s tzv. odvalujícími se noži. Při užívání kruhových nožů se nám zvětšuje doba stříhu, ale snižují se rázy při stříhání. Sklon řezné hrany se mění od nejvyšší hodnoty v místě záběru do nuly. Kombinace dvojkuželového a válcového nože je určená pro stříh zakřivených tvarů, s výhodou skloněných os nástrojů. Na křivkové stříhání je potřeba zvolit průměr nožů co nejmenší. To umožňuje konstrukci nůžek s dlouhými rameny nesoucími kotouče, a tím i snadnou manipulaci se stříhaným materiálem. Speciálním nástrojem jsou kmitací nůžky. Slouží k ostříhování výlisků a k vystříhování drážek a děr. Maximální tloušťka materiálu je kolem 10 mm.



Obr. 2.10 – Kotoučové nůžky [4]

### 2.3.4 Nože na profily a tyče

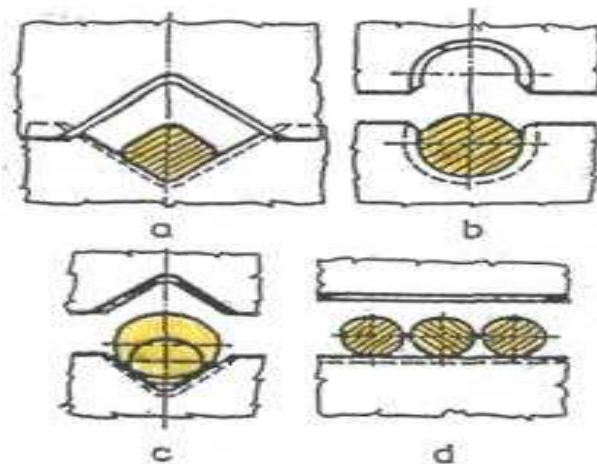
Mnohdy se stříhá také profilový materiál, čtvercový, kruhový, různé další profily, atd. Většinou příčný průřez funkčních částí nástrojů zůstává ve všech případech zhruba beze změny, mění se podélný tvar podle účelu stříhu.



Obr. 2.11 – Stříhání profilů [4]

- 1 – střížník
- 2 – pohyblivý nůž
- 3 – pevný nůž
- 4 – stříhaný profil
- 5 – směr pohybu nože

Když provádíme stříhání jakéhokoliv profilového materiálu platí pravidlo, aby přestřihovaná tloušťka v každém okamžiku byla téměř stále stejná. Tomuhle pravidlu se potom přizpůsobuje profil pohyblivého nože (Obr. 2.11). Dále je vidět na obr. 2.12 příklad tvaru nože pro stříhání profilů a tvar nožů určený jak pro stříhání čtvercových profilů, tak tvar nožů pro stříhání kulatiny. Při šikmém posuvu pohyblivé části nástroje se docílí rovnoměrnějšího průběhu střížné síly v závislosti na zdvihu, než kdyby se volil pohyb nože podle některé z os průřezu.



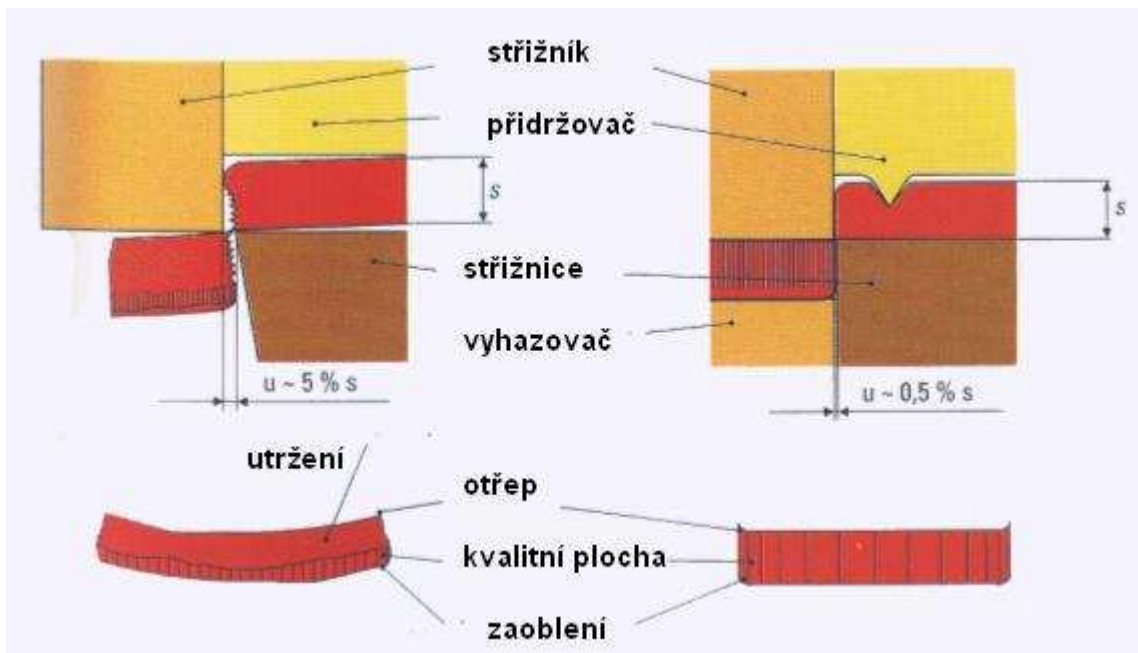
Obr. 2.12 – Stříhání profilů 2 [4]

- a – čtvercový průřez
- b – kruhový průřez
- c – kruhový průřez s roz-  
dílným průměrem
- d – kruhový průřez povo-  
lenou deformací profilu

Jestliže stříháme trubky, chceme pokud možno minimálním zdeformování a proto má pohyblivá část nástroje tvar oblouků zakončený špičkou. Špičatá část trubku propíchne, boky potom trubku stříhají tak, že výslednice sil na břitu směřuje kolmo vůči směru nejvyšší tuhosti. Střížná mezera není rovněž po celé délce stejná, od okrajů směrem ke středu se zvětšuje.

## 2.4 Přesné stříhání

Při výše uvedených druzích stříhání má každý výstřížek svou určitou jakost. Ta se většinou udává jako drsnost povrchu stříhané plochy a také nesmíme zapomenout na přesnost požadovaných rozměrů stříhaného materiálu. Dalo by se to jednoduše nazvat kvalitou stříhu. Na obr. 2.13 může názorně vidět jaký je rozdíl v kvalitě stříhu u přesného stříhání a normálního stříhání.



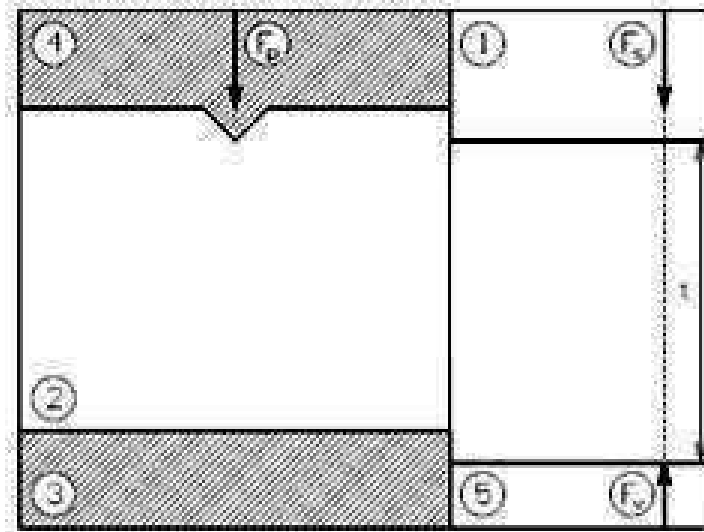
Obr. 2.13 – Kvalita stříhu [4]

Při požadavku dodávat výstřížky přímo do montáže a to bez dalších nákladných úprav, snažili se technologové zdokonalit střížný proces. Veškeré druhy zkvalitnění jakosti povrchu střížné plochy a s tím související přesnější rozměry výstřížku je uvedeno pod názvem – přesné stříhání.

Pro kvalitu výstřížku je velmi důležitá vůle (mezera) mezi střížníkem a střížnicí, neboť se zmenšující se mezerou se eliminují tahové složky napětí od ohybového namáhání a napjatost se blíží čistému smyku.

### 2.4.1 Stříhání s přidržovačem

Pro zabránění ohýbání okrajů i pro zkvalitnění střížných ploch se užívá přidržovač. K tahové složce napjatosti přibývá složka tlaková, která zlepšuje stav napjatosti v místě stříhu.



Obr. 2.14 – Přesné stříhání s přidržovačem

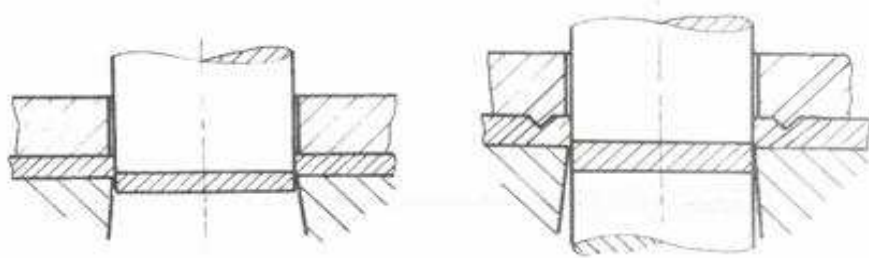
- 1 – střížník
- 2 – stříhaný materiál
- 3 - střížnice
- 4 – přidržovač
- 5 – vyhazovač
- $F_P$  – síla přidržovače
- $F_S$  – síla střížná
- $F_V$  – síla vyhazovače

Další způsoby přesného stříhání pak vycházejí z různé kombinace uvedených základních typů přesného stříhání. Ze souhrnného hodnocení přesného stříhání vyplývá, že technologie přesného stříhání umožňuje dosažení kvality na úrovni třískového obrábění, přičemž produktivita práce a úspory materiálu tuto výrobní metodu mnohonásobně překračuje.



### 2.4.2 Stříhání s nátláčnou hranou

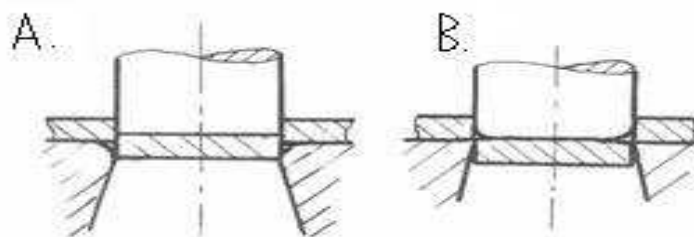
Při přesném stříhání dosahuje nejlepší kvality tzv. stříhání s nátláčnou hranou. Nátláčná hrana se protiskne v místě stříhaného obvodu, kde mění napjatost ve střížné ploše na trojosou, nátláčná hrana působí také jako složka tlaková, která usnadňuje přiblížení v čistém smyku. Protitlak je zajištěn odpruženým spodním lisovníkem. Při tomhle umístění umožňuje stříhání načisto i u poměrně tlustých materiálů. Pro materiály s tloušťkou převyšující 5mm se mohou užít dvě obvodové hraný, nebo jedna na střížníku a druhá na střížnici.



Obr. 2.15 – Stříhání s přidržovačem (vlevo) a stříhání s nátláčnou hranou a proti tlakem (vpravo) [4]

### 2.4.3 Stříhání bez vůle

Pokud užíváme stříhání bez vůle musíme brát na zřetel, že buď střížník nebo střížnice jsou vyrobené se zaoblenými střížnými hranami. Jestliže požadujeme kvalitní povrch díry užijeme střížnici se zaoblenými hranami. Naopak pokud potřebujeme kvalitní povrch výstřížku musíme použít zaoblení hran na střížníku.



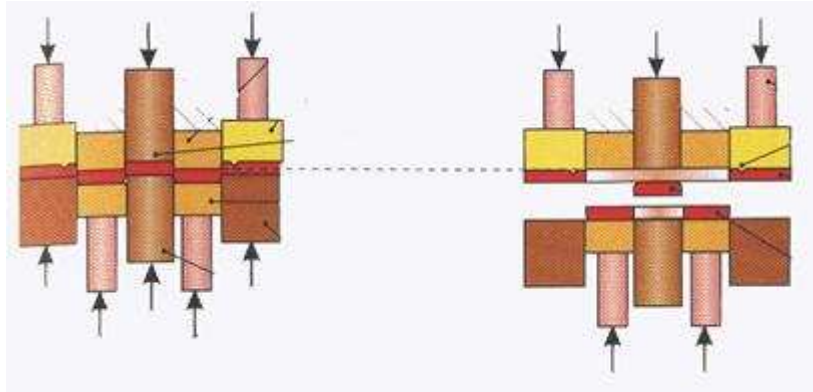
Obr. 2.16 – Stříhání bez vůle [4]

A – stříhání pro kvalitní díru

B – stříhání pro kvalitní výstřížek

#### 2.4.4 Reversní stříhání

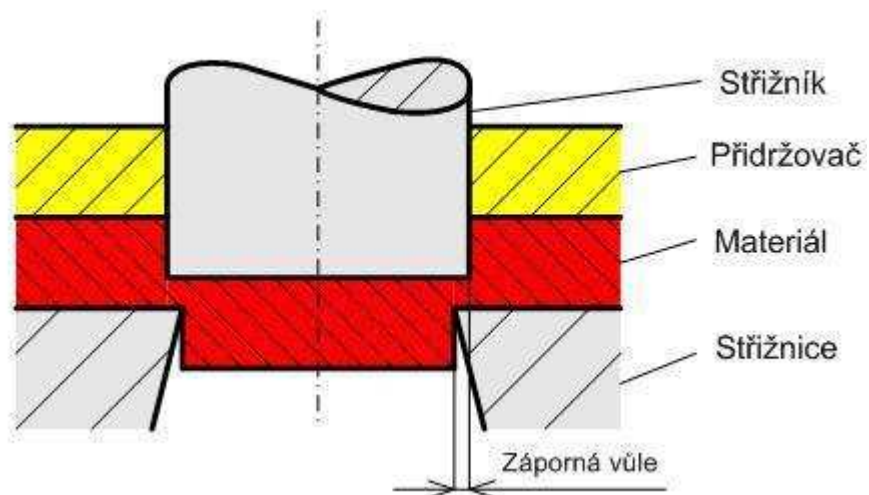
Reversní stříhání je založeno na sevření polotovaru tak, že se neprojeví tahové složky napjatosti.



Obr. 2.17 – Reversní stříhání [4]

#### 2.4.5 Stříhání se zápornou vůlí

Stříhání se zápornou vůlí je popsán doslova tak, že střížník nepronikne do otvoru ve střížnici. Vnější průměr střížníku je větší než vnitřní průměr střížnice. Většinou to bývá zhruba o 0,1 až 0,2% tloušťky plechu. Střížník musí zůstat nad rovinou střížnice ve vzdálenosti 0,2 až 0,5 mm a tím vyvolává v materiálu (mezikruží) tlakové napětí, kdy však střížná síla je větší. Střížník nejenom stříhá, ale také svým kmitáním vyleští střížnou plochu.



Obr. 2.18 – Stříhání se zápornou vůlí [4]

## 2.5 Přesnost výstřížků

Přesnost výstřížku je jedním z důležitých činitelů pro určení vhodného typu střížného nástroje. Při stříhání výstřížku požadované série musí nástroj splňovat všechny podmínky požadované přesnosti. Záleží přitom na mnoha činitelích, především na :

1. Konstrukci střížného nástroje, zvoleném typu, vedení funkčních dílů, materiálu nástroje, tuhosti apod.
2. Stavů střížného nástroje, jeho tepelného zpracování a míře opotřebení.
3. Výrobní přesnosti nástroje, především na střížníku a střížnici, velikost střížné vůle a její rovnoměrnosti po obvodě stříhu.
4. Velikosti, druhu, tloušťce a stavu stříhaného materiálu. Čím větší jsou odchylky od požadovaného parametru, tím větší je absolutní chyba.
5. Způsobu vedení pásu a ustavení polotovaru v nástroji.

K těmto nepřesnostem je třeba ještě připočítat nepřesnost lisu, podávajícího zařízení a dalších mechanických členů a vzít v úvahu i ostatní podmínky výroby. Z uvedeného vyplývá, že problematika přesností není jednoduchá. Stanovení celkové chyby je složité, protože vzájemné vlivy jednotlivých činitelů jsou různé. Mohou se sčítat i odečítat.

Pro výrobu má větší význam tzv. hospodárná přesnost, která je definována jako technicky dosažitelná a ekonomicky výhodná, se zřetelem na maximální opotřebení nástroje. Z toho vyplývá, že přesnost bude klesat s opotřebením nástroje. V tab. 3 a 4 jsou uvedeny dosažitelné přesnosti výstřížků, otvorů a roztečí otvorů. Podrobnosti o přesnosti při stříhání udává norma ČSN 22 6015 (1977). [2]

Tab. 3 – Přesnost roztečí děrovaných otvorů (mm) [2]

Tloušťka děrovaného plechu (mm)	Rozteč otvorů (mm)		
	do 50	50 až 150	150 až 300
do 1	0,10 až 0,03	0,15 až 0,05	0,20 až 0,08
1 až 2	0,12 až 0,04	0,20 až 0,06	0,30 až 0,10
2 až 4	0,15 až 0,06	0,25 až 0,08	0,35 až 0,12
4 až 6	0,20 až 0,08	0,30 až 0,10	0,40 až 0,15

Tab. 4 – Přesnost vnějších rozměrů výstřížku (mm) [2]

Tloušťka děrovaného plechu (mm)	Vnější rozměry výstřížku (mm)			
	Do 50	50 až 120	120 až 260	260 až 500
0,2 až 0,5	0,10 až 0,03	0,15 až 0,05	0,20 až 0,08	0,30 až 0,10
0,5 až 1	0,15 až 0,04	0,20 až 0,06	0,30 až 0,10	0,40 až 0,15
1 až 2	0,20 až 0,06	0,30 až 0,10	0,40 až 0,12	0,50 až 0,15
2 až 3	0,30 až 0,10	0,40 až 0,12	0,50 až 0,15	0,60 až 0,20
3 až 4	0,40 až 0,20	0,50 až 0,25	0,60 až 0,30	0,80 až 0,35
4 až 6	0,50 až 0,30	0,60 až 0,40	0,80 až 0,50	1,00 až 0,70
6 až 10	0,70 až 0,50	0,80 až 0,50	1,00 až 0,70	1,20 až 0,80

Z toho vyplývá následující zásady, jejichž dodržování umožní plynulou a ekonomickou výrobu výstřížků. Proto je třeba:

1. Nezmenšovat tolerance vnějších rozměrů a otvorů, které udává tab. 3 a 4.
2. Dát přednost kruhovým otvorům před nekruhovými, protože jejich výroba je levnější. Přesné rozměry jsou v tab. 5.

Tab. 5 – Přesnost děrovaných kruhových otvorů (mm) [2]

Tloušťka děrovaného plechu (mm)	Průměr otvoru (mm)		
	Do 10	10 až 50	50 až 100
0,2 až 1	0,06 až 0,02	0,08 až 0,04	0,10 až 0,08
1 až 4	0,08 až 0,03	0,10 až 0,06	0,12 až 0,10
4 až 10	0,10 až 0,06	0,12 až 0,10	0,15 až 0,14

3. Nepředepisovat drsnost střížné plochy. Ustřížená část plochy má drsnost  $R_a = 3,2$  až  $0,8 \mu\text{m}$ , usmýknutá část  $R_a = 3,2$  až  $6,3 \mu\text{m}$  a je zkosen pod úhlem  $1$  až  $6^\circ$ .
4. Nepředepisovat kolmost střížné plochy. Dosáhne se jen přesným vystříháním
5. Velikost stříhaných otvorů záleží na tloušťce a druhu materiálu a na konstrukci a typu stříhadla.

### 2.5.1 Kvalita povrchu stříhu

Při běžném způsobu stříhání plechů se nedosáhne zvláštní kvality povrchu stříhu. Dává plochu výstřížku mírně zkosenou s drsným povrchem a vytaženou ostřinou. Materiál výstřížku je kolem čáry stříhu zpevněn. Při vystřihování se obvykle dosáhne drsnosti  $R_a = 3,2$  až  $6,3\mu\text{m}$  a při ostřihování a děrování  $R_a = 2,5$  až  $6,3\mu\text{m}$ . Přesnost a kvalita povrchu při stříhání závisí na :

- a) Vlastnostech stříhaného materiálu
- b) Velikosti střížné mezery
- c) Druhu a stavu nástroje
- d) Charakteru geometrického tvaru stříhaného obrazce
- e) Kvalitě povrchu a přesnosti činných částí střížníku a střížnice

Hloubka nerovnosti plochy stříhu ovlivňuje především velikost střížné mezery. S její rostoucí velikostí se také hloubka nerovnosti plochy stříhu zvětšuje. Také kvalita značně ovlivňuje tvar střížné plochy. Se zvětšující se střížnou mezerou a menší tvárností materiálu vzniklé zaoblení  $r$  klesá. Hloubka nerovnosti plochy stříhu se také mění s tvarem střížné čáry.

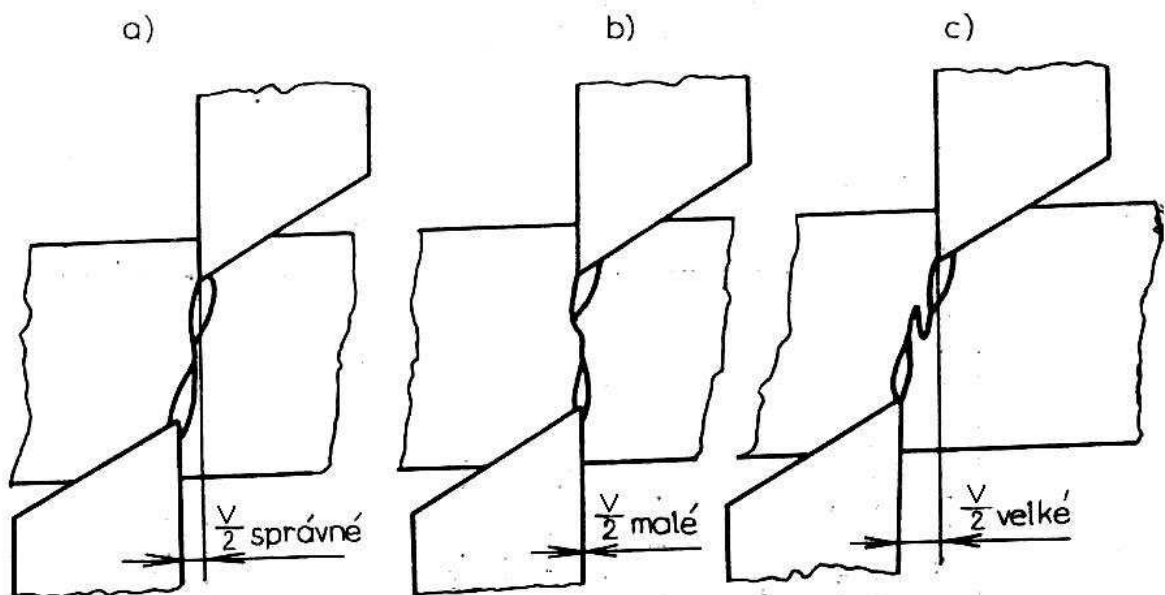
Při stříhání vznikají na střížné ploše a střížných hranách ostřiny. Výška ostřin závisí na stavu střížných elementů, k nimž patří střížník a střížnice. Největší ostřiny se vytvářejí při stříhání na sucho. Při mazání jsou ostřiny mnohem menší. Podobně i deformace výstřížku se mazáním snižují. Výška ostřin se řídí podle funkce výstřížku. Jejich výšku stanoví norma ČSN 22 6015 (1977). [2]

Výrobky mohou být požadovány v těchto třídách přesnosti:

1. Nižší přesnost IT 14, IT 15, IT 16.
2. Střední přesnost IT 11, IT 12.
3. Zvýšená přesnost IT 6, IT 7, IT 8, IT 9.

### 2.5.2 Střížná vůle

Pro stříhání se vyrobí střížník s menším rozměrem než odpovídající otvor ve střížnici. To znamená, že střížník vniká do střížnice s vůlí na každé straně. Rozdílem mezi rozměrem střížnice a střížníkem je určená střížná vůle. Jednostranný rozdíl vytváří střížnou mezeru. Její velikost má být rovnoměrná na všech místech křivky stříhu. Správně volená velikost střížné vůle zaručuje, že se trhliny, které při stříhu vznikají se potkají. Tím je zaručeno správné usmýknutí stříhané plochy, jak je znázorněno na obr. 2.19. Střížná vůle má také vliv na střížnou sílu, trvanlivost břitů, kvalitu střížných ploch a na vzniku ostřin i spotřebu energie. Zmenšováním střížné vůle se zvětšuje střížná síla jen nepatrně. Střížná práce je až o 40% větší. [2]



Obr. 2.19 – Střížná vůle - typy [5]

- a) Optimální střížná vůle
- b) Střížná vůle malá
- c) Střížná vůle velká

Střížná vůle se volí na úkor střížníku nebo střížnice vzhledem požadovanému rozměru výstřížku. Při stříhání přesného vnějšího obvodu výstřížku se vytvoří střížná vůle zmenšováním rozměru střížníku. Při děrování otvorů vzniká střížná vůle zvětšováním rozměru střížnice. Velikost střížné vůle závisí na mnoha činitelích, především na druhu materiálu a na jeho tloušťce. Obvykle se stanoví v % tloušťky stříhaného materiálu. Volí se

na jeho tloušťce. Obvykle se stanoví v % tloušťky stříhaného materiálu. Volí se přibližně podle tab.6. Dolní hodnoty střížné vůle platí pro tenké plochy. Nástroje s velkou životností se vyrobí s malou střížnou vůlí. Opotřebením nástroje se střížná vůle zvětšuje.

Tab. 6 – Velikost střížné vůle [2]

Druh materiálu	Střížná vůle (% t)	
	Do 2,5 mm	2,5 až 6mm
Ocel měkká	5	7 až 8
Ocel středně tvrdá	6	6 až 8
Ocel tvrdá	7 až 9	7 až 10
Hliník	4 až 7	5 až 9
Dural	7 až 8	7 až 10
Měď měkká	4 až 5	5 až 6
Měď polotvrdá a tvrdá	6 až 7	6 až 7
Mosaz měkká	4 až 5	4 až 6
Mosaz polotvrdá a tvrdá	5 až 6	5 až 7
Papír, lepenka	2 až 3	3
Fíbr, textil	2 až 4	-

### 2.5.3 Výpočet střížné vůle

Optimální velikost střížné vůle se volí individuálně vzhledem k funkci střížného nástroje. Pro dosažení kvalitnější plochy se volí nižší hodnoty součinitele. Požaduje-li se co nejmenší střížná síla, volí se vyšší hodnoty součinitele.

Pro plechy do  $t \leq 3$  mm :

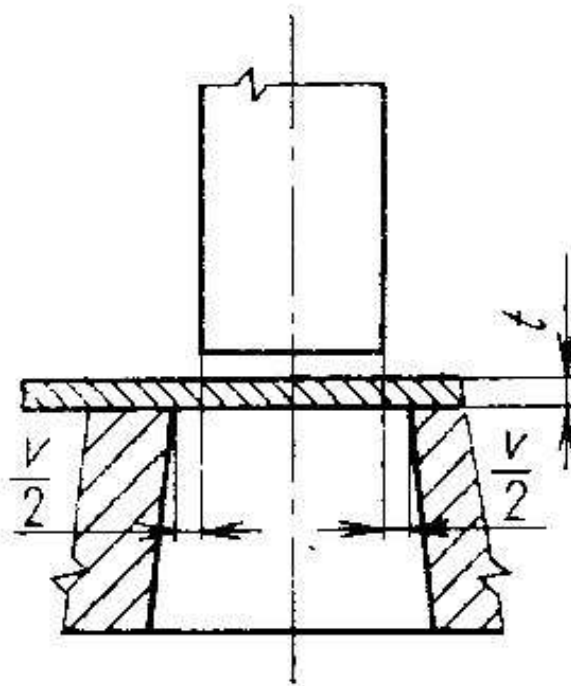
$$v = 2 \cdot C \cdot t \sqrt{\tau_{Ps}} \quad (1)$$

Pro plechy  $t \geq 3$  mm :

$$v = 2 \cdot (1,5t - 0,015) \cdot \sqrt{\tau_{Ps}} \quad (2)$$

C – součinitel, jehož velikost se volí v rozmezí 0,005 – 0,035. Nižší hodnoty volíme, chceme-li získat lepší střižnou plochu, vyšší hodnoty součinitele umožní dosáhnout minimální střižné síly. [5]

Některé podrobnější údaje o střižné vůli udává norma ČSN 22 6015 (1977).



Obr. 2.20 – Střižná vůle [2]



## 2.6 Druhy stříhadel

Stříhadla jsou nástroje, kde hlavní funkci plní horní pohyblivý nůž tzv. střížník a spodní funkci pevný nůž tzv. střížnice.

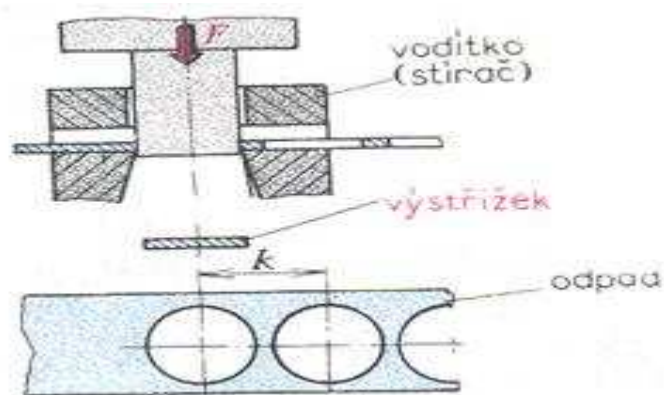
Podle operací je možné rozdělit tyto druhy stříhadel :

1. Stříhadla jednoduchá
2. Stříhadla postupová
3. Stříhadla propadová
4. Stříhadla sloučená

Vyznačují se slabou, snadno vyrobitelnou střížnicí a použitím univerzálních dílů. Z těchto důvodů jsou tyto nástroje jednoduché a také levné. Používají se pro stříhání různých materiálů, u ocelových plechu běžných jakostí až do tloušťky 3mm. [2]

### 2.6.1 Jednoduchý střížný nástroj

Jsou to nejběžnější nástroje tohoto typu. Používají se pro stříhání bez otvorů se současným rovnáním. Vyznačují se jednoduchou výrobou. Poloha pásu je zajištěna pevným dorazem. Po prostříhnutí a vrácení střížníku do výchozí polohy se pás posune ručně o jeden krok a celý cyklus se opakuje. Tloušťka střížnice u tohoto typu nástroje se pohybuje kolem 4mm.

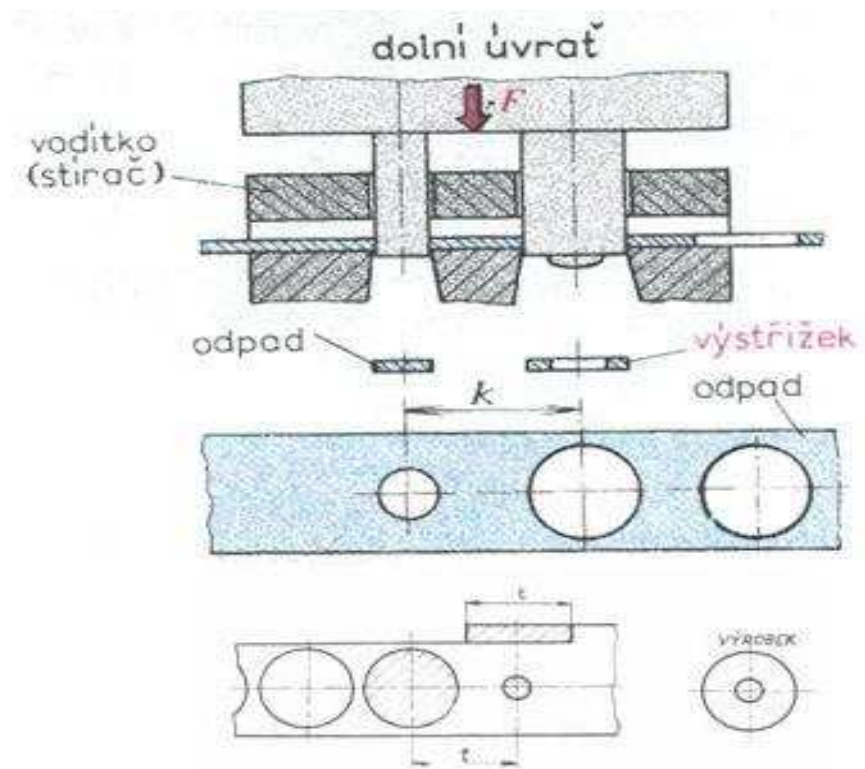


Obr. 2.21 – Jednoduchý střížný nástroj [4]

### 2.6.2 Postupový střížný nástroj

Tato stříhadla stříhají a děrují postupovým způsobem. Má obdobnou konstrukci jako jednoduché stříhadlo, doplněné o děrovací střížníky, popřípadě i ostříhovače.

Postupový střížný nástroj vyrábí výstřížek postupně, na několik kroků (operací). Je zapotřebí užití načínacího dorazu při vložení nového pásu, dále je poloha pásu zajištěn a pevným koncovým dorazem. Pás vstupuje do stroje z levé strany a posouvá se směrem doprava. Nejprve se vystříhne malý otvor, ten odpadá do odpadu a z pravé části nástroje vypaďávají hotové výstřížky (výrobek – podložka).



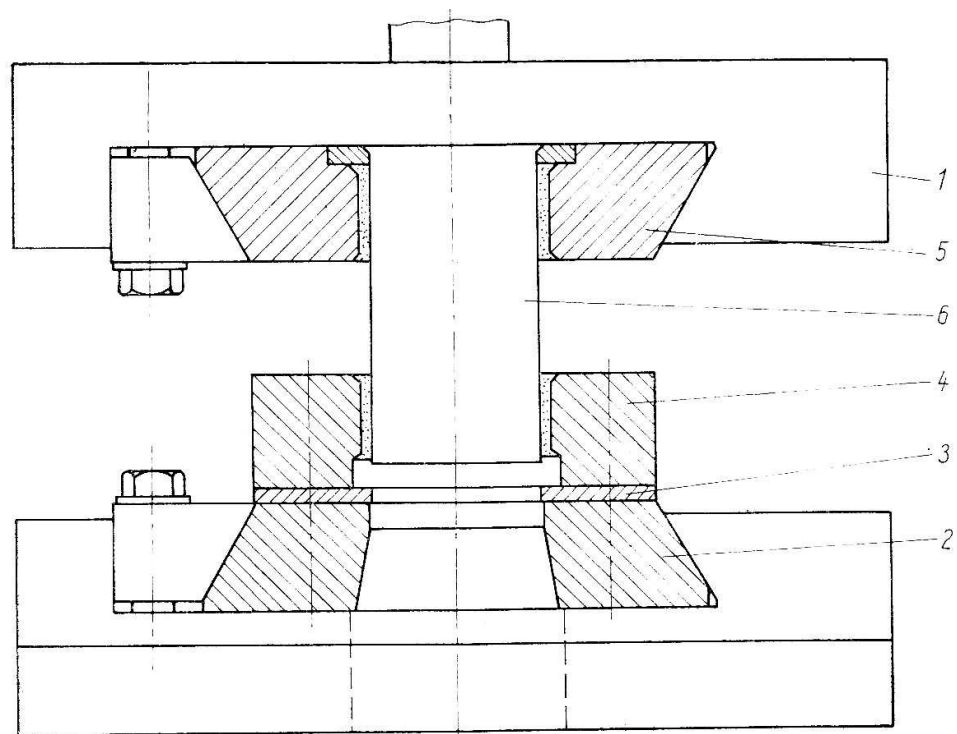
Obr. 2.22 – Postupový střížný nástroj [4]

### 2.6.3 Propadový střížný nástroj

Jsou určena k vystříhování a děrování výstřížků z kovových a nekovových materiálů o tloušťce, které udává tab.7. Tento typ je vhodný pro lisovny bez rozvodu tlakového vzduchu. Jedná se o zjednodušenou obdobu běžného stříhadla.

Tab.7 – Tloušťka stříhaných materiálu pro propadové stříhadlo [2]

Pevnost materiálu (MPa)	Tloušťka plechu (mm)	
	Jednoduchý stříh	Postupový stříh
do 500	3	2
50 až 1000	2	1,5
do 1600	0,4	0,1

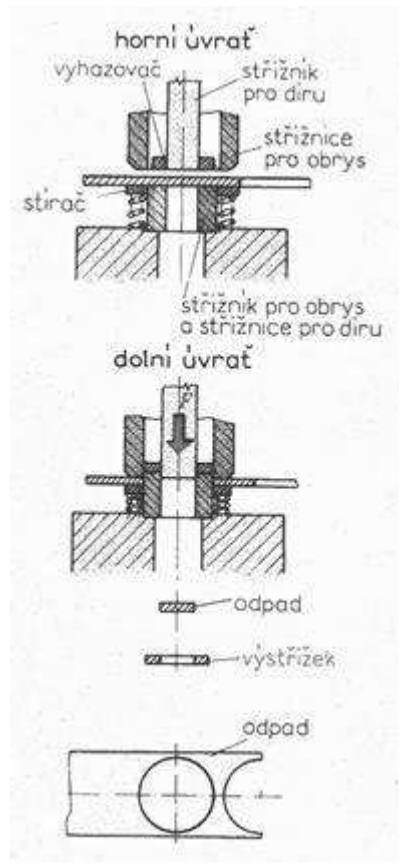


Obr. 2.23 – Propadové stříhadlo [2]

- 1 – vodící stojánek
- 2 - základna
- 3 - střížnice
- 4 – vodící deska
- 5 – závěsná deska
- 6 - střížník

### 2.6.4 Sloučené a sdružené střížné nástroje

Při sloučeném stříhání dochází v jednom kroku stříhání k více operacím najednou. Tyto stříhadla jsou konstruována takovým způsobem, aby došlo při vystřihování zároveň i k děrování.

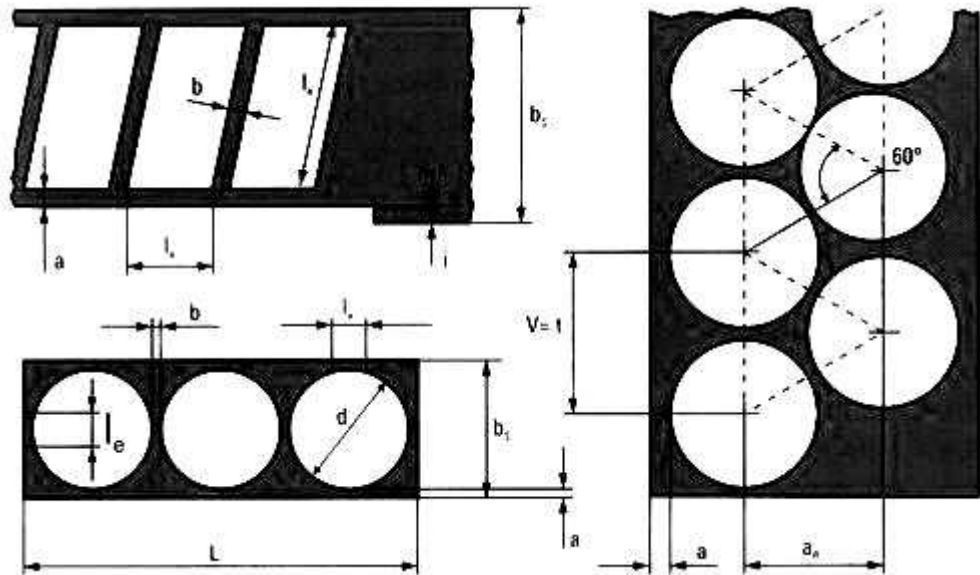


Obr. 2.24 – Sloučené stříhadlo [4]

Oproti tomu sdružený střížný nástroj se konstruuje pro sdružení různých pracovních úkonů na jeden krok (např. stříhání, ohýbání, tažení, atd.), resp. na více kroků. Potom mluvíme o sdruženém postupovém nástroji. Jednotlivé operace jsou zajištěny konstrukcí střížníku, resp. konstrukcí nástroje. [4]

## 2.7 Nástřihový plán

Nástřihovými plány se rozumí orientace součásti určených pro stříhání do té polohy, aby součást splňovala podmínky funkční spolehlivosti součásti, maximální úspory materiálu a snadného zpracování v následných technologiích. Maximální úspora materiálu je v některých oborech rozhodující, např. v automobilovém průmyslu a všude tam, kde se zpracovávají rozměrné, tvarově členité vylisky, u nichž procento využití materiálu kolísá v rozmezí 80 až 50%. Při zpracování menších vylisků s méně členitým obvodovým tvarem je využití plechu vyšší a pohybuje se mezi 75 až 90%. [3]



Obr. 2.25 – Nástřihový plán [4]

Odpad (ať už technologický nebo konstrukční) je nedílnou součástí technologie stříhání, která patří mezi hromadné výrobní procesy, proto se musí rozmístění výrobků věnovat velká pozornost.

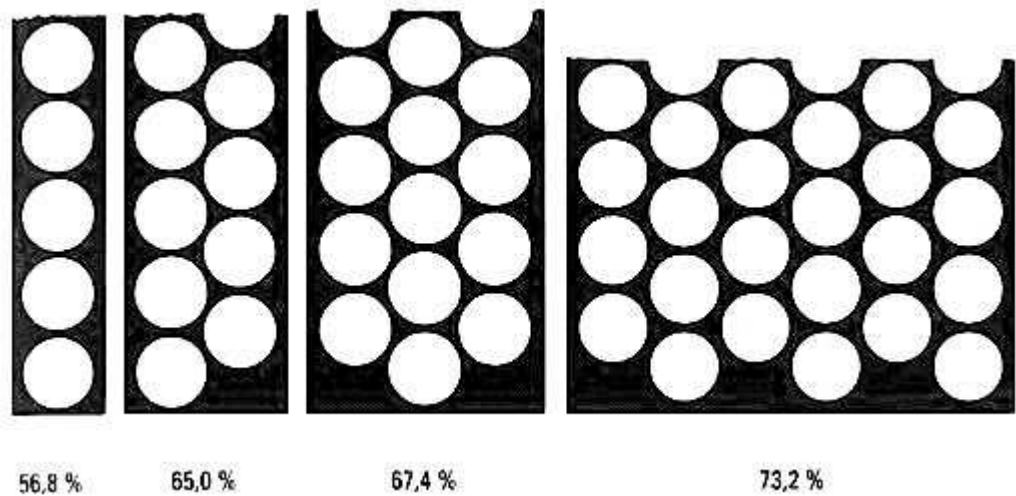
Součinitel využití materiálu  $k_m$  lze vypočítat:

$$k_m = \frac{S_V}{S_P} \quad (3)$$

$S_V$  – plocha výtřížku ( $\text{mm}^2$ )

$S_P$  – plocha pásu plechu ( $\text{mm}^2$ )

Pro výpočet hodnoty v procentech se musí součinitel  $k_m$  vynásobit 100.



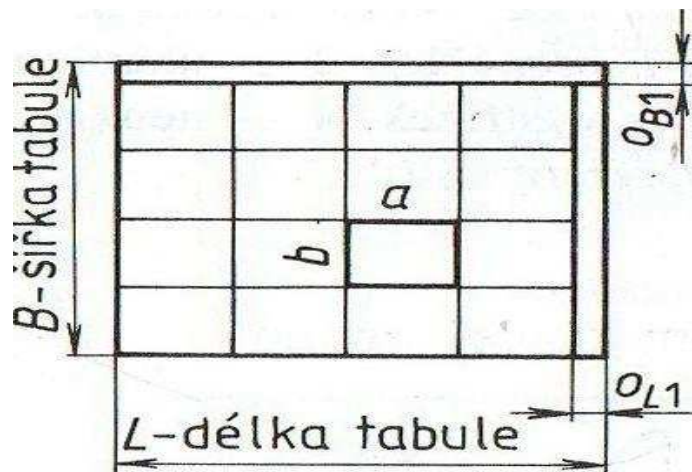
Obr. 2.26 – Využití materiálu [4]

### 2.7.1 Kusový nástřihový plán

Pro kusový nástřihový plán platí, že za prve se výrobek umístí na pás plechu svisle a vypočítá se v téhle poloze součinitel využití materiálu, hodnota se zaznamená. Za druhé se výrobek pootočí o  $90^\circ$  a následuje stejný postup výpočtu využití materiálu, pouze se hodnoty otočí.

Vybírá se ten nástřihový plán, který má vyšší hodnotu součinitele využití materiálu.

Výpočet využití materiálu pro variantu A :



Obr. 2.27 – Kusový nástřih varianta A [4]

Svislý počet kusů

$$j_1 = \frac{B_T}{b_V} \quad (4)$$

Vodorovný počet kusů

$$j_2 = \frac{L_T}{a_V} \quad (5)$$

Celkový počet kusů

$$k_S = j_1 \cdot j_2 \quad (6)$$

Plocha počtu kusů

$$S_{Pk} = (a \cdot b) \cdot k_S \quad (7)$$

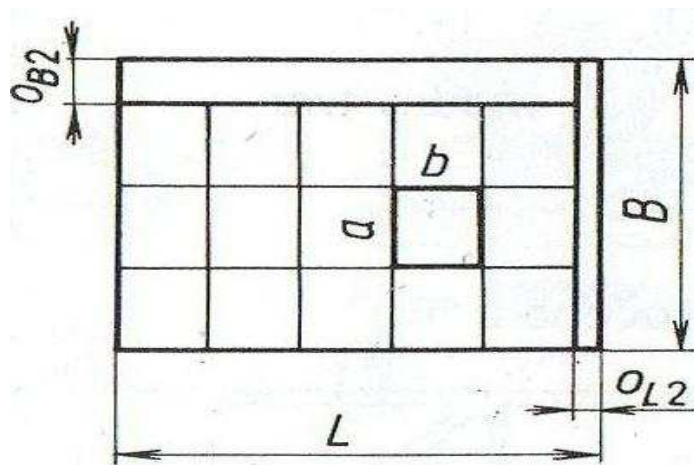
Plocha plechu

$$S_{Pl} = B \cdot L \quad (8)$$

Součinitel využití materiálu

$$k_m = \frac{S_{Pk}}{S_{Pl}} \cdot 100 \quad (9)$$

Výpočet využití materiálu pro variantu B :



Obr. 2.28 – Kusový nástřih varianta B [4]

Svislý počet kusů

$$j_1 = \frac{B_T}{a_V} \quad (10)$$

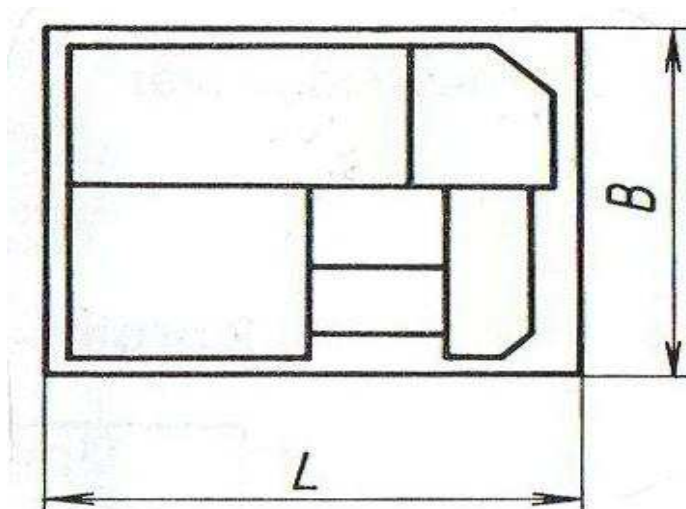
Vodorovný počet kusů

$$j_2 = \frac{L_T}{b_V} \quad (11)$$

Vzorec pro výpočet celkového počtu kusů je stejný jako u varianty A vzorec (6). Plocha počtu kusů se může dále počítat podle vzorce (7), do vzorce se pouze dosadí jiný počet kusů ze vzorce (6) varianty B. Vzorec pro výpočet plochy plechu se nemění a lze použít vzorec (8). Vzorec součinitele využití materiálu lze také použít z výše uvedeného vzorce (9).

### 2.7.2 Skupinový nástřihový plán

Užití skupinového plánu znamená, že z jedné tabule plechu se vystřihují výstřižky různých rozměrů. Pro stříhání na nůžkách je nutné rozvržení výstřižků, aby z tabule plechu byl malý odpad.



Obr. 2.29 – Skupinový nástřih [4]



## 2.8 Teorie pro konstrukci střížného nástroje

Výroba výstřížků vyžaduje mimo stříhadla ještě vhodný lis. Při stříhání se však nesmí překročit jmenovitá síla lisu. Jinak by mohlo dojít k jeho poškození. Proto je důležité znát následující body.

### 2.8.1 Střížná síla

Pro výpočet střížné síly je rozhodující střížný obvod, tloušťka materiálu a jeho pevnost v tahu, respektive po úpravě ve stříhu.

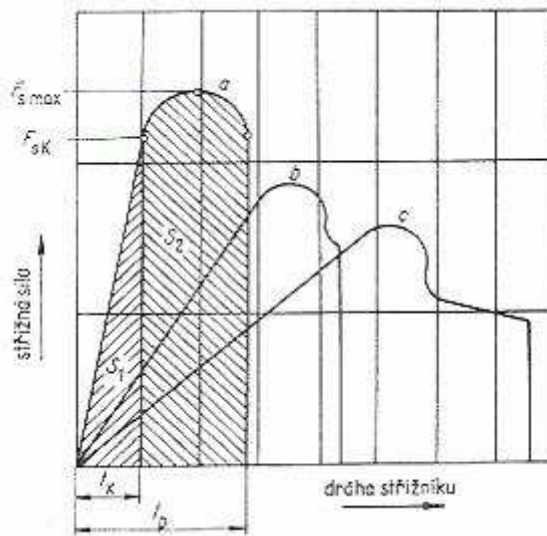
$$F_s = (1 \text{ až } 1,3) \cdot l \cdot t \cdot \tau_s \quad (12)$$

$l$  – délka střížného obvodu (mm)

$t$  - tloušťka materiálu (mm)

$\tau_s$  – pevnost ve stříhu nebo  $0,8 \cdot R_m$  (MPa)

Velikost střížné síly se mění v průběhu pracovního zdvihu. U materiálů s malým rozdílem mezi mezí kluzu a pevností (křehké materiály) nastává ustřížení při nepatrném proniknutí střížníku do stříhaného materiálu. U materiálu s výraznou mezí kluzu (měkké materiály) je rozdíl mezi pevností v tahu a mezí kluzu velký. Při stříhání se materiál oddělí teprve až střížník do něho vnikne hlouběji. [2]



Obr. 2.30 – Průběh střížné síly [2]

Vysvětlení průběhu střížné síly na obr. 2.30

a – s malou tvárností při normální střížné mezeře

b – s větší tvárností při větší střížné mezeře

c – pro tvárné a malá střížná mezera

$s_1 + s_2$  – plocha střížné práce

## 2.8.2 Střížný odpor

Střížný odpor je schopnost střížného materiálu bránit se proti svému oddělení. Závisí na mnoha činitelích, především na mechanických vlastnostech. S rostoucí pevností v tahu a klesající tvárností střížný odpor roste. Naopak s rostoucí tloušťkou materiálu a rostoucí velikostí křivky stříhu její pravidelností se střížný odpor zmenšuje. Velký vliv má také střížná vůle. Nejmenšího střížného odporu se dosáhne při optimální střížné vůli pro každý materiál a jeho tloušťku. [2]

Přesné stanovení střížného odporu je vlivem rozdílného působení mnoha činitelů obtížné. Pro praktické použití však postačí jeho přibližná hodnota vypočítána ze vzorce:

$$k_s = \frac{F_s}{S_s} \quad (13)$$

$k_s$  – střížný odpor (MPa)

$F_s$  – střížná síla (N)

$S_s$  – plocha stříhu (mm<sup>2</sup>)

Může se také odvodit z pevnosti materiálu v tahu na základě empirických vztahů uvedených v tab. 8 nebo pevnostní hodnoty jsou obsaženy v normě ČSN 22 6015 (1977).

Tab. 8 – Závislost střížného odporu  $k_S$  a pevnosti v tahu  $\sigma_{Pt}$  pro různé materiály a jejich tloušťky [1]

Materiál	Střížný odpor $k_S$ (MPa)
Ocel	$0,75 \sigma_{Pt} - 0,90 \sigma_{Pt}$
Mosaz	$0,65 \sigma_{Pt} - 0,75 \sigma_{Pt}$
Hliník měkký	$0,75 \sigma_{Pt} - 0,90 \sigma_{Pt}$
Hliník tvrdý	$0,55 \sigma_{Pt} - 0,70 \sigma_{Pt}$
Dural měkký	$0,65 \sigma_{Pt} - 0,75 \sigma_{Pt}$
Dural tvrdý	$0,60 \sigma_{Pt} - 0,65 \sigma_{Pt}$
Korozivzdorné oceli	$0,68 \sigma_{Pt} - 0,72 \sigma_{Pt}$
Slitiny titanu	$0,65 \sigma_{Pt} - 0,70 \sigma_{Pt}$
Nižší hodnoty platí pro materiál o tloušťce od 2mm do 4 mm a výše. Vyšší hodnoty jsou pro tloušťky materiálu od 0,5 mm do 2 mm.	

### 2.8.3 Stírací síla

Při vystřihování a děrování ulpí stříhaný materiál vlivem své pružnosti na vnějších plochách střížníku. K jeho setření je třeba určité síly. Její velikost závisí na druhu materiálu, jeho tloušťce, složitosti tvaru stříhu, na velikosti střížné vůle a na mazání. Stanoví se empiricky ze vzorce:

$$F_T = c_1 \cdot F_S \quad (14)$$

$F_T$  – stírací síla (N)

$c_1$  – součinitel stírání, jeho velikost udává tab. 9

$F_S$  – střížná síla (N)

Menší hodnoty součinitele stírání  $c_1$  se volí pro výpočet stírací síly jednotlivého a jednoduchého střížníku. Větší hodnoty součinitele  $c_1$  platí při stříhání více střížníků, zvláště jsou-li umístěny blízko sebe a pro složitější tvary střížníku. [2]

Tab. 9 – Hodnoty součinitele stírání  $c_1$  [2]

Tloušťka materiálu	Součinitel stírání $c_1$
Ocel do 1 mm	0,02 až 0,12
1 až 5 mm	0,06 až 0,16
nad 5 mm	0,08 až 0,20
Mosaz	0,06 až 0,07
Slitiny hliníku	0,09

#### 2.8.4 Protlačovací síla

Protlačovací síla se potřeba k protlačení výstřížku střížnicí. Má podobný charakter jako stírací síla a je v podstatě závislá na stejných činitelích. Nejčastěji se určuje empiricky ze vztahu:

$$F_{Pr} = c_2 \cdot F_S \quad (15)$$

$c_2$  – součinitel protlačování, jeho velikost udává tab. 10

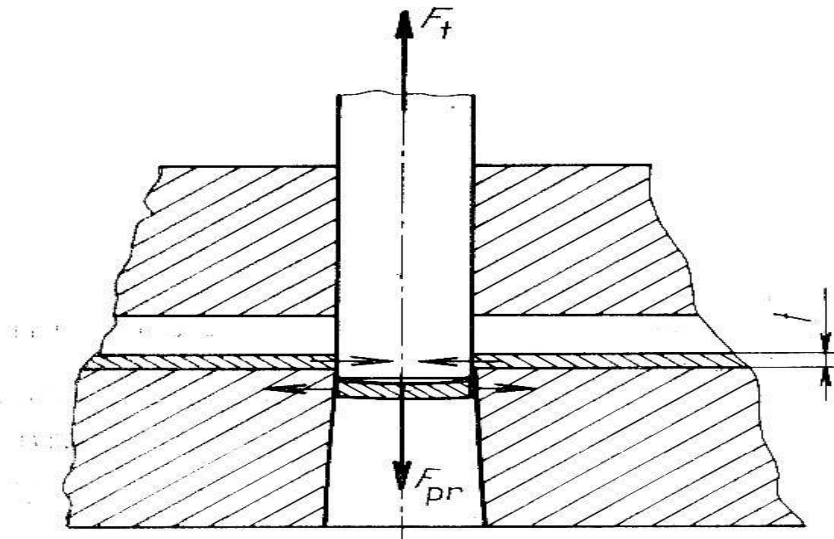
$F_{Pr}$  – protlačovací síla (N)

Tab. 10 – Hodnoty součinitele protlačování  $c_2$  [2]

Tloušťka materiálu	Součinitel stírání $c_2$
Ocel do 1 mm	0,005 až 0,08
1 až 5 mm	
nad 5 mm	
Mosaz	0,04
Slitiny hliníku	0,02 až 0,04

Při vyhazování výstřížku přes střížnici nazpět se vyhazovací síla obvykle značně zvětší. To je způsobeno velkým třením střížené plochy výstřížku o stěnu otvoru střížnice. Vlivem

vypouklého tvaru součásti, která má snahu se vyrovnat, dosáhne tato síla značných hodnot. Obě uvedené síly jsou znázorněny na obr. 2.31.



Obr. 2.31 – Stírací síla  $F_t$  a protlačovací síla  $F_{pr}$  [2]

### 2.8.5 Střížná práce a výkon

Potřebná střížná práce pro vystřížení součásti z materiálu je přímo úměrná střížné síle a hloubce vtlačení střížníku do materiálu. Z diagramu na obr. 2.30 je zřejmá velikost střížné práce. Je ohraničena čarou střížné síly a dráhou střížníku. Vztahuje se na plochu  $s_1+s_2$  na obr. 2.30. Výpočtem se velikost střížné práce stanoví z vzorce: [2]

$$A = k \cdot F_s \cdot t \quad (16)$$

$A$  – střížná práce (J)

$k$  – součinitel hloubky vtlačení (mm), jeho velikost udává tab.11

$F_s$  – střížná síla (N)

$t$  – tloušťka materiálu (mm)

Tab. 11 – Součinitel hloubky vtlačení do materiálu [1]

Materiál	Tloušťka materiálu $t$			
	do 1 mm	1 až 2 mm	2 až 4 mm	nad 4
Ocel měkká,	0,70 – 0,65	0,65 – 0,60	0,60 – 0,50	0,45 – 0,35

kS je 250 – 350 MPa				
Ocel středně tvrdá, kS je 350 - 500 MPa	0,60 – 0,55	0,55 – 0,50	0,50 – 0,42	0,40 – 0,30
Ocel tvrdá, kS je 500 – 700 MPa	0,45 – 0,42	0,42 – 0,38	0,38 – 0,33	0,30 – 0,20
Hliník, měď (žíhané)	0,75 – 0,70	0,70 – 0,65	0,65 – 0,55	0,50 – 0,40

Výkon střížného procesu vypočítáme podle vzorce (17) a výsledek udaný ve watech můžeme snadno porovnat s výkonem lisu.

$$P = \frac{A}{t_c} \quad (17)$$

P – výkon stříhadla (W)

$t_c$  – doba střížného cyklu (s)

### 2.8.6 Pevnostní výpočet střížníků

Střížníky běžného provedení mají délku poměrně malou, a proto lze počítat jejich dovolené namáhání v tlaku ze vztahu [5]

$$\sigma_{dov} = \frac{F_{stř}}{S} \quad (18)$$

$F_{stř}$  – maximální hodnota střížné síly (N)

S – plocha průřezu střížníku ( $\text{mm}^2$ )

Jsou-li z různých důvodů délky střížníků větší, provádí se pevnostní výpočet na tzv. kritickou délku pro dané uspořádání nástroje. Je-li volná délka nástroje větší než kritická, musí se konstrukce nástroje upravit tak, aby byl střížník veden a jeho volná délka byla pod kritickou hodnotou. [5]

Předpokládáme-li, že se jedná o tyč namáhanou na vzpěr, na jednom konci uloženou v kloubu, na druhém vetknutou, potom je kritická délka:

$$l_k = \sqrt{\frac{2\pi^2 EI}{\mu F_{stř}}} \quad (19)$$

U střížníku obdélníkového tvaru o rozměrech  $B \times H$  bude pro střížník volný vzorec:

$$l_k = \sqrt{\frac{2\pi^2 EBH^3}{24\mu(B+H)s\tau_{Ps}}} \quad (20)$$

$E$  – modul pružnosti (MPa)

$\mu$  – součinitel bezpečnosti (1,5 až 2)

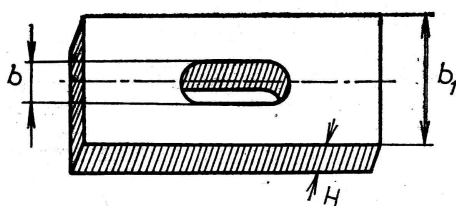
$I$  – kvadratický moment průřezu ( $\text{mm}^4$ )

### 2.8.7 Výpočet a doporučené hodnoty střížnice

Tloušťka  $H$  a rozměry střížnice  $b$ ,  $b_1$  se doporučují volit podle ČSN 22 6011, ČSN 22 6014 (obr. 2.32). Obvykle bývá tloušťka  $H$  střížnice 18 až 30 mm. Typické provedení otvorů střížnice, které je ukázáno na obr., má nevýhodu v tom, že při přebroušení nutném po opotřebení střížnice se zvětšuje rozměr výstřížku. Výhodou však je snížení síly potřebné k protlačení výstřížku střížnicí. Úhly volím podle obr. 2.33. [5]

Pro orientační výpočet tloušťky střížnice lze použít vzorec:

$$H = \sqrt[3]{0,1 \cdot F_{stř}} \quad (21)$$



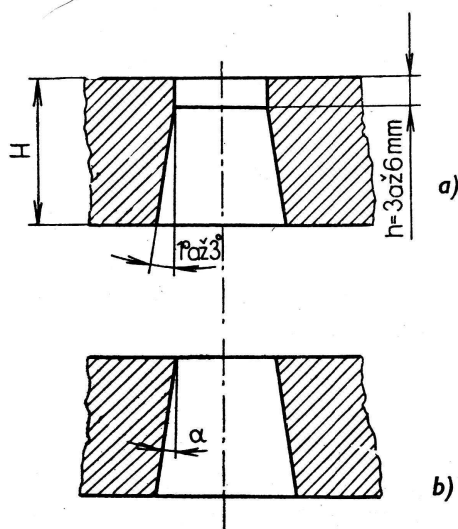
Střížnice

Pro  $s = 0,8$  až  $3$  mm;  $b_1 = b + (2,5$  až  $4) H$

$b$ (mm)	$H$ (mm)	Poznámka
50	$(0,5$ až $0,35) b$	min. 5 mm
50 až 100	$(0,35$ až $0,22) b$	
100 až 200	$(0,18$ až $0,12) b$	

Obr. 2.32 – Doporučené tloušťky střížnice [5]

Je-li nutno výstřížky vysunout zpět ze střížnice, zhotovuje se střížnice bez úkosů



$$a = (2 \text{ až } 0,5) \text{ (mm)}$$

$s$ (mm)	$\alpha$ (min)
0,1 až 0,5	10 až 15
0,5 až 1,0	15 až 20
1,0 až 2,0	20 až 30
2 až 4	30 až 45
4 až 6	45 až 60

$a$  — střížnice s fasetkou;  
 $b$  — střížnice s úkosem

Obr. 2.33 – Provedení otvoru střížnice [5]

### 2.8.8 Velikost můstků

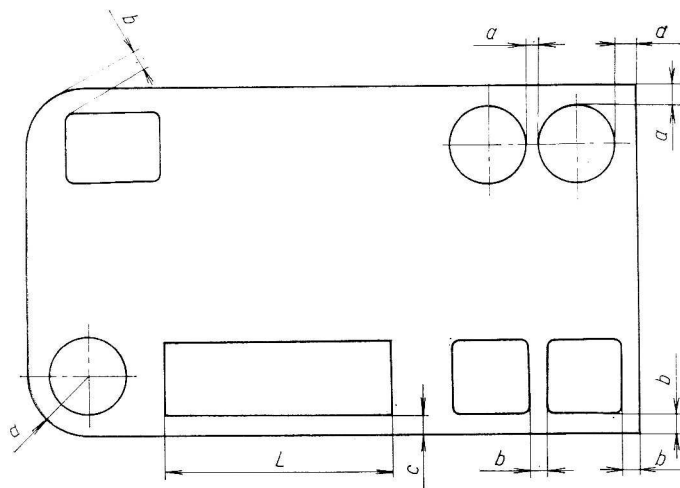
Aby bylo při postupném stříhu dosaženo dobré kvality výstřížku a bylo zajištěno dobré podávání odpadu, musí se zachovat určitá šířka mezer mezi výstřížky i mezi výstřížkem a okrajem výrobku viz. tab. 12

Tab. 12 – Doporučené velikosti můstků [5]



Tloušťka materiálu (mm)	Šířka/pásu (mm)												Šířka pásu (mm)											
	do 15		15 až 50		50 až 100		100 až 200		200 až 300		nad 300		do 15		15 až 50		50 až 100		100až200		200až300		nad 300	
	Rozměr a, b (mm)				Rozměr a, b (mm)				Rozměr a, b (mm)				Rozměr a, b (mm)				Rozměr a, b (mm)				Rozměr a, b (mm)			
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0,1 až 0,2	1	1,2										1	1,2											
0,3 až 0,4	1	1,2	1,3	1,6								1	1,2	1,3	1,6									
0,4 až 0,6	1	1,2	1,3	1,6	1,6	2						1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	2,5						
0,7 až 0,9	1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	2	3				1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	3	3,2					
1	1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	2	3,8	2,5	5,2	3	6,6	1,3	1,6	1,6	2	2	2,5	3,5	3,7	4	4,8	4,8	6
1,3	1,1	1,4	1,6	2	2,1	2,5	3,1	3,8	4	5,3	5	6,7	1,4	1,7	2	2,5	2,5	3,1	3,5	4,3	4,2	5,2	5,3	6,5
1,5	1,2	1,5	1,7	2,2	2,2	2,7	3,2	4	4,3	5,4	5,4	6,8	1,5	1,8	2,2	2,7	2,5	3,1	3,5	4,3	4,5	5,4	5,6	6,8
1,8	1,4	1,8	1,8	2,2	2,3	2,8	3,3	4,2	4,4	5,6	5,5	7	1,8	2,2	2,2	2,8	2,5	3,1	4	4,3	4,7	5,6	5,8	7
2	1,5	2	2	2,5	2,5	3,1	3,5	4,5	4,5	5,8	5,7	7,2	2	2,5	2,5	3,1	3	3,7	4,2	5	5	6	6	7
2,2	1,6	2	2,2	2,7	2,6	3,2	3,6	4,5	4,6	6	5,8	7,3	2,2	2,7	2,6	3,2	3,2	4	4,2	5,2	5,2	6,2	6,2	7,2
2,5	1,7	2,2	2,3	2,8	2,7	3,4	3,7	4,7	4,7	6	5,8	7,4	2,5	3,1	2,8	3,5	3,2	4	4,2	5,2	5,3	6,3	6,3	7,2
2,8	1,8	2,2	2,4	3	2,8	3,5	3,8	4,7	5	6,2	6	7,5	2,8	3,5	3	3,7	3,2	4	4,5	5,2	5,4	6,3	6,5	7,3
3	2	2,5	2,5	3	3	3,7	4	5	5	6,3	6,2	7,7	3	3,7	3,2	4	3,5	4,3	5	5,5	5,5	6,5	6,6	7,5
3,5			2,7	3,5	3,2	4	4,2	5,2	5,2	6,5	6,3	8			3,5	4,3	4	5	5,5	6	6	7	7	8,5
4			3	3,8	3,5	4,3	4,5	5,6	5,6	6,8	6,5	8,2			3,7	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	6,7	8	8	9,3
4,5			3,2	4	3,7	4,6	4,7	5,8	5,7	7,2	6,8	8,7			4	4,8	4,5	5,7	5,5	6,8	7	8,3	8,3	9,8
5			3,5	4,2	4	5	5	6,2	6	7,7	7	9,2			4,5	5	5	6	6	7	7,3	8,5	8,7	10

Pro vzdálenost otvorů od okraje výstřížků nebo mezi otvory jak znázorňuje obr. 2.34 jsou uvedeny doporučené hodnoty v tab. 13.



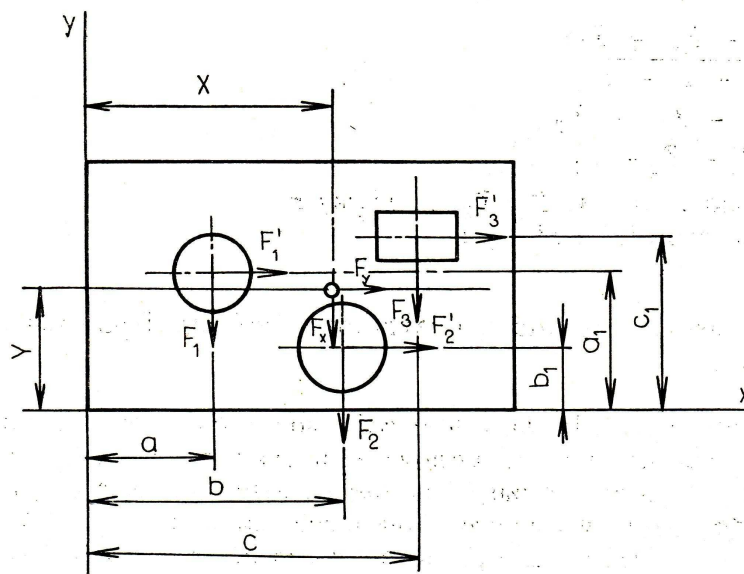
Obr. 2.34 – Velikost můstků [5]

Tab. 13 – Doporučené hodnoty pro otvory (podle obr. 2.34) [5]

Tloušťka plechu (mm)	Rozměr $a$ (mm)	Rozměr $b$ (mm)	Rozměr $c$ (mm)			
			Pro šířku otvoru $L$ (mm)			
			5 až 50	50 až 100	100 až 200	nad 200
do 1	1,5	2,5	3	8	13	20
1 až 1,6	2,4	3,2	4,5	8	13	20
1,6 až 2	3	4	6	10	14	25
2 až 2,5	3,7	4,5	7	10	16	25
2,5 až 3,2	4,8	5	8	13	20	28
3,2 až 4	6	6	9	13	20	28
4 až 5	7	8	10	16	22	32

### 2.8.9 Těžiště střížných sil

Střihá-li se současně několika střížníky na lisu, musí výslednice střížných sil působit v ose beranu lisu. Kdyby tato síla působila mimo osu, byl by beran lisu zatížen značným klopným momentem, což by se projevilo menší přesností výrobků, snížením životnosti nástrojů i předčasným opotřebením beranu lisu. Působíště výslednice zjistíme buď výpočtem nebo graficky. Protože tloušťka i mechanické vlastnosti materiálu jsou pro určitý výstřížek stejné, bude velikost střížných sil přímo úměrná obvodu děrovaného obvodu. Můžeme proto pro určení výslednice střížných sil předpokládat, že v těžištích jednotlivých stříhaných otvorů působí střížné síly úměrné délce obvodu příslušného otvoru.



Obr. 2.35 – Výpočet těžiště střížných sil [5]

Matematicky vyjádřeno:

$$F_x X = F_1 a + F_2 b + F_3 c \quad (22)$$

$$F_x = F_1 + F_2 + F_3 \quad (23)$$

X – vzdálenost výslednice sil od osy y

a, b, c – vzdálenost sil  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  od osy

Stejný výpočet platí pro vzdálenost výslednice od osy x

$$F_y Y = F_1' a_1 + F_2' b_1 + F_3' c_1 \quad (24)$$

$$F_y = F_1' + F_2' + F_3' \quad (25)$$

Y – vzdálenost výslednice sil od osy x

$a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$  – vzdálenost sil  $F_1'$ ,  $F_2'$ ,  $F_3'$  od osy

Dále souřadnice těžiště střížných sil určíme dle vzorce:

$$X = \frac{F_1 a + F_2 b + F_3 c}{F_1 + F_2 + F_3} \quad (26)$$

$$Y = \frac{F_1' a_1 + F_2' b_1 + F_3' c_1}{F_1' + F_2' + F_3'} \quad (27)$$

## 2.9 Životnost stříhadel

Životnost stříhadla z hlediska provozu se posuzuje podle počtu vyrobených výstřížků požadovaných rozměrech a kvalitě. Nástroj je již úplně opotřeben, jestliže jeho činné části nejdou naostřit ani opravit.

Životnost nástroje ovlivňují tyto činitele:

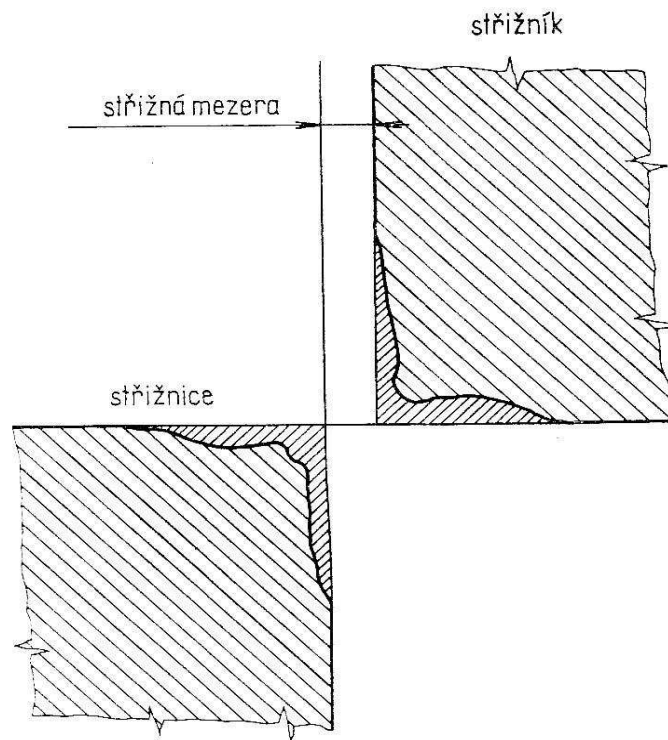
- a) Tvar a velikost výstřížku – poměr tloušťky a tvrdosti zpracovaného plechu k délce střížného obvodu
- b) Druh a kvalita nástroje – geometrie, provedení a jakost výroby a tepelné zpracování nástroje
- c) Zatížení a stav lisu – velikost pružení stojanu vedení beranu
- d) Péče o nástroj – jeho ustavení a seřízení a údržba
- e) Zpracovaný materiál – druh a velikost

Před opotřebením nástroje začínají mít výstřížky špatnou kvalitu. Částečnému opotřebení se zabrání přebroušením střížných částí. Proto se u nástroje rozlišuje:

- 1) Celková trvanlivost – životnost
- 2) Dílčí trvanlivost – mezi dvěma přebroušeními

Počet možných přebroušení je omezen rozměry činných částí, rozměry výstřížku a konstrukci nástroje. Běžný nástroj se může přebroušovat až 25×.

Opotřebením nástroje je způsobeno úbytkem materiálu z činných ploch střížníku a střížnice. To se projeví otěrem boku činné plochy v šikmém směru nebo žlábkovitým vymíláním čela. Opotřebením boku činných ploch nástroje je charakterizováno nepravidelnou kuželovou plochou. Oba základní typy opotřebení se v praxi vyskytují ve smíšené formě. Tvar opotřebených ploch ukazuje obr.2.36. Opotřebením vzniká tím, že při postupném vnikání střížníku do plechu se okrajová vlákna prodlužují a materiál se zpevňuje. Na střížných hranách nástroje vznikají vysoké tlaky, které vlivem adheze a abraze způsobují opotřebení. Adhezní opotřebení převládá u střížných a řezných nástrojů a abraze u lisovacích nástrojů. [2]

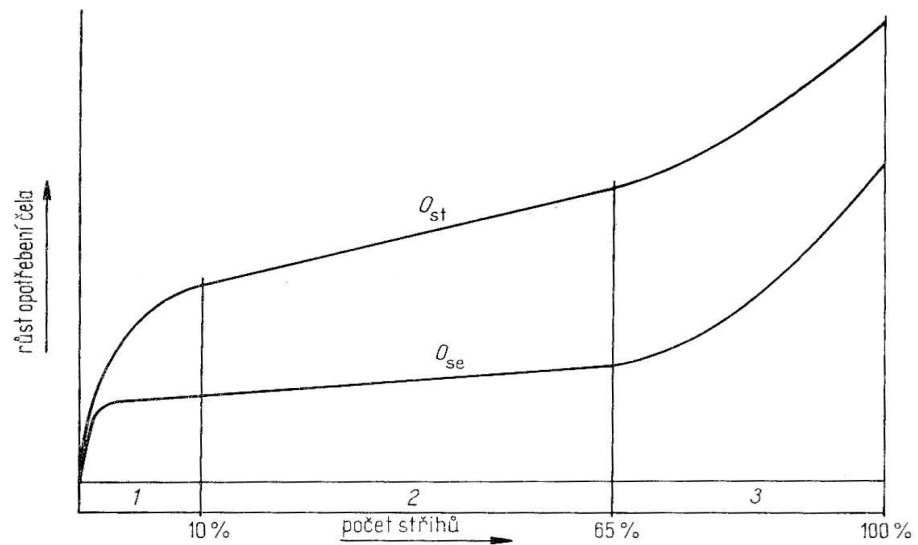


Obr. 2.36 – Tvar opotřeбенých střižných ploch [2]

Mírou opotřeбенí je buď chybějící průřez plochy v řezu nebo chybějící objem materiálu nástroje. Výška ostřin na výstřižku je také mírou opotřeбенí. Jejich velikost však není absolutní veličinou, protože do značné míry závisí na dalších činitelích.

Velikost opotřeбенí neroste lineárně, ale má obecný průběh, jak je zřejmé z obr. 2.37. U obou křivek jsou charakteristická tři pásma, v kterých se výrazně odlišuje strmost křivky. V průběhu 1. úseku se na začátku stříhají rychle potřebující ostré břity nástroje. Ve 2. úseku probíhá opotřebování pomaleji, protože se zvětšily střižné plochy a poklesl tlak na jednotku plochy. Rychlé opotřeбенí ve 3. úseku je způsobeno změnou procesu deformace na střižné hraně. Dochází k superpozici tváření střižného síly a síly pýchovací v procesu protlačování výstřižku střižnicí a probíhající objemovým tvářením částí materiálu v oblasti střižného obvodu.

Při větším otupení střižných hran vzrůstá střižná síla vlivem většího stupně tváření materiálu a zvyšujícího se zpevnění a odporu tření. Obvykle se zvětšuje i střižná vůle, která však snižuje velikost střižné síly. Výsledkem zvýšeného opotřeбенí střižných částí je vzrůst střižné síly. [2]



Obr. 2.37 – Křivka růstu opotřebení [2]

$O_{st}$  – opotřebení střížníku

$O_{se}$  – opotřebení střížnice

Na základě zkoušek se dospělo k těmto závěrům:

1. Křivka opotřebení má pro různé stříhané materiály obdobný charakter
2. Tvoření ostřin závisí nejvíce na otupení střížníku
3. Opotřebení nástroje se po jednotlivých broušeních zmenšuje

Tab. 14 – Vliv jednotlivých činitelů na opotřebení [2]

	Ovlivňující činitel	Vliv na opotřebení	
		střížníku	střížnice
Nástroj	Materiál — složení	V	V
	Tepelné zpracování — tvrdost	V	V
	Výše popouštění	V	V
	Množství karbidů	V	V
	Zbytkový austenit	V	V
	Stříhaný tvar a rozměry	S	M
	Drsnost povrchu	S	S
	Střížná vůle	V	V
	Zdvih střížníku	S	V
	Vedení nástroje	S	V
	Mazání nástroje	V	S
	Způsob stříhání	V	V
	Stříhaný materiál	Chemické složení stříhaného plechu	V
Stupeň tváření		V	V
Tepelné zpracování		S	S
Pevnost v tahu		V	S
Tažnost		V	V
Tvrdost		V	S
Drsnost povrchu		M	M
Tloušťka plechu		S	V
Mazání plechu		V	S
Střížná rychlost		M	M
Přidržování plechu v nástroji		V	S
Lis	Typ použitého lisu	M	S
	Tuhost stojanu lisu	S	S

### 2.9.1 Životnost jednotlivých typů stříhadel

V následující tab. 15 jsou vyznačeny životnosti jednotlivých typů střížných nástrojů. Uvedené životnosti jsou pro běžné provedení nástroje. Menší platí pro rohové tvary a tvrdé plechy. Větší pro kruhové otvory a měkké plechy.

Tab. 15 – Životnost jednotlivých typů stříhadel [2]

Typ výroby	Typ nástroje	Životnost (ks)
Kusová a malosériová	Elastická stříhadla	50 až 2 000
	Stříhadla typu Minie die	5 000 až 20 000
	Deskové střížné nástroje	1 000 až 10 000
	Pružinová stříhadla	1 000 až 50 000
	Pravítkové střížné nástroje	1 000 až 200 000
	Jednoduchá otevřená stříhadla — měkká	100 až 5 000
Sériová	Univerzální střížné nástroje	100 000 až 1 000 000
	Prosekávací střížné nástroje	100 000 až 1 000 000
	Stavebnicová jednotka děrovačla	100 000 až 1 000 000
	Jednoduchá děrovačla	200 000 až 1 000 000
	Postupová stříhadla	200 000 až 1 000 000
	Sloučená stříhadla	200 000 až 1 000 000
Velkosériová	Sdružená stříhadla — pro více operací	500 000 až 1 000 000
	Stříhadla pro přesné stříhání	300 000 až 1 000 000
	Střížné nástroje se slinutým karbidem	1 000 000 až 6 000 000

Při běžném způsobu stříhání je většinou trvanlivost do prvního broušení 15000 až 20000 kusů výstřížků. Zvýšení životnosti nástroje lze dosáhnout leštěním čelních ploch. [5]

## 2.10 Volba sériovosti výroby

Pojem sériovosti ve výrobě tvářením bude poněkud jiný, než při obrábění. Lisy se vyznačují velkou výrobností a tvářecí operace malou pracností. Typové znaky sériovosti tvářením jsou uvedeny v tab. 17.

Ukazatele, které sériovost charakterizují, závisí na rozměrech a složitosti výstřižku. Různý tvar, rozměry a hmotnost polotovaru vyžadují různou obsluhu lisu, způsob podávání polotovaru a také upnutí nástroje. Údaje v tab. 17 jsou přibližné, protože na ukazatele sériovosti výroby mají kromě rozměrů vliv i další činitele součásti, jako je tloušťka, technologická složitost, stupeň přesnosti apod.

Stupeň sériovosti, popř. velikosti a počtu dávek za určité časové období, má značný vliv na volbu optimální technologie a tím i na volbu nejehospodárnějšího nástroje pro výrobu součásti. Přitom je třeba si uvědomit, že s růstem nákladů na speciální nářadí rostou i náklady na výstřižky avšak pomaleji, než při výrobě bez nástroje. [2]

Tab. 16 – Typové znaky sériovosti výroby [2]

Popis	Typ výroby					
	Kusová	Malosériová	Sériová	Velkosériová	Hromadná	
Charakter výroby	jednotlivé výrobky, malé série	malé série, střihání nejrůznějšími nástroji	plynulá výroba jednoduché a víceúčelové linky	plynulá výroba víceúčelové linky	nepřerušovaná proudová výroba, jednoúčelové linky	
Roční výroba	malá střední velká	jednotky, desítky kusů, stovky	$2 \cdot 10^3$ $5 \cdot 10^3$ $10 \cdot 10^3$ kusů	2 až 20 5 až 50 100 až $1\,000 \cdot 10^3$	$20$ až $100 \cdot 10^3$ $50$ až $1\,000 \cdot 10^3$ $100$ až $5\,000 \cdot 10^3$	nad $100 \cdot 10^3$ nad $1\,000 \cdot 10^3$ nad $5\,000 \cdot 10^3$
Typy nástrojů	jednoduché, univerzální, přestavitelné	jednoduché, univerzální a stavebnicové	jednoduché, běžné, kombinované	kombinované, poloautomatické	kombinované, mnohooperační, automatické	
Typy strojů	ruční revolverové univerzální	revolverové univerzální	univerzální, poloautomatické, rychloběžné	rychloběžné, lisovací automaty	speciální lisy, lisovací automaty	
Stupeň mechanizace	ruční zakládání a podávání pásů i polotovarů	ruční podávání pásů a polotovarů	ruční, poloautomatické, automatické podávání	poloautomatické, automatické podávání	automatické podávání pásů a přístřihů	
Doba úhrady	5 roků a více	3 až 5 roků	2 až 3 roky	1 až 2 roky	do 1 roku	



## 2.10.1 Přehled stříhadel pro vhodnou sérii

Tab. 17 – Přehled stříhadel pro vhodnou sérii výstřižků

Typ stříhadla	Vhodnost stříhadla pro počet kusů									
	Do 50	51 až 250	251 až 1 000	1 001 až 2 500	2 500 až 10 000	10 000 až 25 000	25 000 až 100 000	100 000 až 500 000	500 000 až 2 000 000	Nad 2 000 000
jednoduchá	•	•								
prosekávací	•	•								
elastická	•	•	•							
desková			•	•	•					
stříhadla Minie die				•	•	•				
pružinová				•	•	•				
pravítková					•	•	•			
stavebnicová děrovačla			•	•	•	•	•			
univerzální			•	•	•	•				
postupová						•	•	•		
sloučená						•	•	•		
sdružená							•	•	•	
pro přesné stříbání							•	•	•	•
mnohonásobná						•	•	•	•	•
se slinutým karbidem								•	•	•

### 3 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Cílem bakalářské práce je navrhnout vhodný tvar reklamní sponky podobající se logu Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.
- Navrhnout vhodný střížný nástroj pro výrobu již zmíněné reklamní sponky.
- Střížný nástroj musí být navrhnout tak, abychom mohli použít hydraulický lis CDC2.7 nebo ruční lis PROMA APR-3t, které se nacházejí v laboratořích UVI.
- Vypracování kompletní výkresové dokumentace.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 VOLBA MATERIÁLU A VÝBĚR VÝROBKU

### 4.1 Návrh materiálu

Nejvhodnější materiál, který odpovídal požadavkům kladených na materiál je materiál označený 42 4412 (slitina hliníku). Jedná se o materiál středně pevný, velmi dobře chemicky stálý, velmi dobře korozně odolný, velmi dobře svařitelný v ochranné atmosféře argonu, velmi dobře leštitelný. Tváření za studena je doprovázeno zvýšením meze pevnosti a zejména meze 0,2 snížením tažnosti. Nemá vliv na korozní odolnost ani svařitelnost. Použití na středně namáhané konstrukce, jež mají odolávat korozi a mořské vodě, od nichž se vyžaduje dobrá technologická tvárnost (např. svažené a nýťované součásti, potrubí, nádoby pro tekutiny, přepážky, elektr. rozvody, dveře, okenní rámy, pláště hodin, palubní nástavby mořských a říčních lodí, tapety, obaly, nádrže). Drát slouží k výrobě nýtů. Použití pro potravinářský a chemický průmysl, vnitřní a vnější architekturu, stavbu vozidel a plavidel. Mez pevnost  $\sigma_{Pt} = \text{max. } 230 \text{ MPa}$ . Tloušťka materiálu bude 0,5mm.

### 4.2 Návrh tvaru výrobku

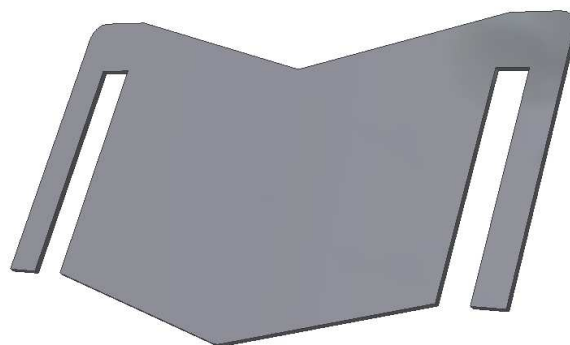
Výrobek bude používán jako reklamní předmět technologické Fakulty Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, proto jeho tvar by měl mít nějakou spjatost s Univerzitou. Proto úmyslně volím, aby výrobek měl znázorněnou knihu viz. logo univerzity.

Návrh č.1:



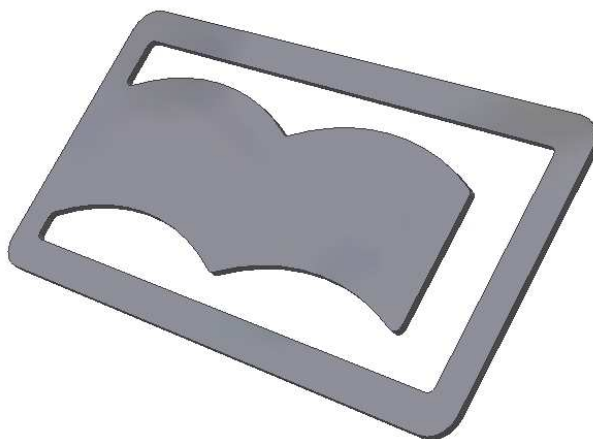
Obr. 3.1 – Výrobek č.1 3D

Návrh č.2:



Obr. 3.2 – Výrobek č.2 3D

Návrh č.3:



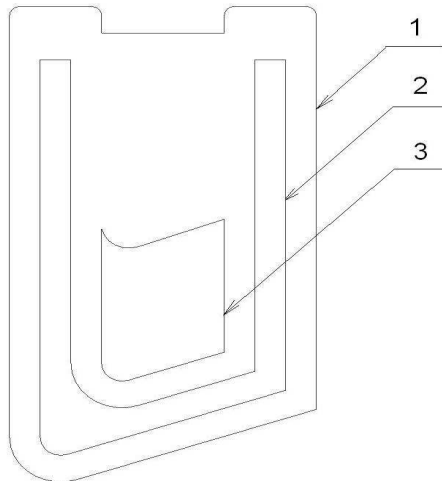
Obr. 3.3 – Výrobek č.3 3D

Pro další výpočty volím návrh č.1 - výrobek č.1 3D

## 4.3 Výpočet parametrů pro konstrukci a výrobu

### 4.3.1 Délka střížných hran

Pro další výpočty je nutno vypočítat délku střížných hran, díky programu Autodesk Inventor, který má modul na zjišťování délky křivky, jsme tuto hodnotu byli schopni okamžitě zjistit s velkou přesností.



Obr. 3.4 – Délky střiž. hran

Délka střižné hrany č.1 = 162,5 mm

Délka střižné hrany č.2 = 203,2 mm

Délka střižné hrany č.3 = 57,5 mm

#### 4.3.2 Výpočet střižných sil

Střižnou sílu vypočítáme podle vzorce (12), Kapitola 2.8.1 Střižná síla.

$$\tau_s = 0,8 \cdot 230 = 184 \text{ MPa} \quad (3.1)$$

$$F_{S1} = (1 \text{ až } 1,3) \cdot l \cdot t \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 162,5 \cdot 0,5 \cdot 184 = 17940 \text{ N} \quad (3.2)$$

$$F_{S2} = (1 \text{ až } 1,3) \cdot l \cdot t \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 203,2 \cdot 0,5 \cdot 184 = 22433,2 \text{ N} \quad (3.3)$$

$$F_{S3} = (1 \text{ až } 1,3) \cdot l \cdot t \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 57,5 \cdot 0,5 \cdot 184 = 6348 \text{ N} \quad (3.4)$$

$$F_C = F_{S1} + F_{S2} + F_{S3} = 17940 + 22433,2 + 6348 = 46721,2 \text{ N} \quad (3.5)$$

Celková střižná síla je 46721,2N, náš školní lis PROMA APR-3t je schopen vyvinout sílu 30000N a proto volím rozdělení střižné síly na dvě operace (odstupňovaný střižník). Jako první se vystříhne hrana č.1 s hranou č.3 a poté hrana č.2.

### 4.3.3 Výpočet stírací síly

Stírací sílu vypočítáme pomocí vzorce (14), kapitola 2.8.3 Stírací síla.

Součinitel stírání volím dle tab.9.

$$c_1=0,09$$

$$F_T = c_1 \cdot F_C = 0,09 \cdot 46721,2 = 4204,9N \quad (3.6)$$

### 4.3.4 Výpočet protlačovací síly

Protlačovací sílu vypočítáme pomocí vzorce (15), kapitola 2.8.4 Protlačovací síla.

Součinitel protlačení volím dle tab.10.

$$c_2=0,03$$

$$F_{Pr} = c_2 \cdot F_C = 0,03 \cdot 46721,2 = 1401,6N \quad (3.7)$$

### 4.3.5 Výpočet střížné vůle

Střížnou vůli volím dle vzorce (1), kapitola 2.5.2.1 Výpočet střížné vůle. Koeficient  $C=0,005-0,035$  v závislosti na kvalitě střížné plochy.

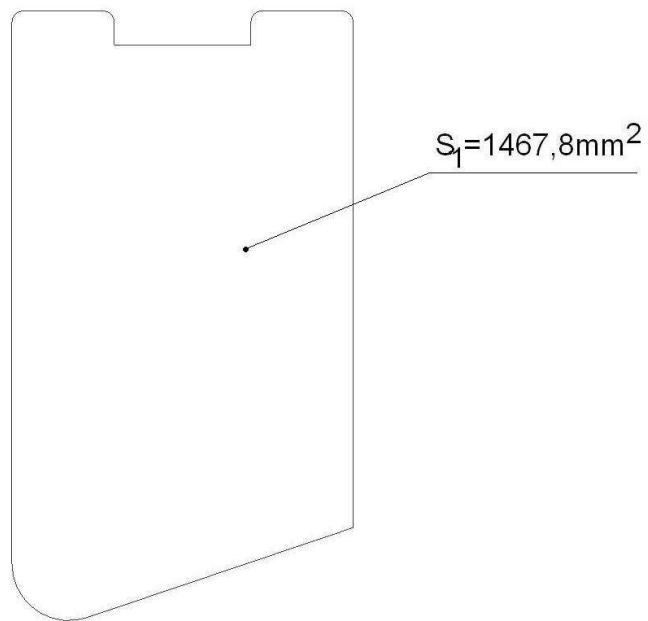
$$v = 2 \cdot C \cdot t \cdot \sqrt{\tau_{ps}} = 2 \cdot 0,005 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{184} = 0,06 \text{ mm} \quad (3.8)$$

### 4.3.6 Výpočet střížníku a střížnice

Pro výpočet střížníku je zapotřebí vypočítat obsah plochy, která bude střížníkem vystřížena. Pro přesný výpočet byl použit program Autodesk Inventor.  $S_1=1467,8\text{mm}^2$ ;  $S_2=314,5\text{mm}^2$ ;  $S_3=179,3\text{mm}^2$ .

Materiál střížníku použijeme ocel 19 436 , kalená na tvrdost 58-2 HRC a mez kluzu je 2000 – 3000 MPa.

## 4.3.7 Střížník č.1



Obr. 3.5 – Obsah střížníku č.1

$$\sigma_D = \frac{F_{S1}}{S_1} \leq \sigma_{Dov} \quad (3.9)$$
$$\sigma_D = \frac{17945,5}{1467,8} = 12,2MPa$$

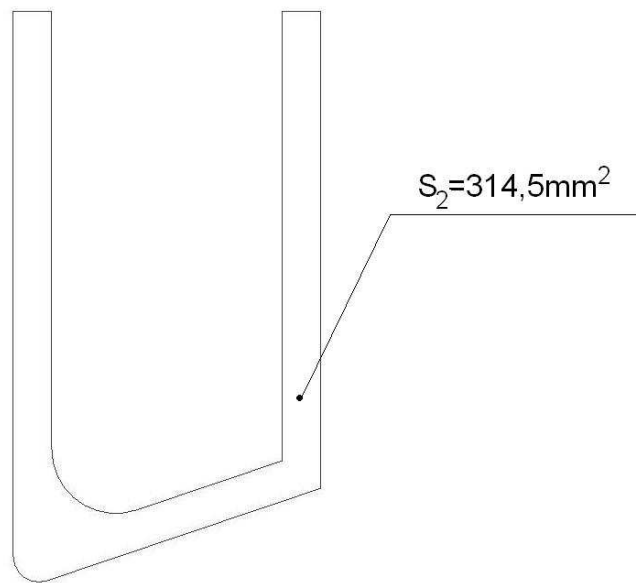
$$\sigma_D \leq \sigma_{Dov}$$

$$12,2MPa \leq 3000MPa$$

Střížník č.1 **vyhovuje** v pevnostní kontrole.



## 4.3.8 Střížník č.2



Obr. 3.6 – Obsah střížníku č.2

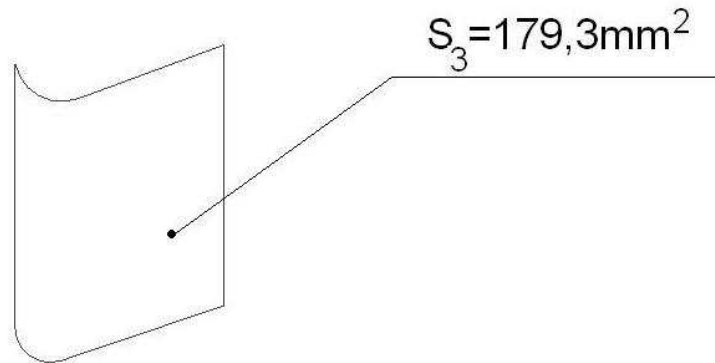
$$\sigma_D = \frac{F_{S2}}{S_2} \leq \sigma_{Dov} \quad (3.10)$$
$$\sigma_D = \frac{22433,2}{314,5} = 71,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D \leq \sigma_{Dov}$$

$$71,3 \text{ MPa} \leq 3000 \text{ MPa}$$

Střížník č.2 **vyhovuje** v pevnostní kontrole.

## 4.3.9 Střížník č.3



Obr. 3.7 – Obsah střížníku č.3

$$\sigma_D = \frac{F_{S3}}{S_3} \leq \sigma_{Dov} \quad (3.11)$$

$$\sigma_D = \frac{6348}{179,3} = 35,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D \leq \sigma_{Dov}$$

$$35,4 \text{ MPa} \leq 3000 \text{ MPa}$$

Střížník č.3 **vyhovuje** v pevnostní kontrole.

## 4.3.10 Výpočet tloušťky střížnice

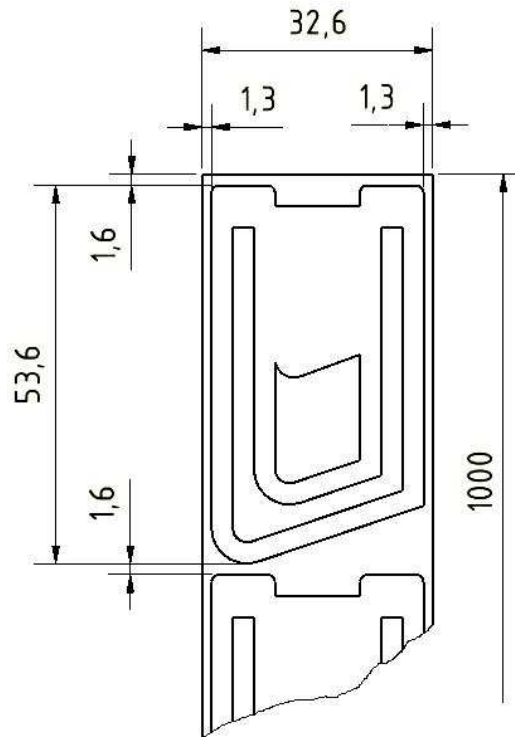
$$h = \sqrt[3]{0,1 \cdot F_{stř}} = \sqrt[3]{0,1 \cdot 1,25 \cdot F_C} = \sqrt[3]{0,1 \cdot 1,25 \cdot 46721,2} = 18 \text{ mm} \quad (3.12)$$

Vypočítaná hodnota 18mm tloušťky střížnice je orientační hodnota. Volím tedy tloušťku střížnice 25mm s ohledem na stříhaný materiál.

#### 4.3.11 Výpočet nástřihového plánu

Délka pásu ze kterého bude vystřihován výrobek bude  $L_p=1000\text{mm}$ . Velikost můstků volíme dle tab. 12, kapitola 2.8.8 Velikost můstků. Pro tloušťku  $t=0,5\text{mm}$  a šířku pásu od 15-30mm volím  $a=1,3\text{mm}$  ;  $b=1,6\text{mm}$ . Obsah jednoho výrobku známe  $S_1=1467,8\text{mm}^2$ .

#### 4.3.12 Nástřihový plán varianta A



Obr. 3.8 – Varianta A

$$u_1 = \frac{L_p}{55,2} = \frac{1000}{55,2} = 18,1 \Rightarrow 18 \text{ kusů / pás} \quad (3.13)$$

$$S_{S\check{c}} = u_1 \cdot S_1 = 18 \cdot 1467,8 = 26420,4 \text{ mm}^2 \quad (3.14)$$

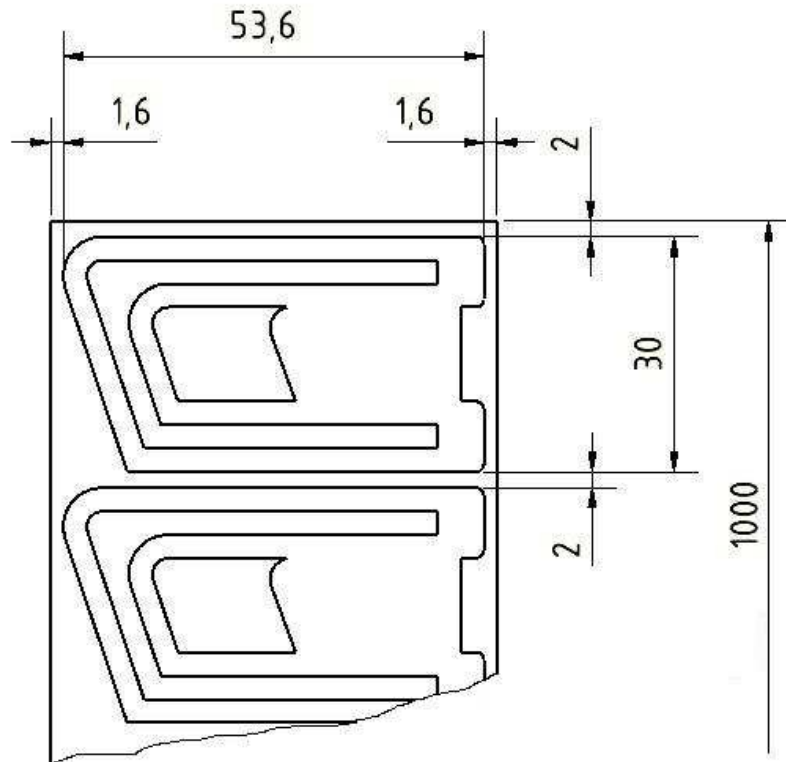
$$S_{p1} = B \cdot L_p = 32,6 \cdot 1000 = 32600 \text{ mm}^2 \quad (3.15)$$

$$k_{m1} = \frac{S_{S\check{c}}}{S_{p1}} \cdot 100 = \frac{26420,4}{32600} \cdot 100 = 81\% \quad (3.16)$$

Využití materiálu pro tento způsob nástřihového plánu nám udává koeficient využití materiálu (3.15) a jeho hodnota je  $k_{m1} = 81\%$ .

### 4.3.13 Nástřihový plán varianta B

Pro tloušťku  $t=0,5\text{mm}$  a šířku pásu 50-100mm volím  $a=1,6\text{mm}$ ;  $b=2\text{mm}$ . Obsah výrobku se nemění.



Obr. 3.9 – Varianta B

$$u_2 = \frac{L_p}{32} = \frac{1000}{32} = 31,2 \Rightarrow 31 \text{ kusů} / \text{pás} \quad (3.17)$$

$$S_{sč} = u_1 \cdot S_1 = 31 \cdot 1467,8 = 45501,8 \text{ mm}^2 \quad (3.18)$$

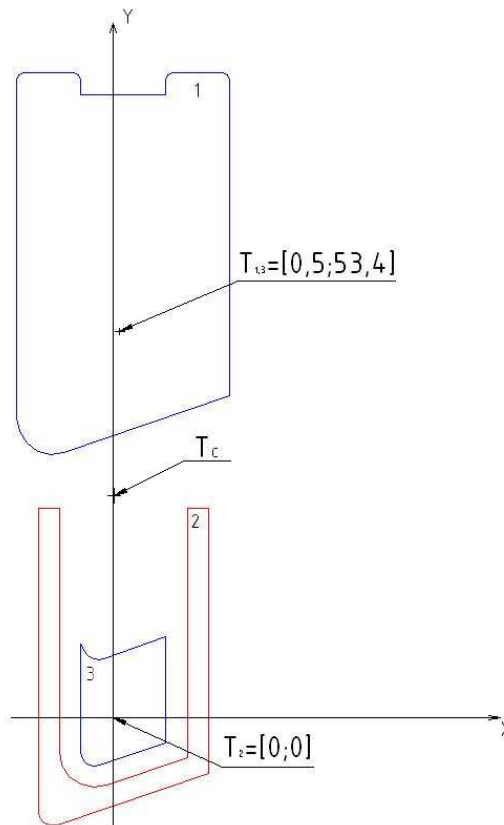
$$S_{p2} = B \cdot L_p = 56,8 \cdot 1000 = 56800 \text{ mm}^2 \quad (3.19)$$

$$k_{m2} = \frac{S_{sč}}{S_{p2}} \cdot 100 = \frac{45501,8}{56800} \cdot 100 = 80,1\% \quad (3.20)$$

Koeficient využití materiálu  $k_{m2}=80,1\%$ , což je o 0,9% méně než u nástřihového plánu varianty A. Z ohledem na využití materiálu volím pro výrobu nástřihový plán variantu A, která má lepší využitelnost materiálu.

#### 4.3.14 Výpočet těžiště

Těžiště střížných hran jsou vypočítána programem Autodesk inventor. Těžiště  $T_2$  střížníku č.2, na obrázku označeného červenou barvou je zadán jako počátek souřadnicového systému. Střížník č.1 a č.3 jsou v další stříhacím kroku a jsou označené modrou barvou a jejich těžiště se nachází v souřadnicích  $T_{1,3} = [0,5;53,4]$  od  $T_2$ . Na obrázku označený dob  $T_c$  je těžiště všech střížníků



Obr. 3.10 – Težiště

$$F_{S1,3} = F_{S1} + F_{S3} = 17940 + 6348 = 24288 \text{ N}$$

$$F_{S2} = 22433,2 \text{ N}$$

Výpočet  $x_T$  souřadnice těžiště:

$$x_T = \frac{F_{S1,3} \cdot x_1 + F_{S2} \cdot 0}{F_{S1,3} + F_{S2}} \quad (3.21)$$

$$x_T = \frac{17940 + 6348 \cdot 0,5 + 22433,2 \cdot 0}{17940 + 6348 + 22433,2}$$

$$x_T = 0,25 \text{ mm}$$

Těžiště  $T_c$  se na x-ové ose posune o 0,25mm.

Výpočet  $y_T$  souřadnice těžiště:

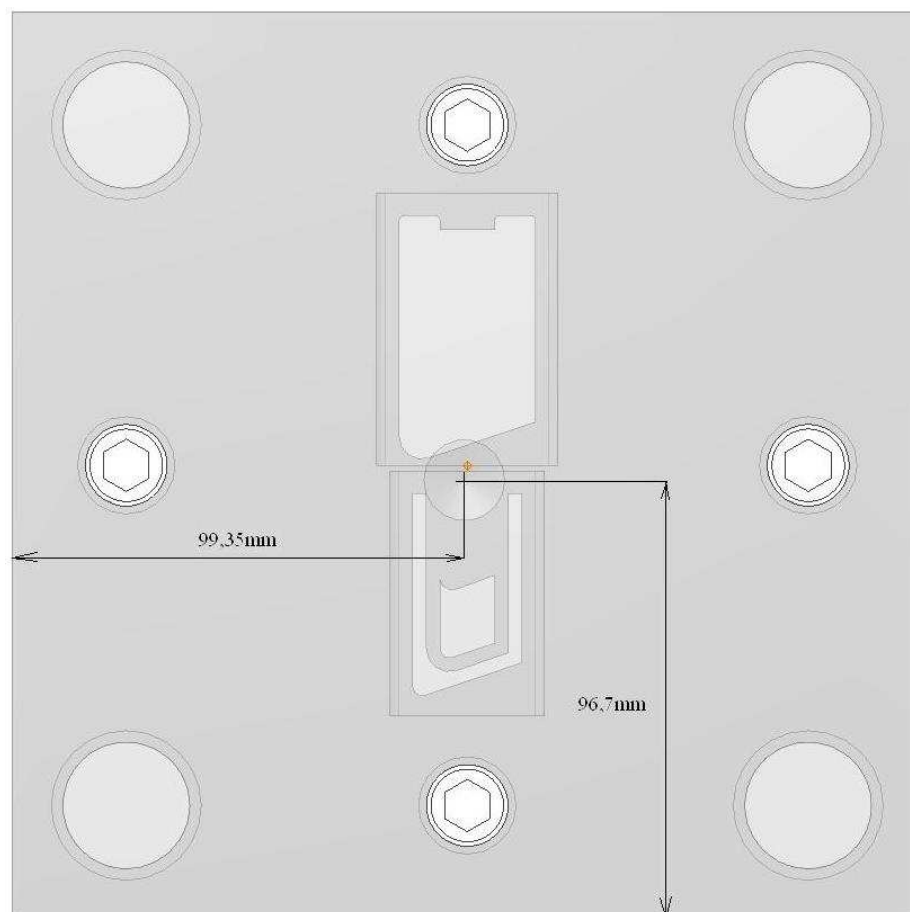
$$y_T = \frac{F_{S1,3} \cdot y_1 + F_{S2} \cdot 0}{F_{S1,3} + F_{S2}} \quad (3.22)$$

$$y_T = \frac{17940 + 6348 \cdot 53,4 + 22433,2 \cdot 0}{17940 + 6348 + 22433,2}$$

$$y_T = 27,7 \text{ mm}$$

Těžiště  $T_C$  se na y-ové ose posune o 27,7mm.

Těžiště bude mít souřadnice  $T_C=[0,25;27,7]$ . Pro umístění upínací spojky je zapotřebí znát souřadnice těžiště vůči upínací desce. Těžiště  $T_2=[0;0]$  se nacházelo na souřadnicovém systému upínací desky v souřadnicích [99,1;69] bráno z levého spodního rohu při pohledu shora. Po přepočtu souřadnic víme, že umístění upínací spojky bude [99,35;96,7] viz. obr.3.11.

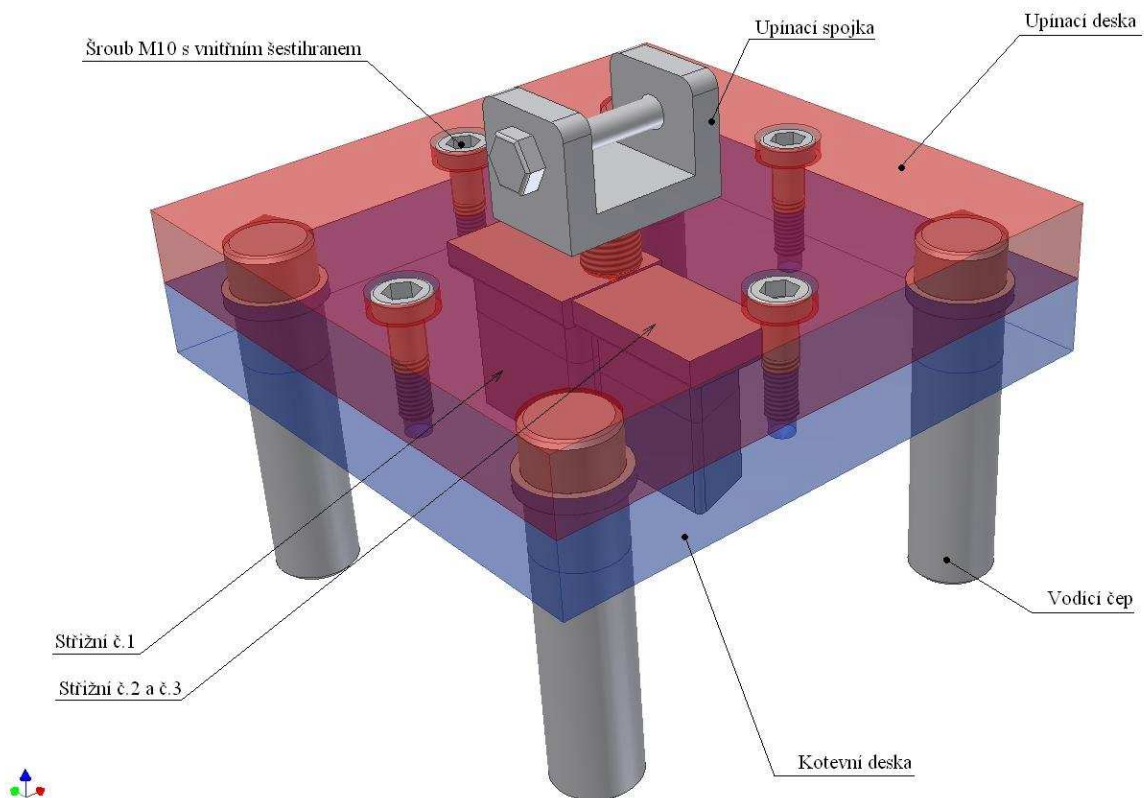


Obr. 3.11 – Umístění upínací spojky

## 4.4 Popis součástí navrženého střížného nástroje

Střížný nástroj rozdělíme v dělicí rovině na dvě části. Na horní část střížného nástroje, kde se nacházejí střížníky a na dolní část, kde se nachází střížnice.

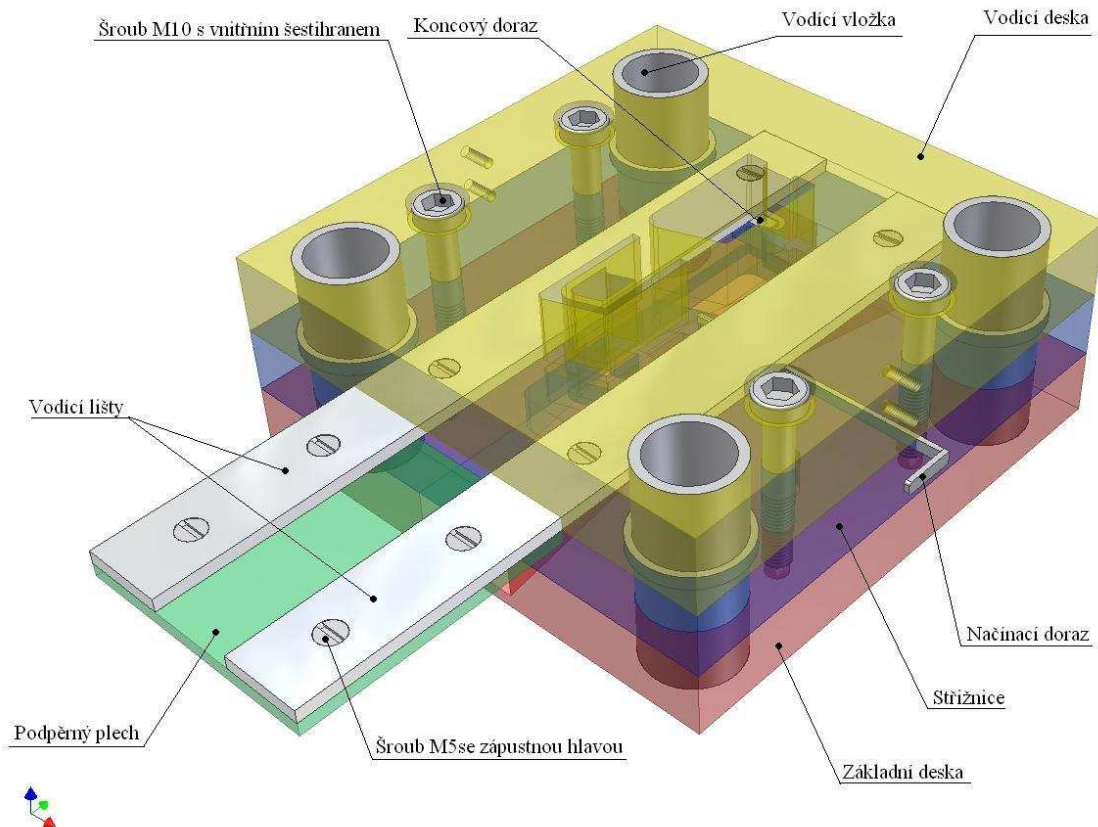
### 4.4.1 Horní část střížného nástroje



Obr. 3.12 – Horní část střížného nástroje

Horní část střížného nástroje tvoří střížník č.1 a střížník č.2 s č.3 z materiálu 19 312, které jsou osazené v kotevní desce. Dále v kotevní desce jsou nasunuty vodící čepy z materiálu 14 220, které centrují kotevní a upínací desku, obě dvě z materiálu 11 600. Tyto dvě desky jsou spojeny čtyřmi normalizovanými šrouby M10x40 s vnitřním šestihranem. Do upínací desky se zašroubuje speciálně navrhnutá upínací spojka pro upnutí na ruční lis PROMA APR-3t.

#### 4.4.2 Dolní část střížného nástroje



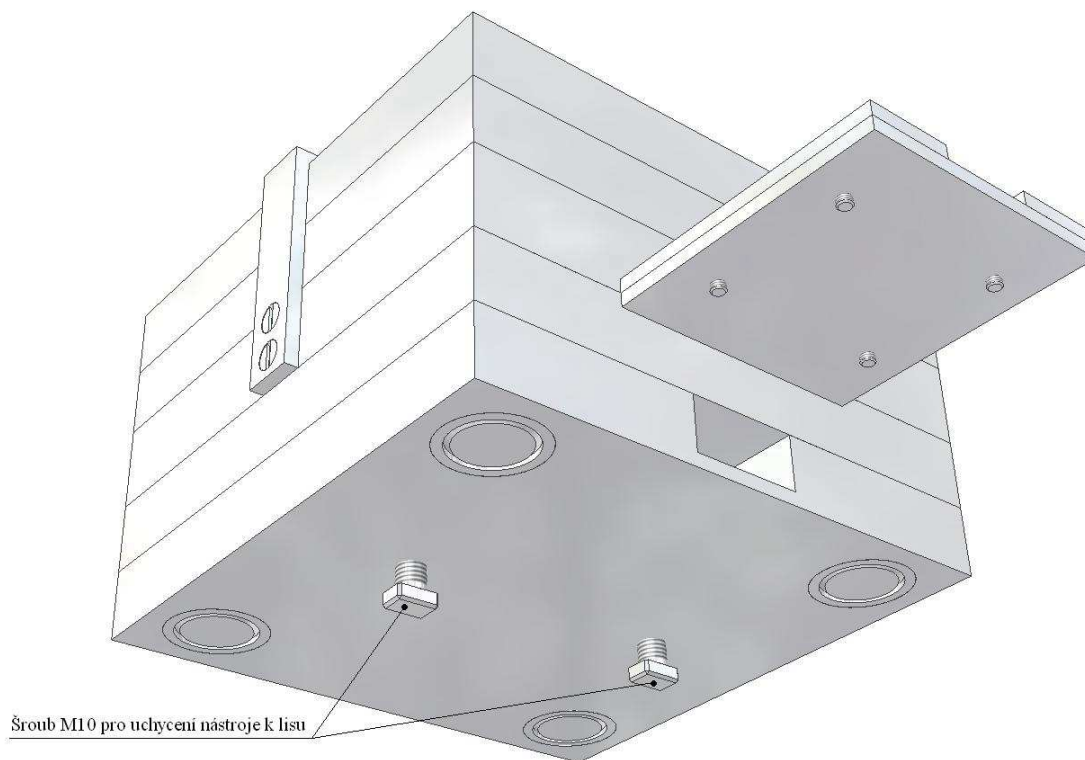
Obr. 3.13 – Dolní část střížného nástroje

Dolní část střížného nástroje tvoří střížnice z materiálu 19 312 ve které jsou osazeny vodící vložky z materiálu 19 412 a centrují se střížnicí vodící desku z materiálu 11 600 a základní desku z materiálu 11 600. Do střížnice jsou vloženy dorazy z materiálu 12 020. Dále vodící lišty z materiálu 11 600 a ty jsou do střížnice přišroubovány normalizovanými šrouby M5 se zápusťnou hlavou. Na konci vodících lišt je podpěrný plech z materiálu 11 500.



#### 4.4.3 Uchycení střížného nástroje

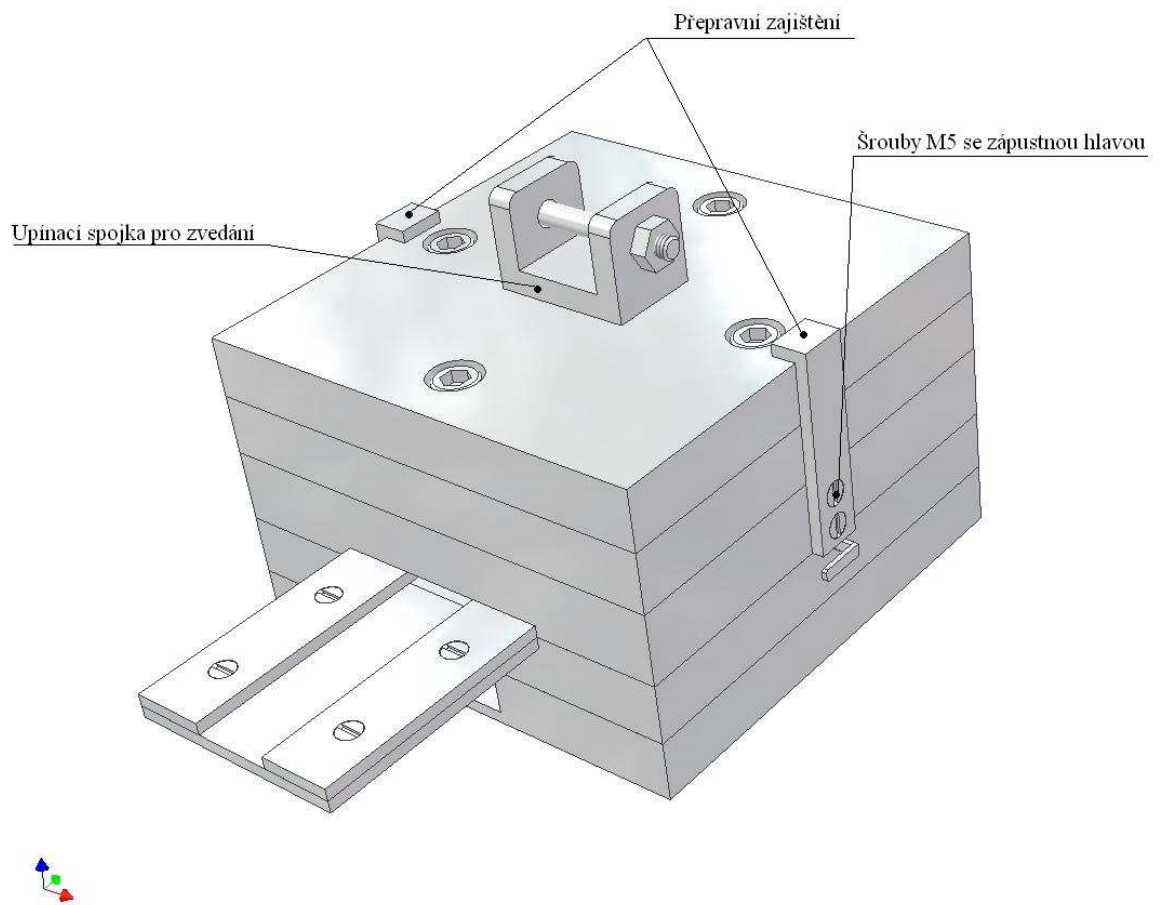
Pro uchycení střížného nástroje do ručního lisu PROMA APR-3t slouží upínací spojka, která je vyobrazena na obr. 3.12 a upíná se na pohyblivou část lisu. Pro dolní uchycení nástroje na základní desku lisu slouží dva nastavitelné šrouby viz obr. 3.14.



Obr. 3.14 – Šroub pro uchycení nástroje k lisu

#### 4.4.4 Přeprava střížného nástroje

Pro transport střížného nástroje budou sloužit dvě přepravní zajištění na obou stranách střížného nástroje jedno. Přepravní zajištění bude přišroubováno šrouby M5 se zápustnou hlavou při uzavřené dělicí rovině. Jako závěsné oko při transportu jeřábem může být použita upínací spojka na horní straně nástroje.



Obr. 3.15 – Přeprava střížného nástroje

## 4.5 Ekonomická rozvaha

Střížné nástroje používané v průmyslových podnicích jsou většinou s velkou rezervou schopny zajišťovat velkou sériovost. Proto se často stává, že malosériové nástroje jsou zhotoveny pro mnohonásobně větší životnost, než je požadována. Proto u mnou navrhnutého střížného nástroje nemusíme používat ty nejlepší materiály. Požadované množství reklamních sponek je v řádech 50 až 1000 kusů z materiálu 42 4412 (slitina hliníku), což je někde v rozmezí mezi kusovou a malosériovou výrobou.

Pro případ, že bychom požadovali větší množství reklamních sponek, bylo by neekonomické postupovat tímto způsobem. Volím proto i jiná řešení:

- a) Změna materiálu polotovaru na plast, kde nebude docházet při stříhu k tak velkému otupování střížných hran, jak u plechu. Množství vystřižených sponek na stejném střížném nástroji se nám může zvednout 500 až 5000 kusů.
- b) Pokud budeme stále požadovat větší množství reklamních sponek, zvolil bych jinou technologii. Vstřikovací forma, která by zvládala 100 000 až 1000 000 kusů by byla řešením této situace.

U kusové výroby by bylo vhodnější zvolit jinou technologii. S ohledem na vybavení laboratoře UVI bych doporučoval laserového řezacího zařízení. V tomto okamžiku nejsou známé provozní náklady laserového zařízení, lze však předpokládat, že v přepočtu na jeden kus budou podstatně nižší než při vystřihování.

Při rozhodování o volbě technologie s ohledem na požadovanou sériovost doporučuji vypracovat analýzu, jejímž výsledkem bude kritického počtu kusů pro jednotlivé technologie zahrnující jak provozní náklady, tak i náklady na výrobu a údržbu střížného nástroje.

## ZÁVĚR

Byl vypracován návrh reklamní sponky, která by nejvíce odpovídala tvaru loga Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Dále v praktické části byl navržen střížný nástroj pro vystřihování této reklamní sponky. Pro návrh střížného nástroje jsme museli být omezeni maximální lisovací silou, kterou disponuje dílenský ruční lis PROMA APR-3t jehož lisovací síla je 3 tuny. Proto jsme museli rozměry reklamní sponky přizpůsobit tomuto faktu. Abychom byli schopni takový to střížný nástroj navrhnout museli jsme zvolit odstupňovaný střížník. Střížný nástroj bude použit pro kusovou výrobu, proto není třeba žádných podavačů ani jiného speciálního nářadí. Vypočítaná hmotnost střížného nástroje je 41kg a vzhledem k tomuto faktu nebude zapotřebí použití jeřábu či jiného manipulačního zařízení. Pokud bychom chtěli použít stříhání v jednom kroku, bez odstupňovaného střížníku, museli bychom použít výkonnější lis z nějakého externího podniku.. Což by sebou neslo za následky prodražování výroby.

Popis na reklamních sponkách je smluvní a je možno ho kdykoliv změnit. Sponky by byly popisovány laserem. Popis reklamních sponek by neprobíhal v dílnách fakulty, nýbrž by byly odesílány do specializovaných provozoven.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1]. Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. doplněné. Praha: Scientia, spol. s r.o., 2000. 985 s. ISBN 80-7183-164-6
- [2]. Bobčík L. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu* 1. vyd. Praha: SNTL 1983 216s 04-229-83
- [3]. Kotouč J. *Nástroje pro tváření za studena* . Přepřacované vyd. Praha:ČVUT 1975 158s 55-475-75
- [4]. Lenfeld P. *Technologie plošného tváření - stříhání* [online]., 26-Nov-2008 [cit. 2010-01-25]. Dostupný z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm)>.
- [5]. Novotný J. CSc., LANGER Z. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. [s.l.] : [s.n.], 1980. 216 s.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$\tau_{Ps}$	MPa	Pevnost ve stříhu
$F_{S1}$	N	Střížná síla na obvodu č.1
$F_{S2}$	N	Střížná síla na obvodu č.2
$F_{S3}$	N	Střížná síla na obvodu č.3
$F_C$	N	Celková střížná síla
$F_T$	N	Stírací síla
$F_{Pr}$	N	Protlačovací síla
$c_1$	1	Součinitel stírání
$c_2$	1	Součinitel protlačení
$v$	mm	Střížná vůle
$C$	1	Součinitel (0,005-0,035) v závislosti na kvalitě střížné plochy
$t$	mm	Tloušťka materiálu
$S_1$	mm	Obsah střížníku č.1
$S_2$	mm	Obsah střížníku č.2
$S_3$	mm	Obsah střížníku č.3
$\sigma_{Dov}$	MPa	Dovolené napětí v tlaku
$h$	mm	Tloušťka střížnice
$L_p$	mm	Délka pásu plechu
$a, b$	mm	Krajní můstek
$u_1, u_2$	Ks	Počet výrobků na jeden pás
$S_{Sč}$	mm <sup>2</sup>	Obsah součástí
$S_{pl}$	mm <sup>2</sup>	Obsah pásu plechu
$k_m$	%	Koeficient využití materiálu
$x_T$	mm	Souřadnice složky v ose x
$y_T$	mm	Souřadnice složky v ose y
$T_c$	mm	Těžiště celé součásti
$k_S$	MPa	Střížný odpor
$\sigma_{Pt}$	MPa	Mez pevnosti
$A$	J	Střížná práce
$k$	mm	Součinitel hloubky vtlačení
$P$	W	Výkon stříhadla
$t_{č}$	s	Doba střížného cyklu
$l_k$	mm	Délka střížníku
$\mu$	1	součinitel bezpečnosti
$E$	MPa	Modul pružnosti
$I$	mm <sup>4</sup>	Kvadratický moment průřezu

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr.2.1	1.fáze stříhání	11
Obr.2.2	2.fáze stříhání	12
Obr.2.3	3.fáze stříhání	12
Obr.2.4	Deformační pásma při stříhání	13
Obr.2.5	Stříhání rovnoběžnými noži	16
Obr.2.6	Stříhání skloněnými noži	17
Obr.2.7	Délka stříhu	18
Obr.2.8	Úpravy střížníku a střížnic	18
Obr.2.9	Pákové nůžky	19
Obr.2.10	Kotoučové nůžky	20
Obr.2.11	Stříhání profilů	21
Obr.2.12	Stříhání profilů 2	22
Obr.2.13	Kvalita stříhu	23
Obr.2.14	Přesné stříhání s přidržovačem	24
Obr.2.15	Stříhání s přidržovačem a stříhání s nátláčnou hranou	25
Obr.2.16	Stříhání bez vůle	25
Obr.2.17	Reversní stříhání	26
Obr.2.18	Stříhání se zápornou vůlí	26
Obr.2.19	Střížná vůle - typy	30
Obr.2.20	Střížná vůle	32
Obr.2.21	Jednoduchý střížný nástroj	33
Obr.2.22	Postupový střížný nástroj	34
Obr.2.23	Propadové stříhadlo	35
Obr.2.24	Sloučené stříhadlo	36
Obr.2.25	Nástřihový plán	37
Obr.2.26	Využití materiálu	38
Obr.2.27	Kusový nástřih varianta A	38
Obr.2.28	Kusový nástřih varianta B	39
Obr.2.29	Skupinový nástřih	40
Obr.2.30	Průběh střížné síly	41
Obr.2.31	Stírací síla $F_t$ a protlačovací síly $F_{pr}$	44
Obr.2.32	Doporučené tloušťky střížnice	47
Obr.2.33	Provedení otvoru střížnice	47

---

Obr.2.34	Velikost můstků	48
Obr.2.35	Výpočet těžiště střížných sil	49
Obr.2.36	Tvar opotřebených střížných ploch	52
Obr.2.37	Křivka růstu opotřebení	53
Obr.3.1	Výrobek č.1 3D	59
Obr.3.2	Výrobek č.2 3D	60
Obr.3.3	Výrobek č.3 3D	60
Obr.3.4	Délka střížných hran	61
Obr.3.5	Obsah střížníku č.1	63
Obr.3.6	Obsah střížníku č.2	64
Obr.3.7	Obsah střížníku č.3	65
Obr.3.8	Varianta A	66
Obr.3.9	Varianta B	67
Obr.3.10	Těžiště	68
Obr.3.11	Umístění upínací spojky	69
Obr.3.12	Horní část střížného nástroje	70
Obr.3.13	Dolní část střížného nástroje	71
Obr.3.14	Šroub pro uchycení nástroje k lisu	72
Obr.3.15	Přeprava střížného nástroje	73



**SEZNAM TABULEK**

Tab.1	Charakteristika stříhacích operací	14
Tab.2	Charakteristika stříhacích operací 2	15
Tab.3	Přesnost roztečí děrovaných otvorů	27
Tab.4	Přesnost vnějších rozměrů výstřížku	28
Tab.5	Přesnost děrovaných kruhových otvorů	28
Tab.6	Velikost střížné vůle	31
Tab.7	Tloušťka stříhaných materiálů pro propadové stříhadlo	35
Tab.8	Závislost střížného odporu $k_s$ a pevnosti v tahu $\sigma_{pt}$ pro různé materiály a jejich tloušťky	42-43
Tab.9	Hodnoty součinitele stírání $c_1$	43
Tab.10	Hodnoty součinitele protlačování $c_2$	44
Tab.11	Součinitel hloubky vtlačení do materiálu	45
Tab.12	Doporučené velikosti můstků	48
Tab.13	Doporučené hodnoty pro otvory	49
Tab.14	Vliv jednotlivý činitelů na opotřebení	53
Tab.15	Životnost jednotlivých druhů stříhadel	54
Tab.16	Typové znaky sériovosti výroby	55
Tab.17	Přehled stříhadel pro vhodnou sérii výstřížků	56

**SEZNAM PŘÍLOH**

P1	Reklamní sponka	T06057-1
P2	Kotevní deska	T06057-2
P3	Upínací deska	T06057-3
P4	Vodící deska	T06057-4
P5	Střížnice	T06057-5
P6	Základní deska	T06057-6
P7	Vodící lišta	T06057-7
P8	Vodící lišta s vybráním	T06057-8
P9	Podpěrný plech	T06057-9
P10	Vodící čep	T06057-10
P11	Vodící vložka	T06057-11
P12	Střížník č.1	T06057-12
P13	Střížník č.2 a č.3	T06057-13
P14	Koncový doraz	T06057-14
P15	Načínací doraz	T06057-15
P16	Přepravní zajištění	T06057-16
P17	Šroub pro uchycení k lisu	T06057-17
P18	Upínací spojka	T06057-18
P19	Střížný nástroj	T06057-19



