

STŘIŽNÝ NÁSTROJ

Petr Škývara

Bakalářská práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr ŠKÝVARA**
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 bakalářské práce

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

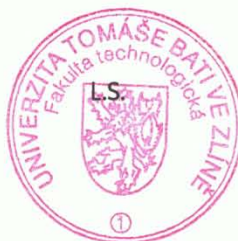
Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2009**

Ve Zlíně dne 16. února 2009



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Mañas, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Cílem této práce je přednést podklady pro výrobu jednoduchého střížného nástroje. Nástroj je jednoúčelový a je konstruován výhradně pro ruční dílenský lis PROMA APR-3, který je k dispozici v laboratořích UVI.

Nástroj je určen pro výrobu reklamních kancelářských spon. Původní navrhovaný materiál v podobě nerezové oceli třídy 17, je zde nahrazen polymerním materiálem, konkrétně Polystyren (PS).

Praktická část je zaměřená na konstrukční výpočty sil potřebných ke stříhání, kontroly funkčních částí nástroje, nástřihové plány, výpočet těžiště a neposlední řadě popisové schéma nástroje.

Klíčová slova: Střížný nástroj, stříhání, polymerní materiál, dílenský lis.

ABSTRACT

The targets of this project are introducing background for production of simple blanking tool. The tool is dedicated and is constructed for manual workshop press PROMA APR-3, which is in laboratory of UVI.

Tool is meant for introducing of advertisement paper clip. The original material was rustless steel, now a new material is polymer, especially polystyrene (PS).

The practice part is orientation to construct calculation of blanking forces, control of functional tool parts, shears drawing, calculation centre of area and engineering logic diagram of blanking tool.

Keywords: Blanking tool, blanking, polymer material, workshop press.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Miroslavu Maňasovi, CSc., mému vedoucímu bakalářské práce, za věcné rady a konzultace spojené s tvorbou této práce.

Motto

Nezáleží na tom, jaký titul Nám dala Vysoká škola,

záleží na tom, jaký titul Nám přidělí život!

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

ÚVOD	8
TEORETICKÁ ČÁST	9
1 POLOTOVARY VYRÁBĚNÉ TVÁŘENÍM ZA STUDENA.....	10
2 STŘÍHÁNÍ.....	11
2.1 ZÁKLADNÍ POJMY	11
2.2 ZÁKLADNÍ PRÁCE A OPERACE	14
2.3 PRINCIP STŘÍHÁNÍ.....	16
2.3.1 Střížná vůle a tolerance střížných nástrojů	17
2.3.2 Rozměry prostříhovaných částí.....	20
2.3.3 Střížný odpor	21
2.3.4 Pevnostní výpočet střížníku	22
2.3.5 Těžiště střížných sil a velikosti můstků	24
2.4 DRUHY STŘÍHÁNÍ	26
2.4.1 Stříhání Prosté	26
2.4.2 Vystříhování a děrování.....	28
2.4.3 Ostříhování a přistříhování.....	31
2.4.4 Přesné stříhání	32
2.4.5 Nastříhování, prostříhování, protrhávání a vysekávání	35
2.5 NÁSTROJE PRO STŘÍHÁNÍ	35
2.6 NŮŽKY.....	35
2.7 STŘIHADLA	38
2.7.1 Jednoduché stříhadlo	38
2.7.2 Postupové stříhadlo.....	40
2.7.3 Sloučené stříhadlo	40
2.7.4 Sdružené stříhadlo	40
2.7.5 Stojanové (plunžrové) stříhadlo	40
2.7.6 Doraz s pomocným stříhem	41
2.7.7 Vysekávání nekovových materiálů.....	41
2.8 HLAVNÍ TECHNOLOGICKÉ ZÁSADY	42
2.9 HOSPODÁRNÉ VYUŽITÍ MATERIÁLU	43
2.9.1 Kusový plán	44
2.9.2 Skupinová plán	44
2.10 MATERIÁL NA NÁSTROJE	45
2.10.1 Další možné materiály používané na nástroje.....	47

PRAKTICKÁ ČÁST	48
3 KONSTRUKCE STŘIŽNÉHO NÁSTROJE	49
3.1 NÁVRH MATERIÁLU.....	49
3.2 NÁVRHY ROZMĚRŮ VÝROBKU PRO VÝROBU NA RUČNÍM LISU.....	49
3.2.1 Návrh č.1.....	51
3.2.2 Návrh č.2.....	52
3.2.3 Zhodnocení návrhu výrobku.....	54
3.3 VÝPOČTY PRO KONSTRUKCI STŘIŽNÉHO NÁSTROJE.....	54
3.3.1 Celková střížná síla.....	54
3.3.2 Stírací síla.....	55
3.3.3 Protlačovací síla.....	55
3.3.4 Kontroly střížníku a střížnice.....	55
3.3.5 Nástříhové plány.....	58
3.3.6 Výpočet těžiště.....	63
3.3.7 Určení velikosti střížné vůle.....	63
3.4 POPIS STŘIŽNÉHO NÁSTROJE.....	65
3.4.1 Přeprava.....	66
3.4.2 Upínání.....	67
ZÁVĚR	68
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	69
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	70
SEZNAM OBRÁZKŮ	72
SEZNAM TABULEK	74
SEZNAM PŘÍLOH	75

ÚVOD

Práce se zabývá návrhem reklamního předmětu ve formě kancelářské spony. Tato spona může sloužit jako záložka do knihy, lze ji však použít také jako spojovací sponu na papíry. Spona bude vyráběna pomocí střížného nástroje, který je určen k použití společně s dílenským ručním lisem PROMA APR-3.

Hlavním cílem bylo vytvořit sponu, která by odkazovala na Univerzitu Tomáše Bati ve Zlíně. Proto se stala podkladem pro návrh spony kniha, jež je vyobrazena v samotném logu školy.

Původním materiálem pro sponu měla být kvalitní nerezová ocel třídy 17., protože ale měl být nástroj navrhnout pro lisy, které jsou k dispozici v laboratořích UVI, musel být použit materiál polymerního charakteru – konkrétně polystyren (PS), a to z důvodu, že tyto lisy nejsou schopny vytvořit potřebnou střížnou sílu pro navrhovaný materiál při požadovaných délkách střížných hran.

Tvar spony v podobě otevřené knihy, je koncipován tak aby byla možná dodatečná úprava pro potisk. Nápis by měl reprezentovat školu. Vhodné metody pro potisk jsou – tampónový tisk nebo popis laserem.

Kompletní projekt obsahuje teoretickou část, kde jsou popsány metody (principy) stříhání, stříhadla, materiály používané pro střížné nástroje, atd.

Dále obsahuje část praktickou, která zabývá samotnými konstrukčními výpočty jednotlivých sil vznikajících při střížném procesu, výpočtem těžiště pro umístění stopky, jednotlivými kontrolami střížníků, nástřihovými plány a v neposlední řadě také popisem konečné podoby střížného nástroje.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. POLOTOVARY VYRÁBĚNÉ TVÁŘENÍM ZA STUDENA

Tvářením za studena (lisováním) se uskutečňuje trvalá změna tvaru materiálu bez úběru třísek působením vnější síly. Proces probíhá pod rekrystalizační teplotou materiálu. Podle převládajícího průběhu deformace je tváření plošné a objemové.

Při **plošném tváření** se dosáhne žádaného tvaru součásti (převážně z plechu) bez podstatné změny průřezu nebo tloušťky výchozího materiálu. Mechanické vlastnosti se nemění.

Při **objemovém tváření** se dosáhne žádaného tvaru součásti změnou průřezu nebo tvaru výchozího materiálu. Objem materiálu zůstává konstantní, ale nastává jeho zpevnění a pokles tažnosti, což ovlivňuje rozsah použitých tvářecích operací.

Lisování za studena se rozšířilo proto, že má mnoho předností, tj. velkou výkonnost, nízké výrobní náklady, malé ztráty materiálu odpadem a příznivé podmínky pro automatizaci. Praxe dokonale prokázala tyto přednosti a účelnost v moderní průmyslové výrobě.

1.1 Přehled a charakteristiky základních prací lisovací techniky (stříhání)

Základní práce lisování se podle ČSN 22 6001 nazývá lisovací technika. Je to zpracování kovových a jiných materiálů a polotovarů stříháním nebo tvářením, popř. obojím způsobem tak, aby se z nich zhotovil polotovar nebo výrobek. Jejich přehled je uveden v tab. 1.1.

Stříhání je takový postupové tváření, při kterém je materiál postupně nebo současně od-
dělován v celém průřezu.

Tváření je mechanické zpracování materiálu přemísťováním jeho částic tahem nebo tlakem bez porušení soudržnosti. Podle potřeby převládá tah nebo tlak

2. STŘÍHÁNÍ

Stříhání je oddělování materiálu namáhaného nad mez pevnosti ve stříhu. Dělí se na stříhání prosté, vystřihování, děrování, ostřihování, přiostrňování, přesné stříhání, nastřihování, prostřihování, protrhávání a vysekávání.

2.1 Základní pojmy

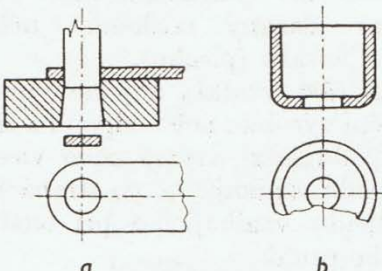
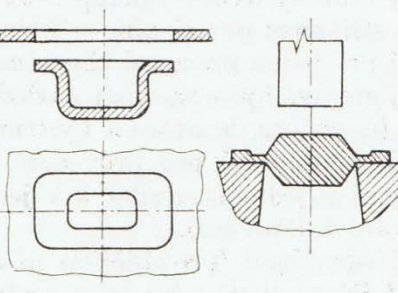
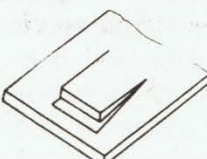
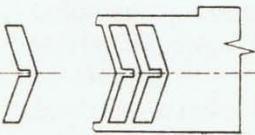
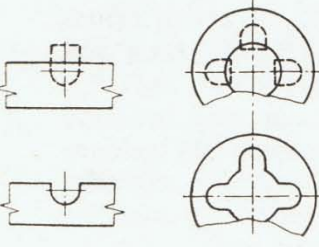
Dělení	výrobní proces, při němž dochází ke změně tvaru pevného tělesa a přitom se místně odstraní soudržnost.
Dělení beztržkové	Výrobní proces, při němž dochází ke změně tvaru pevného tělesa a přitom se místně odstraní soudržnost bez vzniku odpadu.
Stříhání	proces, při němž je materiál oddělen smykovým namáháním.
Stříhání plošné	dělení plošného útvaru (plechů) podle uzavřeného a neuzavřeného obrysu při konstantní stříhané tloušťce.
Stříhání objemové	dělení profilu podle neuzavřeného obrysu noži, které se míjejí při proměnní stříhané tloušťce.
Vystřihování	proces, při němž je materiál oddělen podle uzavřené čáry stříhu působením dvojice nástrojů (střížník – střížnice), při němž se nástroje prostupují (pronikají).
Lámání	dělení ohybovým nebo krutovým namáháním, jímž se obrobek na určitém místě namáhá nad svou pevnost v lomu.
Stříh	Výsledek stříhání a vystřihování: obecný pojem používaný v různých spojeních, např. délka stříhu apod.
Břit	ostrá pracovní hrana nástroje.
Střížnice	část stříhadla, zpravidla pasivní, působící z vnější strany proti části stříhadla – střížníku.
Střížník	část stříhadla, zpravidla aktivní, působící zevnitř proti části stříhadla – střížnici.

Ostřihovací trn	část ustřihovacího nástroje, zpravidla pasivní, působící zevnitř proti střížnici.
Zaoblení střížníku	poloměr na pracovní hraně střížníku.
Fasetka	ostří střížnice, od které je střížnice uvolněna pro odvod výstřížku.
Pevný nůž	část nůžek nebo funkční část nástroje pro objemové stříhání, zpravidla pasivní.
Pohyblivý nůž	část nůžek nebo funkční část nástroje pro objemové stříhání, pravidla aktivní.
Střížná vůle	součet mezer po obou stranách průřezu mezi střížníkem a střížnicí.
Střížná mezera	polovina střížné vůle.
Tlačná hrana	pracovní část nástroje při přesném vystřihování.
Stažení hrany	zaoblení stříhaného materiálu. Vzniká buď na straně střížníku, tj. vně od čáry stříhu, nebo na straně střížnice, tj. uvnitř od čáry stříhu.
Lesklé pásmo	kvalitní střížná plocha při stříhání a vystřihování.
Lom	nekvalitní střížná plocha vzniklá usmýknutím.
Otřep	a) ostré výstupky materiálu, vzniklé na střížné hraně; b) zbytek výrodku po jeho ostřížení
Hloubka vniknutí	hloubka, do níž musí střížník vniknout, než nastane oddělení lomem.
Blána	přepážka v dutině výkovku nebo výtvarku, která se může odstranit vystřížením nebo děrováním.
Přístřih	polotovár získaný stříháním nebo vystřihováním plošného útvaru (plechu).
Ústřížek	výsledná část vzniklá objemovým stříháním profilů.
Stírání	odstranění výrobku nebo odpadu z činné části nástroje.

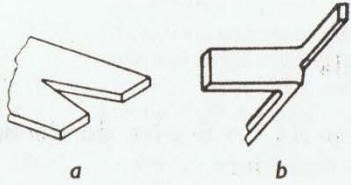
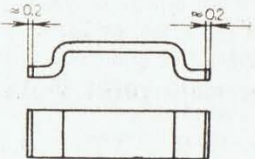
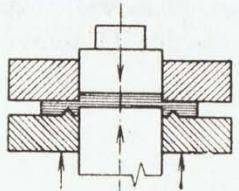
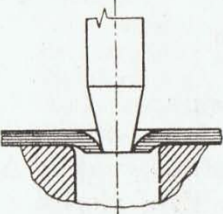
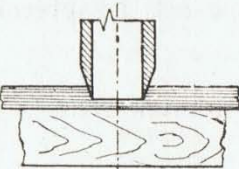
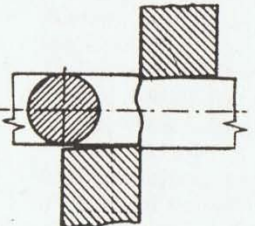
Mústek	část odpadu mezi dvěma nebo více výstřížky.
Postranní odpad	část odpadu vznikajícího po stranách výstřížku
Postranní odstřih	část odpadu vznikajícího při odstřihování v okraji pásů nebo pruhů.
Krok	vzdálenost, o níž se posouvá materiál vůči nástroji, tj. rozteč dvou po sobě jdoucích pracovních poloh.
Stříhadlo, střížný nástroj	nástroj tvořený dvěma spolupracujícími částmi (střížník – střížnice; pevný nůž – pohyblivý nůž).
Jednoduchý střížný nástroj	nástroj pro jeden pracovní úkon (např. při děrování)
Postupový střížný nástroj	nástroj pro dva i více po sobě jdoucích pracovních úkonů (např. pro děrování a vystřihování)
Sloučený střížný nástroj	nástroj uspořádaný pro provedení výrobku několika operacemi v jednom zdvihu a j jedné ose (např. vystřihování a děrování).
Sdružený střížný nástroj	nástroj sdružující (provádějící) několik různých operací, ať již ve sloučeném nebo postupovém provedení (např. tažení a vystřihování, vystřihování a ražení atd.).
Jednořadý nástroj	nástroj, kde se stříhá v jedné řadě (ose).
Víceřadý nástroj	nástroj, kde se stříhá ve více řadách (osách).

2.2 Základní práce a operace

Tab. 1 – Základní práce stříhání [6]

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

Stříhání plošné

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

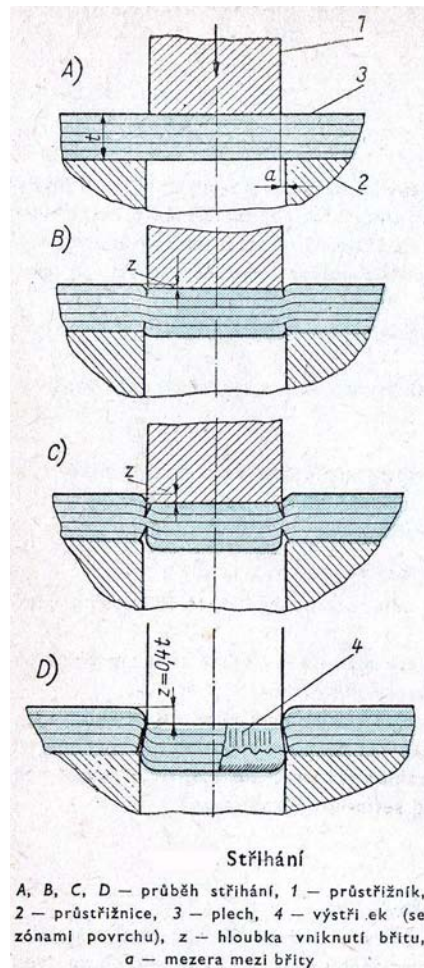
2.3 Princip stříhání

Průběh stříhání plechu stříhadly lze rozdělit do tří fází:

Pružná deformace – napětí ve stříhaném materiálu nepřesahuje mez kluzu

Trvalá deformace – napětí ve stříhaném materiálu je vyšší než mez kluzu, největší napětí je v okolí hran střížníku a střížnice.

Stříhání (obr. 2.1) – napětí ve stříhaném materiálu dosáhne meze pevnosti ve smyku (stříhu). Materiál se u hran střížníku a střížnice nastříhne, vzniklé trhlinky se rychle rozšiřují, až se výstřížek úplně oddělí od základního materiálu. Výstřížek se oddělí dříve, než projde střížník celou tloušťkou stříhaného materiálu. Při dalším pohybu střížníku je výstřížek ze střížnice vytlačen.



Obr. 2.1 – Stříhání [3]

V nejbližším okolí stříhu nastává zpevnění materiálu. Toto zpevnění sice nezasahuje velké pásmo, avšak může vést při dalším tváření (např. při ohybu) ke vzniku trhlin na okraji dílce a tak k znehodnocení výrobku. Střížná plocha na výstřižku má tři výrazné oblasti (obr. 2.1/D):

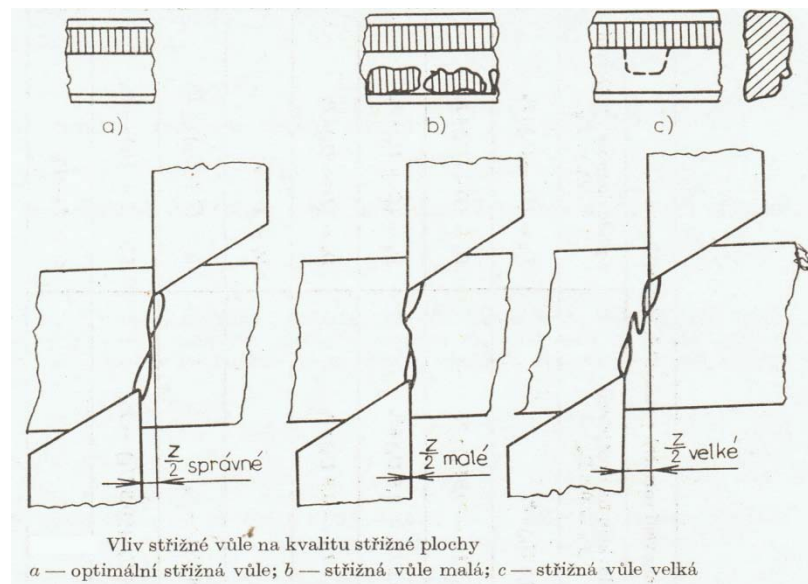
- a) zaoblenou dolní hranu tvořenou vlákny ohnutými při počátku stříhání
- b) plochu ustřiženou břitem
- c) plochu utrženou

Střížná plocha ve vystřiženém tvaru má obdobně také tři zóny: zaoblenou horní hranu, plochu střiženou a plochu utrženou.

2.3.1 Střížná vůle a tolerance střížných nástrojů

Na průběh stříhání, jakost stříhané plochy, rovinnost výstřižku, potřebný tlak a práci má vliv mezera mezi břity, stav břitu, jakost materiálu, jakož i relativní pohyb břitů navzájem. Nejdůležitější podmínkou pro stříhání je správná mezera mezi břity. Optimální mezera je taková, při níž se dosáhne požadované jakosti stříhu při nejmenší střížné síle (obr. 2.2).

Stanovení správné střížné vůle mezi střížnými nástroji



Obr. 2.2 – Vliv střížné vůle na kvalitu střížné plochy [6]

Jakost střížné plochy a velikost střížné síly a s tím související opotřebení nástroje jsou hlavní hlediska, které mají vliv na volbu vôle mezi střížnými nástroji (obr. 2.3). Pro přímé určení velikosti vôle se proto přihlíží k tloušťce stříhaného materiálu a k pevnosti ve stříhu (Tab. 2). Dále je možné použít vztahu:

pro plechy do $t \leq 3$ mm

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

pro plechy $t \geq 3$ mm

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

kde t – tloušťka plechu (mm)

τ_{Ps} - pevnost ve stříhu (MPa)

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

Tab. 2 – Velikost střížné vůle pro kovové materiály [6]

Tloušťka materiálu s (mm)	Mez pevnosti σ_{Pt}						Tvrдость 45 až 50 HRC	
	do 400 MPa		400 – 600 MPa		nad 600 MPa			
	z (%)	z (mm)	z (%)	z (mm)	z (%)	z (mm)	z (%)	z (mm)
0,1	3-5	0,003-0,005	5-7	0,005-0,007	7-9	0,007-0,009	10-12	0,010-0,012
0,2		0,006-0,010		0,010-0,014		0,014-0,018		0,020-0,024
0,3		0,009-0,015		0,015-0,021		0,021-0,027		0,030-0,036
0,4		0,012-0,020		0,020-0,028		0,028-0,036		0,040-0,048
0,5		0,015-0,025		0,025-0,035		0,035-0,045		0,050-0,060
0,6	4-6	0,024-0,036	6-8	0,036-0,048	8-10	0,048-0,060	11-13	0,066-0,078
0,8		0,032-0,048		0,048-0,064		0,064-0,080		0,088-0,104
1,0		0,040-0,060		0,060-0,080		0,080-0,100		0,110-0,130
1,2		0,048-0,072		0,072-0,096		0,096-0,120		0,132-0,156
1,5		0,060-0,090		0,090-0,120		0,120-0,150		0,165-0,195
1,8	5-7	0,090-0,126	7-9	0,126-0,162	9-11	0,162-0,198	12-14	0,216-0,252
2,0		0,100-0,140		0,140-0,180		0,180-0,220		0,240-0,280
2,5		0,125-0,175		0,175-0,225		0,225-0,275		0,300-0,350
3,0		0,150-0,210		0,210-0,270		0,270-0,330		0,360-0,420
3,5		0,245-0,350		0,315-0,420		0,385-0,490		0,490-0,560
4,0	7-10	0,280-0,400	9-12	0,360-0,480	11-14	0,440-0,560	14-16	0,560-0,640
4,5		0,315-0,450		0,405-0,540		0,495-0,630		0,630-0,720
5,0		0,350-0,500		0,450-0,600		0,550-0,700		0,700-0,800
6,0		0,60-0,78		0,72-0,90		0,84-1,02		1,02-1,20
7,0		0,70-0,91		0,84-1,05		0,98-1,19		1,19-1,40
8,0	10-13	0,80-1,04	12-15	0,96-1,20	14-17	1,12-1,36	17-20	1,36-1,60
9,0		0,090-1,17		1,08-1,35		1,26-1,53		1,53-1,80
10,0		1,0-1,30		1,20-1,50		1,40-1,70		1,70-2,0
11,0		1,43-1,76		1,65-1,98		1,87-2,20		2,20-2,53
12,0		1,56-1,92		1,80-2,16		2,04-2,40		2,40-2,76
13,0	13-16	1,69-2,08	15-18	1,95-2,34	17-20	2,21-2,60	20-23	2,60-2,99
14,0		1,82-2,24		2,10-2,52		2,38-2,80		2,80-3,22
15,0		1,95-2,40		2,25-2,70		2,55-3,00		3,00-3,45
16,0		2,08-2,56		2,40-2,88		2,72-3,20		3,20-3,68

Se vznikající pevností a tloušťkou materiálu se střížné mezery zvětšují. Protože se opotřebením nástrojů velikosti střížných mezer zvětšují, zhotovují se nové nástroje se spodní hranicí uvedených střížných mezer. Podle toho, zda se jedná o vystřihování nebo děrování, volí se střížná mezera na úkor střížníku nebo střížnice, aby konečný výrobek měl předepsané rozměry.

2.3.2 Rozměry prostřihovaných částí

Žádá-li se přesný rozměr výstřížku, má být průstřížník o dvojnásobnou velikost mezery menší a průstřížnice má mít jmenovitý rozměr. Žádá-li se přesný otvor, má průstřížník jmenovitý rozměr a průstřížnice je o dvojnásobnou mezeru a zvětšena. Otvory o průměru menším než je tloušťka materiálu lze děrovat vhodně upravenými průstřížníky.

Příliš měkký materiál se velmi obtížně stříhá a vyžaduje co nejmenší mezeru mezi břity; proto se doporučuje některé nezelezné kovy, jako např. hliník, měď, zinek, stříhat zpevněné (tvrdé), a výstřížky podle potřeby vyžítat.

Břity nástroje musí být stále ostré; vydrolené břity způsobují zubovitost výstřížku, která může při dalších operacích zavinit roztržení výlisku.

Na jednom okraji stříhané plochy vzniká otřep. Při ostrých břitech je neznatelný; při tupém horním břitu je otřep na vystřiženém materiálu, při tupém pevném břitu je otřep kolem otvoru, při obou tupých břitech vzniká otřep na obou částech.

2.3.3 Střížný odpor

Stříhání je oddělování materiálu namáhaného nad mez pevnosti ve stříhu. Dělí se na stříhání prosté, vystřihování, děrování, ostřihování, přiostrhování, přesné stříhání, nastřihování, prostřihování, protrhávání a vysekávání.

Všechny výpočty se soustřeďují v hlavní míře na výpočet střížné síly a střížné práce. Předpokladem provedení tohoto výpočtu je znalost střížného odporu k_s , který závisí na mnoha činitelích, jako je druh stříhaného materiálu, jeho tloušťka, rozměr, křivka stříhu, velikost střížné vůle, konstrukce nástroje atd.

Střížný odpor ovlivňuje:

- a) materiál: s rostoucí pevností k_s roste,
- b) tloušťka materiálu: se zvyšující se tloušťkou se k_s zmenšuje,
- c) délka křivky stříhu: s rostoucí délkou se k_s zmenšuje,
- d) střížná mezera: při příliš malé se k_s rychle zvětšuje, nejmenší k_s je při optimální velikosti mezery,
- e) podmínky stříhání: rychlost stříhání, mazání, stav střížných hran nástroje mění k_s .

Rychlost stříhání:

- do 100 zdvihů/min se neprojevuje
- od 100 do 140 zdvihů/min se k_s zvětšuje 1,06 až 1,09 násobně
- od 300 do 600 zdvihů/min se k_s zvětšuje 1,12 až 1,15 násobně

Mazání: zmenšuje síly k vysunutí výstřížku o 30 až 40 %.

Stav střížných hran: otupený nástroj zvětší k_s .

Pro praktické výpočty se vypočte **střížný odpor** k_s se vztahu:

$$k_s = 0,85 \cdot \sigma_{pt} \quad (3)$$

kde σ_{pt} - mez pevnosti (MPa)

2.3.4 Pevnostní výpočet střížníku

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

$$\sigma_{Dov} = \frac{F_{stř}}{S} \quad (4)$$

kde $F_{stř}$ – maximální hodnota střížné síly

S – plocha průřezu střížníku

σ_{Dov} - dovolené napětí v tlaku

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.

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

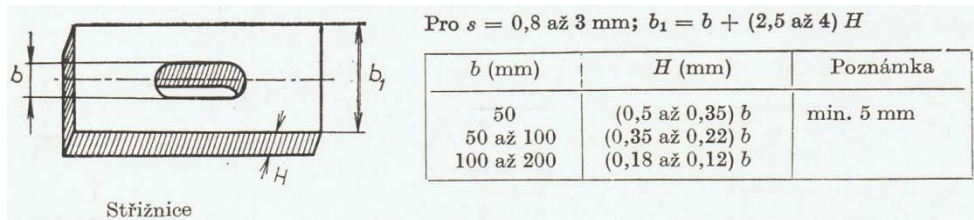
$$l_k = \sqrt{\frac{2\pi^2 EI}{\mu F_{stř}}} \quad (5)$$

kde E – modul pružnosti (u oceli $21,5 \cdot 10^4$ MPa)

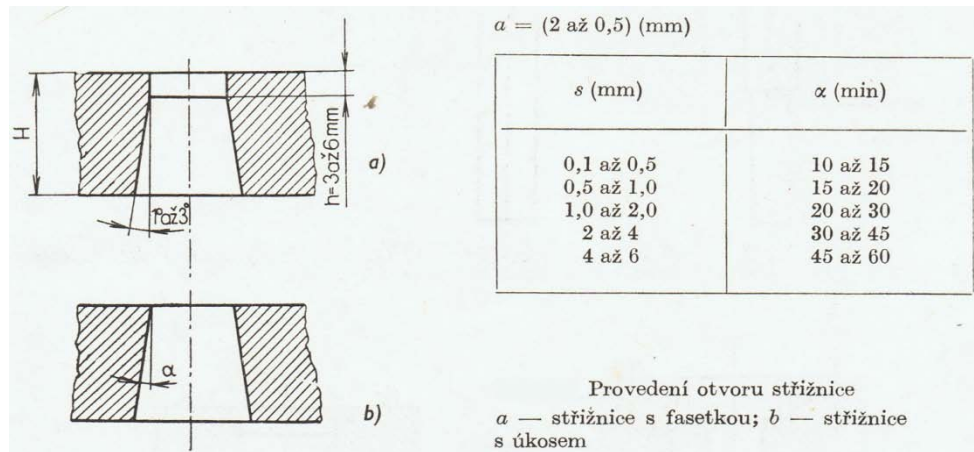
I – kvadratický moment průřezu (mm^4)

μ – součinitel bezpečnosti (1,5 až 2)

Tloušťka H a rozměry střížnice b , b_1 se doporučují volit podle ČSN 22 6011, ČSN 22 6014 (obr. 2.3). 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. 2.4.



Obr. 2.3 – Tloušťka střížnice [6]



Obr. 2.4 – Provedení otvoru střížnice [6]

Pro předběžný návrh minimální výšky střížnice lze použít vztah:

$$H = \sqrt[3]{0,1 \cdot F_{stř}} \quad (6)$$

2.3.5 Těžiště střížných sil a velikosti můstků

Stříhá-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.

Tab. 3 – Velikosti můstků [6]

Tloušťka materiálu s (mm)	a (mm); b (mm)	a_1 (mm); b_1 (mm)
0,3	1,4	2,3
0,5	1,0	1,8
1,0	1,2	2,0
1,5	1,4	2,2
2,0	1,6	2,5
2,5	1,8	2,8
3,0	2,0	3,0
3,5	2,2	3,2
4,0	2,5	3,5
5,0	3,0	4,0
6,0	3,5	4,5
7,0	4,0	5,0
8,0	4,5	5,5
9,0	5,0	6,0
10,0	5,5	6,5

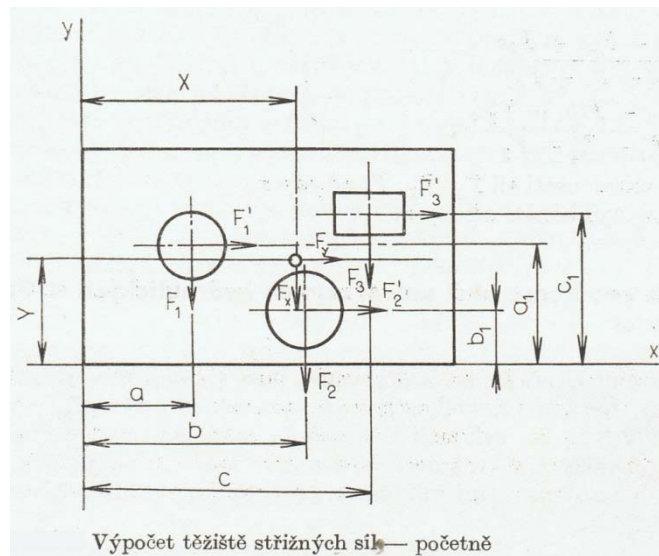
Matematicky vyjádřeno:

$$F_x X = F_1 a + F_2 b + F_3 c \quad (7)$$

kde $F_x = F_1 + F_2 + F_3$

X – vzdálenost výslednice sil od osy y

a, b, c – vzdálenosti sil F_1, F_2, F_3 od osy



Obr. 2.5 – Výpočet těžiště střížných sil [6]

Z toho plyne:

$$X = \frac{F_1 a + F_2 b + F_3 c}{F_1 + F_2 + F_3} \quad (8)$$

$$Y = \frac{F_1' a_1 + F_2' b_1 + F_3' c_1}{F_1' + F_2' + F_3'} \quad (9)$$

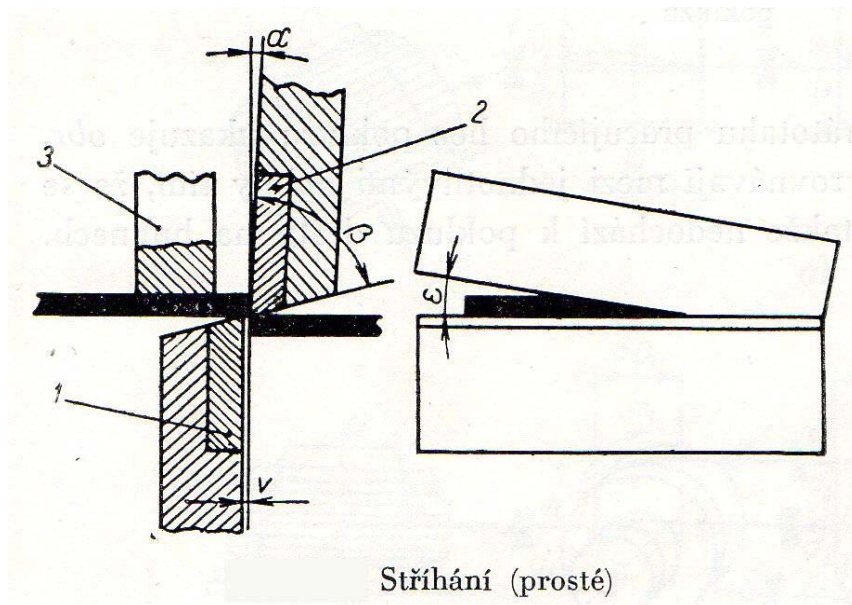
kde a_1, b_1, c_1 – jsou vzdálenosti sil F_1', F_2', F_3' od osy x

Y – vzdálenost výslednice od osy x

2.4 Druhy stříhání

2.4.1 Stříhání prosté

Stříhá se rovnými nebo profilovými noži. Schéma stříhání rovnými noži je na obr. 2.6. Spodní nůž 1 je pevný, vrchní nůž 2 je pohyblivý. Ostří vrchního nože je buď rovnoběžné se spodním ostřím, nebo s ním svírá úhela, který je poměrně malý, nejvýše 15° . Pro stříhání plechu jsou rovnoběžná ostří výhodnější, protože se plech při stříhání deformuje. Ke zmírnění tření mezi noži a materiálem upravují se nože s nepatrnou vůlí v a vrchní nůž se proti spodnímu odkloní o úhela, který bývá nejvýše 3° . Aby se plech nepostavil šikmo, je před spodním nožem upraven přidržovač 3. Při stříhání je materiál namáhán nejen na smyk, ale také na ohyb, protože střížné síly nepůsobí přesně v jedné rovině. Úhel ostří β je 75 až 85° .



Obr. 2.6 – Stříhání (prosté) [1]

Dále se prosté stříhání provádí na tabulových nůžkách, tj. nůžkách se skloněnými noži nebo na kotoučových nůžkách, tj. nůžkách s kruhovými noži (viz. kapitola 2.6).

Výpočet střižné síly (obr. 2.7):

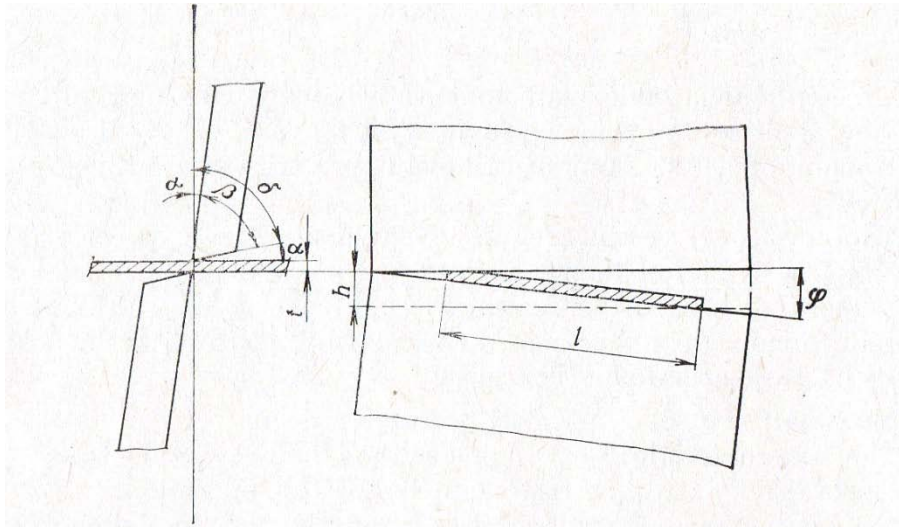


Schéma tabulových nůžek se skloněnými noži

α — úhel hřbetu nožů od 1,5 do 3°,
 β — úhel břitu nožů od 62 do 83°,
 γ — úhel čela,
 δ — úhel řezu, volí se v závislosti na tvrdosti materiálu od 65 do 85°,
 φ — úhel sklonu nožů

obr. 2.7 – Schéma tabulových nůžek se skloněnými noži [5]

-pro tabulové nůžky

$$F_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{t^2 k_s}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (10)$$

- pro kruhové nůžky

$$F_s = 0,35 \cdot \frac{t^2 k_s}{\operatorname{tg} \psi} \quad (11)$$

t — tloušťka materiálu (mm)

k_s — střižný odpor (MPa)

φ - úhel sklonu ostří (°)

ψ - úhel záběru kruhových nožů ($\psi = 14^\circ$)

Výpočet střížné práce:

$$A_s = \frac{F_s \cdot h}{1000} = \frac{F_s \cdot l \cdot \operatorname{tg} \varphi}{1000} \quad (12)$$

kde F_s – střížná síla (N)
 h – dráha nože materiálu (mm)
 l - délka stříhu (mm)
 φ - úhel sklonu nožů (°)

2.4.2 Vystříhování a děrování

Pro vystříhování, kdy výrobkem je vystřižená část, i děrování, kdy vystřižená část je odpadem, platí stejné podmínky. Celková síla se skládá ze tří sil: střížné, stírací a protlačovací.

Výpočet střížné síly:

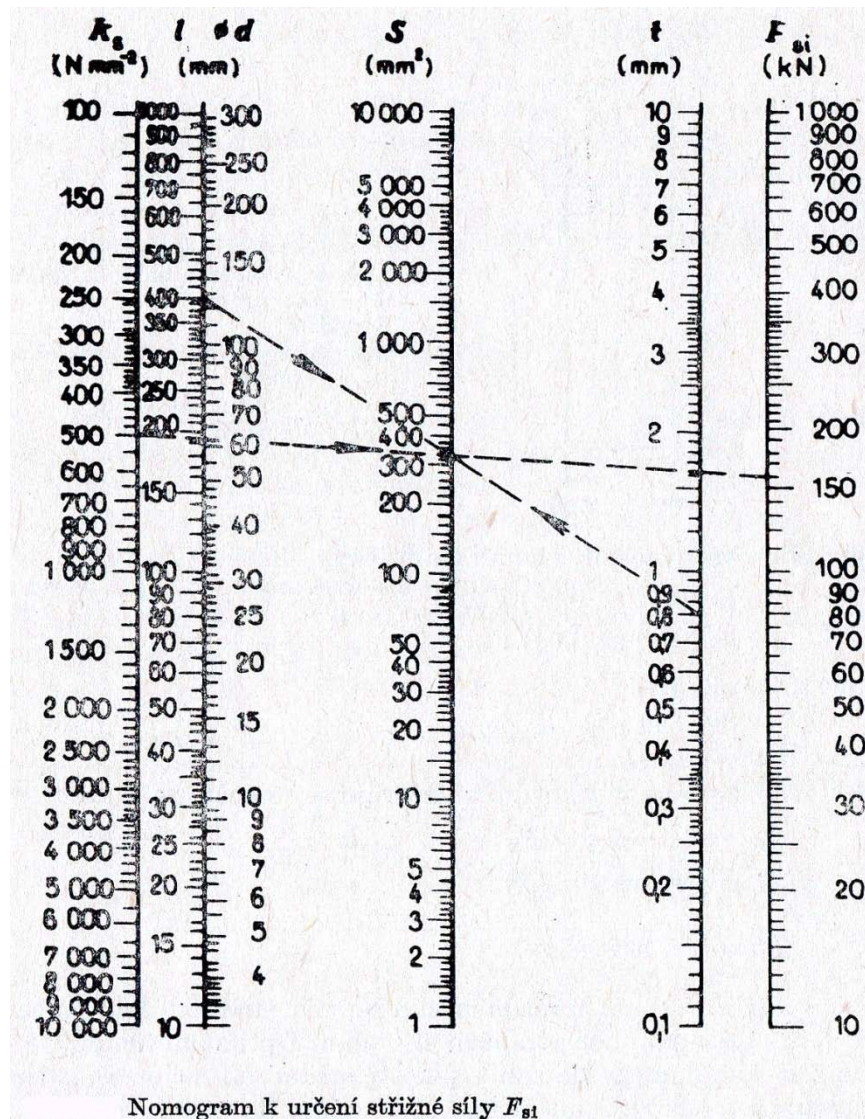
$$F_s = k_1 \cdot F_{si} = k_1 \cdot k_s \cdot S \doteq 1,1 \cdot \sigma_{pt} \cdot S \doteq 1,1 \cdot \sigma_{pt} \cdot t \cdot l \quad (13)$$

kde k_1 - průměrný součinitel otupení ostří a vlivu střížné mezery, tření výlisku a odpad. Bere se průměrně 1,33. F_{si} – ideální střížná síla (N)
 l – délka stříhu (mm)
 t – tloušťka materiálu (mm)
 k_s – střížný odpor (MPa)

Ideální střížnou sílu F_{si} lze vypočítat dle vzorce,

$$F_{si} = 0,85 \cdot \sigma_{pt} \cdot t \cdot l \quad (14)$$

nebo jí lze určit podle Nomogramu (obr. 2.8).



Obr. 2.8 – Nomogram k určení střižné síly F_s [5]

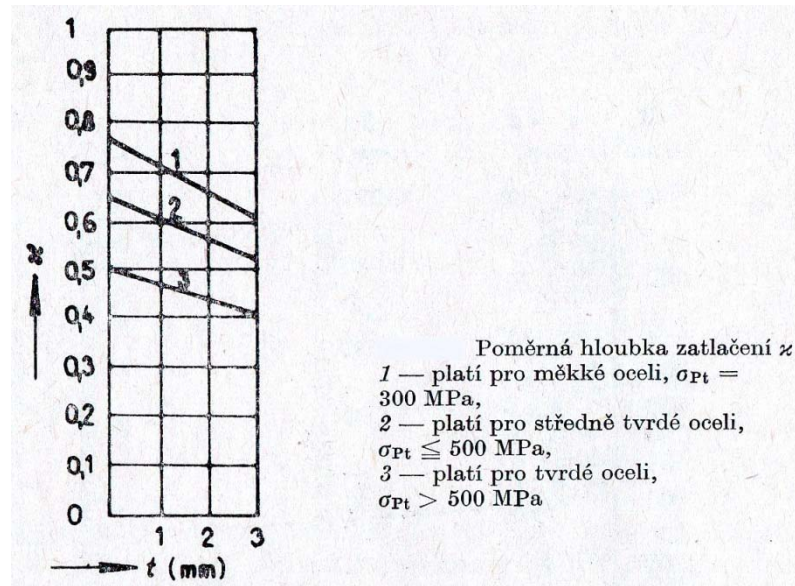
Výpočet střižné práce:

$$A_s = \frac{F_s \cdot \kappa \cdot t}{1000} \quad (15)$$

kde F_s – střižná síla (N)

κ - poměrná hloubka zatlačení břitu (lze zjistit dle obr. 2.9)

t – tloušťka materiálu (mm)



obr. 2.9 – Poměrná hloubka zatlačení [5]

Stírací a protlačovací síly se určí empiricky:

$$F_{St} = (0,02 \div 0,03) \cdot F_s \quad (16)$$

$$F_{Pr} = (0,03 \div 0,04) \cdot F_s \quad (17)$$

kde F_s – střižná síla (N)

F_{St} – stírací síla (N)

F_{Pr} – protlačovací síla (N)

Celková síla pro vystřihování a děrování se vypočte ze vztahu:

$$F_c = F_s + F_{St} + F_{Pr} \doteq 1,2 \cdot \sigma_{Pt} \cdot l \cdot t \quad (18)$$

2.4.3 Ostřihování a přistřihování

Pod těmito pojmy se rozumí oddělování přebytečného materiálu a dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých a kolmých ploch stříhu.

Ostřihování je oddělování přebytečného materiálu od výtazků. Cílem tedy není dosažení kvalitní střížné plochy, nýbrž celkového rozměru.

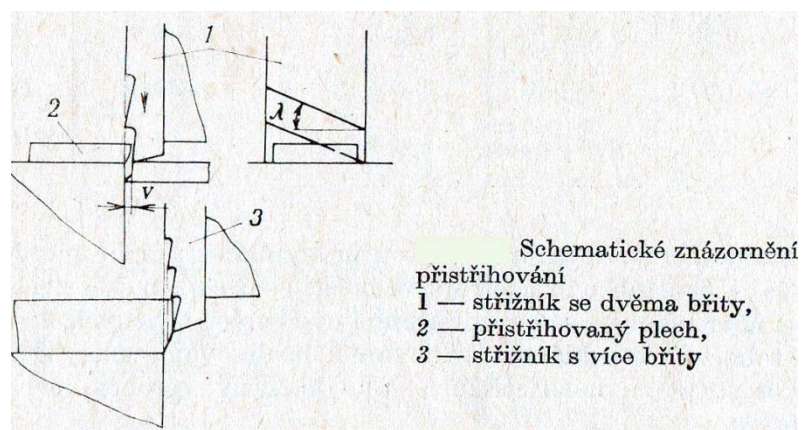
Přistřihování je dosažení přesných tvarů, rozměrů, nebo hladkých ploch. Je to technologie přesného stříhání ve dvou operacích.

Obě technologie se liší velikostí přídávku, který při ostřihování je 3 – 10 mm, při přistřihování 0,2 – 0,3 mm.

Tab. 4 – Přídávky na přistřihování v závislosti na tloušťce plechu [5]

Tloušťka plechu (mm)	Přídavek na přistřihování při		
	jedné operaci (mm)	dvou operacích	
		první tříška (mm)	druhá tříška (mm)
0,9 – 1,7	0,15 – 0,18	0,13 – 0,18	0,1
1,8 – 2,45	0,2 – 0,23	0,2 – 0,23	0,1 – 0,13
2,5 – 3,0	0,25 – 0,3	0,23 – 0,3	0,13 – 0,15

Začátek přistřihování má být v místě s největší tloušťkou materiálu. V opačném případě by mohlo dojít k utržení materiálu a zhrubnutí plochy stříhu. Je-li střížná plocha zvláště drsná, nebo má-li velký odklon od kolmého směru, používá se dvou nebo více přistřihů. Velikost jednotlivých přídávků uvádí tabulka 4.



Obr. 2.10 – Schematické znázornění přistřihování [5]

Je-li nutno dosáhnout zvlášť přesného geometrického tvaru či bezpodmínečně dodržet kolmost střížné plochy, volí se způsob přistříhování podle obr 2.10. Přesné přistříhování je též možné na vibračních lisech.

2.4.4 Přesné stříhání

Pod pojmem přesné stříhání se rozumí:

- stříhání se zaoblenou střížnou hranou,
- stříhání za působení bočního tlaku,
- stříhání s nátláčnou hranou.

Přesné stříhání se uplatní všude tam, kde střížná plocha je zároveň funkční plochou, na níž se kladou značné požadavky jak na přesnost tvarů a rozměrů, tak na hladkost a kolmost povrchu. Přesným stříháním lze dosáhnout drsnosti střížných ploch až $Ra_{0,1}$, což u děr odpovídá vystružení až protahování a u vnějších rozměrů jemnému broušení. U tenkých plechů do 3 mm se dosahuje u vnitřního rozměru stupně přesnosti IT6, u vnějších až IT7 podle ISA.

Stříhání se zaoblenou střížnou hranou

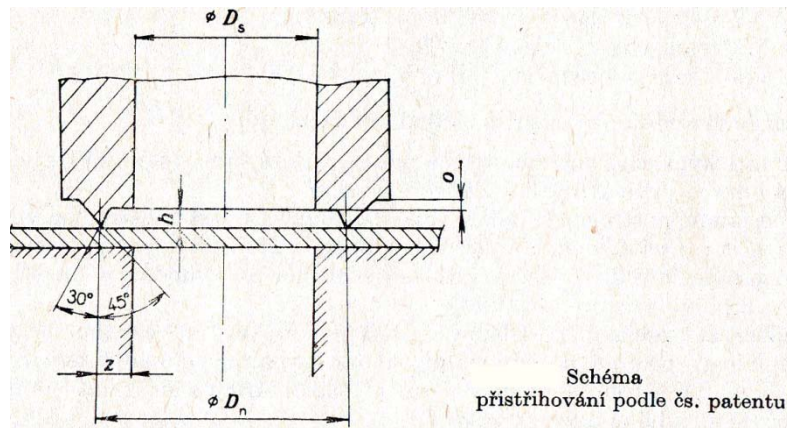
Princip metody je v zabránění vzniku střížné trhliny ve stříhaném materiálu zaoblením na hraně střížnice. Vliv zaoblení na jakost střížné plochy je tím větší, čím menší je mezera. Doporučuje se hranu střížnice zaoblit poloměrem $r = 0,2 t$, kde t je tloušťka plechu (mm), a střížnou mezeru dělat co nejmenší (0,01 až 0,02 mm). Uvedený způsob přesného stříhání je vhodný pro měkkou ocel. Stejných výsledků jako při stříhání se zaoblenou střížnou hranou lze dosáhnout i použitím střížnice s fasetkou.

Stříhání za působení bočního tlaku

Při použití této metody je nutno ovlivnit napjatost ve střížné oblasti tak, aby nedošlo k vytvoření střížné trhliny.

Stříhání s nátláčnou hranou

Příznivý vliv na napjatost ve střížné oblasti má u této metody netlačná hrana, která zabrání vzniku střížných trhlín (obr. 2.11 a tab. 5)



Obr. 2.11 – Přistřihování [5]

Tab. 5 – Základní parametry nátláčných hran v závislosti na tloušťce plechu [5]

Tloušťka plechu (mm)	Nátlačná hrana v tlačné desce		
	h (mm)	z (mm)	o (mm)
1	0,2	0,67	0,05
2	0,4	1,3	0,06
3	0,6	1,9	0,07

Přesné stříhání s nátláčnou hranou lze uskutečnit jen na speciálních k tomu účelu vyvinutých lisech. Jakost střížné plochy je zabezpečena snížením tahového napětí na ostří střížníku působením radiální tlakové síly. U složitých výstřížků sleduje netlačná hrana zhruba tvar obrysu. Celková síla pro přesné stříhání s nátlakovou hranou se skládá ze tří složek

$$F_c = F_s + F_n + F_v \quad (19)$$

$$F_s = 1,1 \cdot \sigma_{pt} \cdot l \cdot t$$

$$F_n = 4 \cdot \sigma_{pt} \cdot l_n \cdot h_H \quad (20)$$

$$F_v = S_v \cdot p_v \quad (21)$$

kde F_c – celková síla (N)

F_s – střížná síla (N)

F_n – síla pro stlačení nátláčné hrany (N)

F_v – síla potřebná pro vyhození výstřížku (N)

l_n – délka nátláčné hrany (mm)

h_H – výška tlačné hrany (viz. tab. 5)

S_v – plocha výstřižku (mm^2)

p_v - tlak vyhazovače (MPa) $p \doteq 20 - 70$ MPa

Dobrych výsledků při přesném stříhání se dosahuje:

a) praktickým odstraněním střížné mezery, která bývá max. 0,01 mm. Taková úprava vyvolává velký růst střížné síly.

b) speciálním nástrojem s kuličkovým vedením, se zvláště konstruovaným přidržovačem a nátláčnou hranou, která podle rostoucí tvářitelnosti materiálu se zatlačuje do 1/5 až 1/3 tloušťky plechu. Nevýhodou je značná pracnost a tedy i vyšší cena nástroje.

c) použitím speciálních trojčinných lisů s kuličkovým vedením. Lisy musí splňovat podmínku maximální tuhosti stojanu, co nejpřesnějšího vedení beranu a plynulý a pomalý posuv v oblasti stříhu s možností jemné regulace počtu a výšky zdvihu.

2.4.5 Nastřihování, prostřihování, protrhávání a vysekávání

Nastřihování je částečné dělení materiálu v okraji bez plného jeho oddělení.

Prostřihování je částečné stříhání materiálu libovolného tvaru uvnitř součásti.

U obou těchto metod lze aplikovat způsob výpočtu střížné síly a střížné práce podle vzorců platných pro vystřihování a děrování.

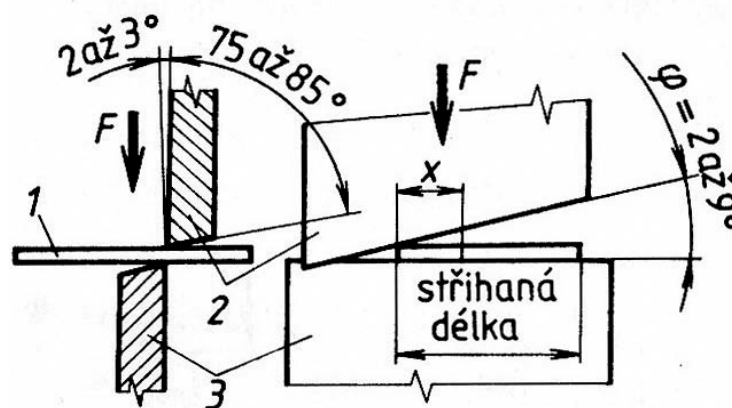
Protrhávání materiálu se chápe jako vytváření otvoru se sílením pro vyřezávání závitů do plechu. Informativní výpočet lze provést obdobně jako při výpočtu síly potřebné na vtlačení – dle vzorce (21).

2.5 Nástroje pro stříhání

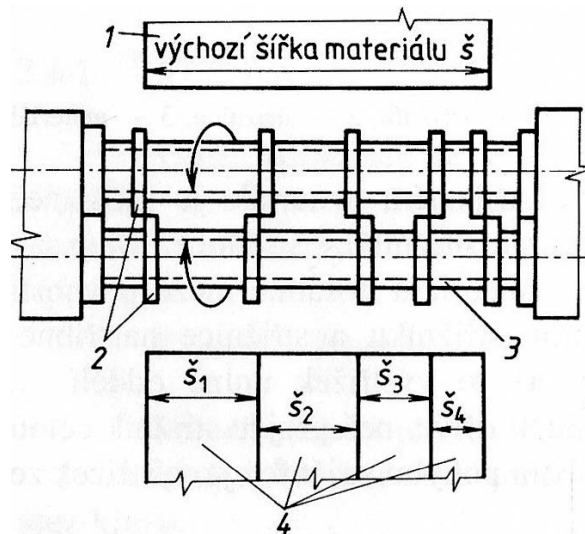
Nástroje se vyrábějí v různém provedení a velikostech, podle druhu výrobků a použité technologie.

2.6 Nůžky

Tabulové nůžky (obr. 2.12) se používají na stříhání plechů rovnými stříhy. Pásky různých šířek se zhotovují **nůžkami na pásy**. Na přesnosti rozměrů stříhaných pasů závisí často bezporuchovost lisovacích nástrojů a hospodárné využití materiálů. Stříhají se pásy menších šířek. Schéma těchto nůžek je na obr. 2.13. Spodní nůžkový hřídel 1 je poháněn přes lamelovou spojku, brzdu a ozubené předlohy. Vrchní nožový hřídel 2 dostává pohon od spodního hřídele ozubeným převodem. Na nožových hřídelích jsou upevněny diskové nože 3 a 4. Diskové nože jsou drženy v určité vzdálenosti distančními vložkami. Hrany nožů přecházejí o míru Δ . Použitím většího počtu diskových nožů lze stříhat široký pás na požadovaný počet pruhů. Oba okrajové pruhy, které jsou obvykle odpadem, se přímo po vyjetí ze stroje stříhají pomocnými nůžkami na drobný šrot.

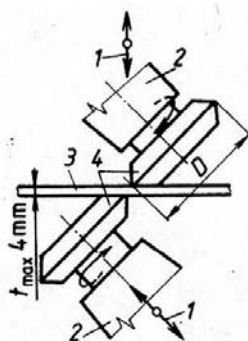


Obr. 2.12 – Tabulové nůžky; 1 – materiál, 2 - horní nůž, 3 - spodní nůž (břit) [1]



Obr. 2.13 – Nůžky na pásy; 1 – výchozí materiál, 2 – stříhací kotouče, 3 – distanční pouzdra, 4 – rozstříhané plechy [1]

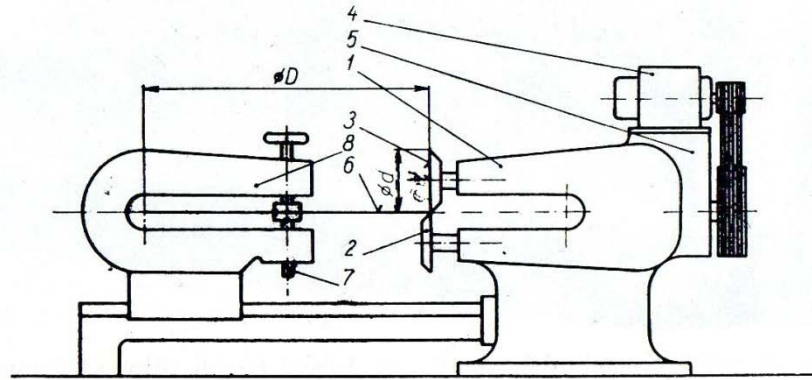
Křivkové nůžky (Obr. 2.14.) jsou určeny k vystřihování různých tvarů z plechu i ostřihování obvodu velkých výtažků, např. v automobilovém průmyslu – ostřihování blatníků, dveří, střeš apod. **Okružní nůžky** jsou schematicky znázorněny na obr. 2.15. Slouží ke stříhání kruhových tvarů plechu 6. Odstraníme-li jeho 8, můžeme z plechu vystřihovat libovolné tvary. aby okružní nože zabíraly, musí být průměr kotouče d nejméně padesátkrát větší než je tloušťka stříhaného plechu.



Křivkové nůžky NOT 1000/4

- 1 – výškové nastavení, 2 – svařitelné hlavy,
3 – stříhaný plech, 4 – kruhové nože

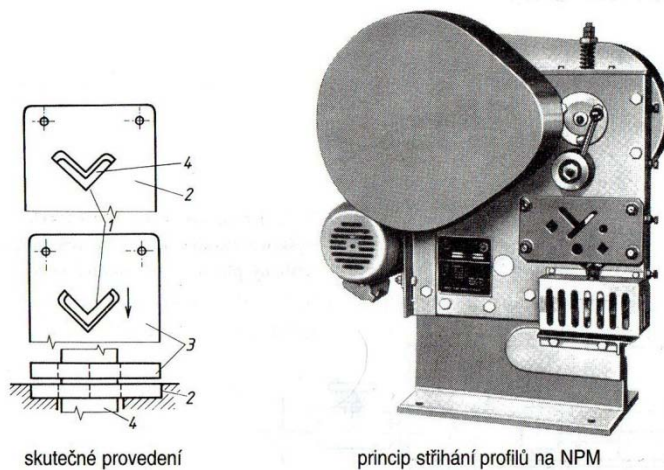
Obr. 2.14 – Křivkové nůžky NOT 1000/4 [1]



Okružní strojní nůžky
 1 - stojan, 2, 3 - okružní nože, 4 - elektromotor, 5 - převodovka, 6 - stříhaný plech,
 7 - osa na upnutí plechu, 8 - jho

Obr. 2.15 – Okružní strojní nůžky [2]

Kmitací nůžky slouží k ostříhování výlisků i k vystřihování drážek a tvarových děr v plechu. Rychlé a hospodárné dělení (stříhání) pásového a profilového materiálu, stříhání a nastřihávání plechů umožňují **univerzální nůžky NPM 10** (obr. 2.16). Maximální tloušťka stříhaného materiálu je 10 mm při $R_m = 450$ MPa.



Univerzální nůžky
 a) skutečné provedení, b) princip stříhání profilů
 1 – střížná hrana, 2 – pevný nůž, 3 – pohyblivý nůž, 4 – stříhaný materiál (pás, plech, profil)

Obr. 2.16 – Univerzální nůžky [1]

2.7 Stříhadla

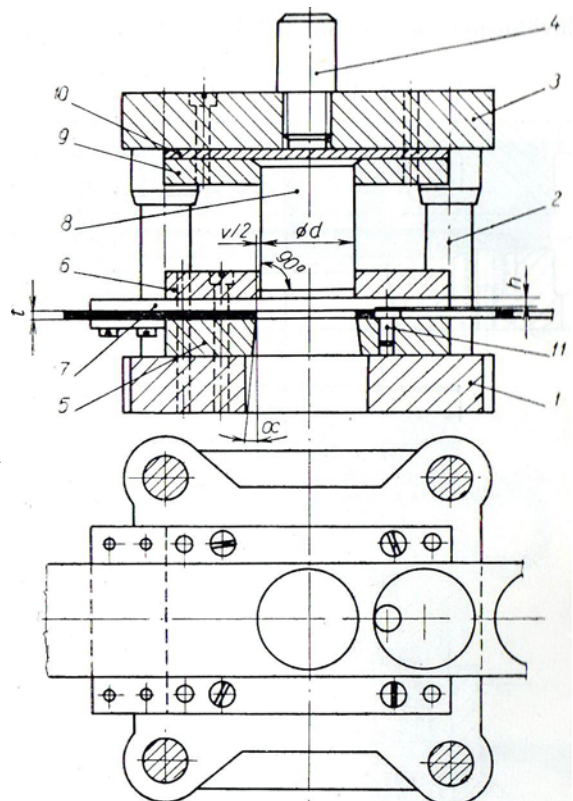
Hlavní částí stříhadla je *střížník* a *střížnice*. Materiál se vládá mezi střížník a střížnici a je nejčastěji veden vodícími lištami. Jeho posuv (krok) mezi jednotlivými zdvihy střížníku je omezen dorazem. Stříhadla jsou doplněna různými zařízeními a nářadím, zajišťující správný chod nástroje, jako např. ústrojí (části) upevňovací, posuvové, vyhadzovací aj.

Názvosloví stříhadel je normalizováno.

2.7.1 Jednoduché stříhadlo (obr. 2.17, 2.18 a)

Je určeno pro vystříhování jednoduchých tvarů (výstřížků) z pásu plechu. Střížnice s vodící deskou a střížník tvoří řeznou skříň. Aby bylo dosaženo dokonalého vedení střížníku proti střížnici, upevňuje se řezná skříň do vodícího stojánu.

Normální uspořádání stříhadla je na obr. 2.8. Vodící stojánek se skládá ze základové desky 1, vodících sloupků 2, upínací desky 3 a stopky 4 k upevnění ve smýkadle (beranu) lisu. Řezná skříň se skládá ze střížnice 5, vodící desky 6, lišt 7, střížníku 8, kotevní desky 9 a opěrné desky 10. Ve střížnici je vhodně umístěn doraz 11. Při ruční obsluze se používá pevného dorazu, při práci na automatu většinou dorazu s pomocným stříhem. U pevného dorazu musí být výška h větší, než tloušťka plechu t . Mezeru mezi břity označíme poloviční vůlí $v/2$. Tato vůle se udává v procentech tloušťky t vystříhovaného plechu. Například vůle v pro tloušťku ocelového plechu 0,5 mm má být 7% z tloušťky, tj. 0,035 mm.

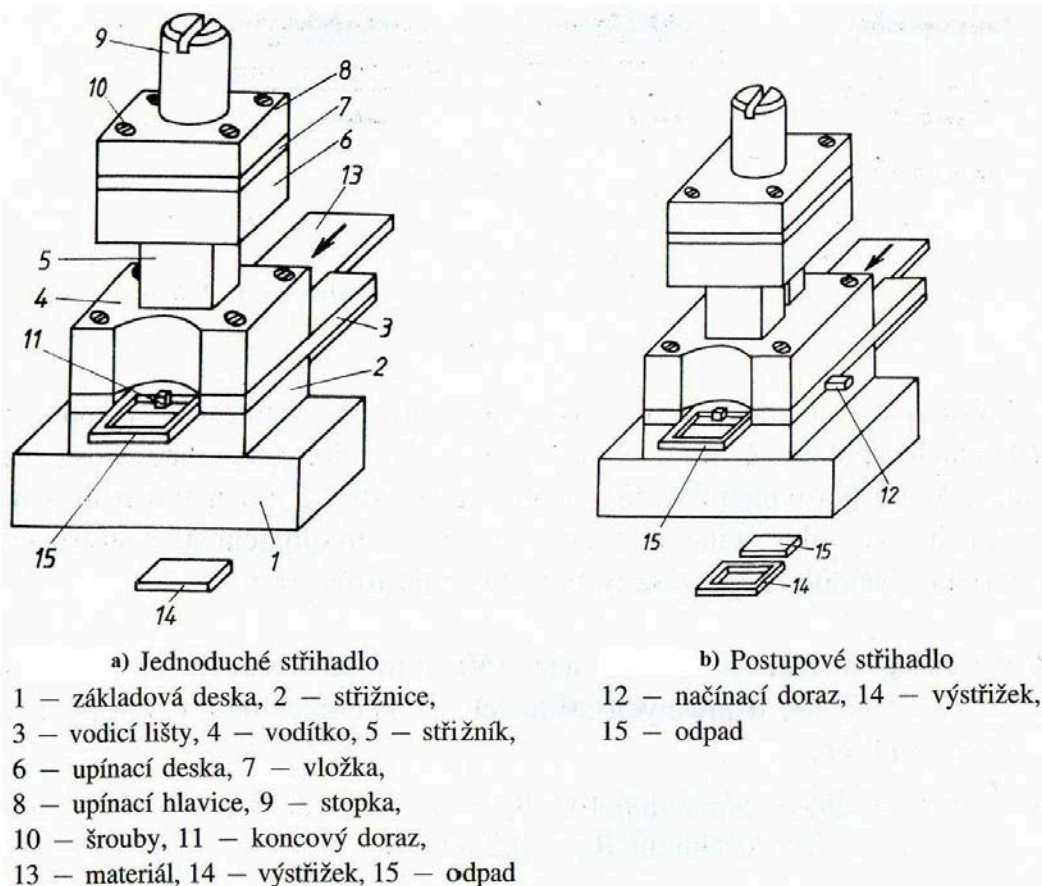


Normální uspořádání stříhadla

Obr. 2.17 – Normální uspořádání stříhadla

[2]

Sklon stěny střížnice má být co nejmenší, aby se rozměry vystřihovaného plechu měnily po přebroušení horní plochy jen nepatrně (úhel α bývá $\frac{1}{2}$ až $1\frac{1}{2}^\circ$). Střížnice zvláště jde-li o větší nebo složitější nástroj, vyrábějí se často skládané.



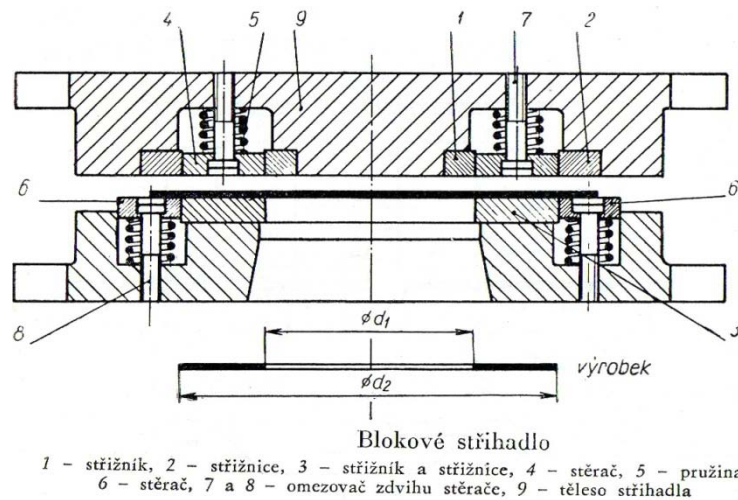
Obr. 2.18 – Princip jednoduchého a postupového stříhadla [1]

2.7.2 Postupové stříhadlo (obr. 2.18b)

Zhotovuje výstřížek postupně. v prvním kroku je to děrování, v dalším vystřížení tvaru (obvodu) výstřížku. Při vložení nového pásu do nástroje se použije k vymezení jeho polohy pro děrování a vystřihování tzv. *načínací doraz*. V dalším průběhu práce je poloha pásu zajištěna pevným *koncovým dorazem*.

2.7.3 Sloučené stříhadlo

Slouží k vystříhování a zároveň děrování. Nástroje jsou uspořádané tak, že střížník jednoho nástroje je rovněž střížnicí druhého nástroje. Uspořádání jednoduchého sloučeného (blokového) stříhadla je na *obr. 2.19*. Tohoto stříhadla se používá pro vystříhování rozměrných dynamových plechů pro průměry až 800 mm.



Obr. 2.19 – Blokové stříhadlo [2]

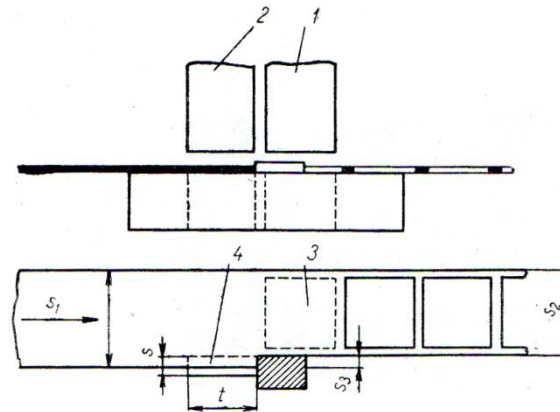
2.7.4 Stojanové (plunžrové) stříhadlo

Pracuje podobně jako stříhadlo sloučené a používá se pro vystříhování drobných částí pro elektronky apod. Pružiny jsou vedeny mimo vlastní nástroj, takže konstrukce je poměrně vysoká. Vedení obstarávají plunžry.

2.7.5 Doraz s pomocným stříhem

Pro práci na automatech se používá při postupovém vystříhování dorazu s pomocným stříhem podle *obr. 2.20*. Mimo hlavní střížník 1 se upravuje ještě jeden přídavný střížník 2 šířky s a délky t .

Při pracovním zdvihu lisu se vystřihne požadovaný výrobek 3 (čárkovaný) a zároveň okraj pásu šířky s_3 a délky t . Tento kus odpadne, a proto je možno pás posunout dopředu. Pevná zarážka je v půdorysu šrafovaná. Šířka s_3 bývá nejvýše 2 mm a představuje ztrátu materiálu, která je však vyvážena rychlostí práce.



Doraz pomocným stříhem

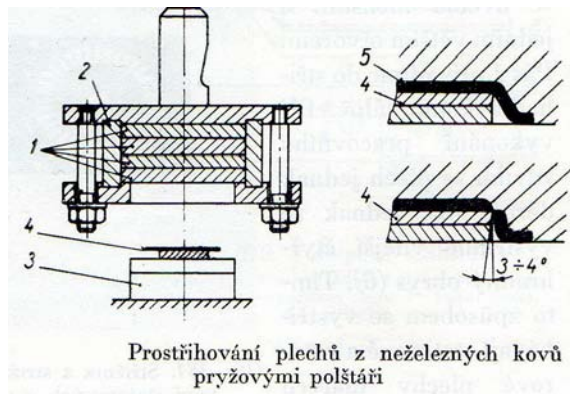
Obr. 2.20 – Doraz pomocným stříhem [2]

2.7.6 Vysekávání nekovových materiálů

Vysekávání různých tvarů z kůže, pryže, papíru apod. se dělá ručně nebo strojně tzv. **výsečníky**. Při vysekávání se vkládá nekovový materiál na podložku z tvrdého dřeva, aby se neotupilo ostří nástroje.

2.7.7 Vystřihování plechu pryžovými polštáři

Střížnici nahrazuje pryžový polštář, střížník je vytvořen z kaleného ocelového plechu s ostrou hranou. Schéma je na *obr. 2.21*. Pryž 1 je uzavřena v pouzdře 2. Na podložce 3 je položen střížník 4. Na tento střížník položíme plech hliníkový nebo zinkový do tloušťky 1,2 mm. Obrys vkládaného plechu musí být o něco větší, než je obrys střížníku, aby pryžový polštář zmáčkl nejdříve okraj až na podložku pod střížníkem. Teprve po tomto zmáčknutí nastane prostřížení plechu.

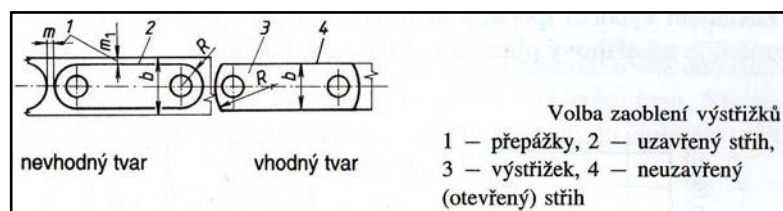


Obr. 2.21 – Prostřihování plechu z neželezných kovů pryžovými polštáři [2]

2.8 Hlavní technologické zásady

Složitost lisovacích nástrojů pro stříhání, jejich cena, výkonnost (ks/h) jsou ovlivněny rozsahem výroby a tvarem vyráběné součásti, přičemž má technologičnost konstrukce výlisku prvořadý význam. Výstřížek má mít takový tvar, aby při co nejnižších výrobních nákladech spolehlivě plnil svoji funkci. O míře technologičnosti se přesvědčíme porovnáním konstrukčních alternativ. Z poznatků o stříhání materiálu lze také stanovit určité zásady technologičnosti konstrukce výstřížku. Nejdůležitější zásady pro běžné nástroje jsou:

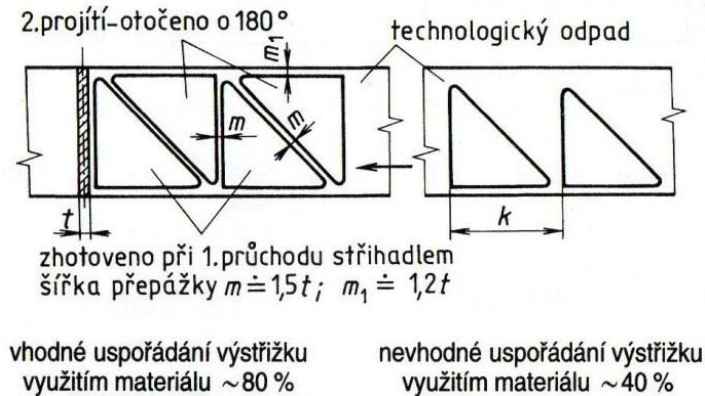
- výstřížky menších rozměrů než 150 mm se vyrábějí v toleranci $IT\ 12$ až $IT\ 14$, u přesných stříhadel s vodícími sloupky v toleranci $IT\ 9$ až $IT\ 11$;
- *drsnost střížných ploch* má být $R_a = 3,2 \div 6,3$. přesným stříháním a děrováním lze dosáhnout $R_a = 0,2 \div 0,8$;
- *plynulé přechody* oblouků do přímkové části výstřížků většinou zdražují nástroj a vyžadují uzavřený stříh s bočními a podélnými přepážkami (obr. 2.22), spotřeba materiálu je velká;
- *hospodárné využití materiálu* má být co největší (min 70%)



Obr. 2.22 – Volba zaoblení výstřížku [1]

2.9 Hospodárné využití materiálu

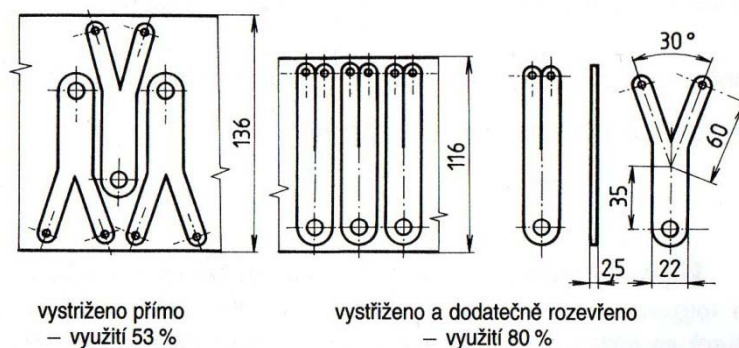
Tvar výstřížku a jeho uspořádání na pásu (obr. 2.23) ovlivňuje hospodárné vlastnosti využití stříhaného materiálu.



Obr. 2.23 – Uspořádání výstřížků na pásu [1]

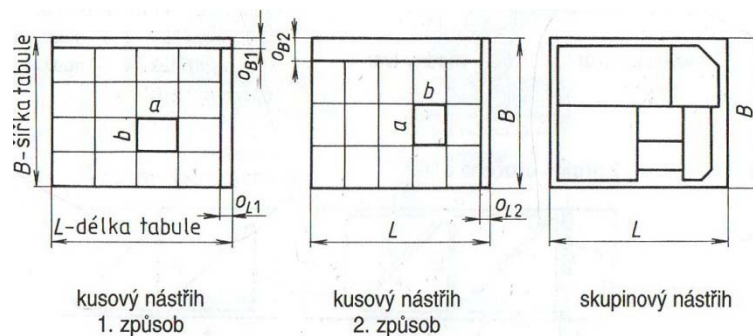
Při stříhání vzniká tzv. *technologický odpad* (závisí na tvaru a uspořádání výstřížku na pásu) a *konstrukční odpad* (závisí na vnějším a vnitřním tvaru součásti). Někdy je nutné pro zvýšení hospodárnosti změnit tvar součásti (po dohodě s konstruktérem) nebo udělat konečný tvar až po stříhání (obr. 2.24). Hospodárné využití materiálu (pásu) polotovaru se zjišťuje výpočtem součinitele k_m , který má být větší než 0,7 (70%)

$$k_m = \frac{\text{celková plocha výstřížku zhotovených z pásu}}{\text{plocha pásu}} \quad (22)$$



Obr. 2.24 - Uspořádání výstřížků na pásu a úprava konečného tvaru po stříhání [1]

Základem výpočtu spotřeby materiálu pro polotovary běžných rozměrů je *nástřihový plán* a to buď *kusový*, nebo *skupinový*.



Obr. 2.25 – Nástřihový plán [1]

2.9.1 Kusový plán

Postupuje se tak, že se určí nejvýhodnější způsob (alternativa) stříhání.

1. způsob:

$$\text{počet svislých pásů} \quad i_1 = \frac{L_t}{a_v}; \text{ odpad } O_{L1} \quad (23)$$

$$\text{počet kusů z každého pásu} \quad n_1 = \frac{B_t}{b_v}; \text{ odpad } O_{B1} \quad (24)$$

2. způsob:

$$\text{počet svislých pásů} \quad i_2 = \frac{L_t}{b_v}; \text{ odpad } O_{L2} \quad (25)$$

$$\text{počet kusů z každého pásu} \quad n_2 = \frac{B_t}{a_v}; \text{ odpad } O_{B2} \quad (26)$$

2.9.2 Skupinový plán

Z jedné tabule plechu běžných rozměrů se stříhají polotovary různých součástí jednoho výrobku. Při stříhání jednoduchých tvarů na nůžkách je nutné předem rozvrhnout polohu výstřižků na tabuli plechu tak, aby odpad byl co nejmenší.

2.10 Materiál na nástroje

Na materiálu funkčních částí nástroje a na postupu tepelného zpracování je závislá hospodárnost a především ekonomická otázka výhodnosti přesného vystřihování. Dosavadní používané nástrojové materiály jsou na hranicích možností, a proto byla při novaci nástrojovým materiálům věnována zvýšená pozornost. Byly vyvinuty nástrojové oceli pro výrobu střížných nástrojů (tab. 6), u nichž se vyžaduje maximální odolnost proti opotřebení. Výběr materiálu pro funkční části nástrojů pro přesné vystřihování je závislý na řadě činitelů, z nichž nejdůležitější jsou:

- typ nástroje a způsob namáhání
- zpracovaný materiál
- produkce

Tab. 6 – Nástrojové oceli pro výrobu střížných nástrojů [6]

Ocel	Chemické složení						Vhodnost použití
	C	Si	Cr	W	V	Mo	
19 735	0,6	0,6	1,1	2,0	0,2	—	pro výkonné střížné nástroje, kruhové nože, ostřihování a děrování materiálu větších tloušťek a vyšších pevností
19 550	0,5	—	3,2	—	0,2	1,4	pro výkonné střížné nástroje, kruhové nože, ostřihování a děrování materiálu větších tloušťek a vyšších pevností
19 559	0,5	0,9	8,5	1,1	0,2	1,1	pro výkonné střížné nástroje pro tváření za studena se zvýšenými požadavky na houževnatost
19 574	2,0	—	12	1,0	0,4	0,5	pro střížné a děrovací nástroje s maximální životností, pro stříhání materiálu o vysoké pevnosti a malé tloušťce
19 575	1,6	12	12	—	0,2	0,8	pro vysoce namáhané střížné a děrovací nástroje pro stříhání materiálu o vysoké pevnosti, do tloušťky 10 mm

V tabulce č. 7 jsou podle praktických zkušeností zařazeny doporučené materiály pro jednotlivé funkční části.

Tab. 7 – Materiály pro jednotlivé funkční části střížného nástroje [6]

Funkční část nástroje		Materiál	Tepelné zpracování
střížnice		19 436 19 437	kaleno a popuštěno na: 61 až 63 HRC pro $s = 0,4$ až 3 mm 58 až 61 HRC pro $s = 3$ až 7 mm
		slinutý karbid G 3	pro sérii nad 700 000 kusů
střížník kruhový	dříková část	19 437	59 až 61 HRC pro $s = 0,4$ až 3 mm 58 až 60 HRC pro $s = 3$ až 7 mm
		slinutý karbid G 3, G 4	pro sérii nad 700 000 kusů
	hlava	19 437	56 až 58 HRC
střížník tvarový	dříková část	Mo 5 PK kovaná	dokonalý pozvolný předehřev — kalicí teplota 1 160 až 1 180 °C, velikost zrna 14 až 16 — popouštění na 550 až 570 °C—5x — kaleno a popuštěno na 59 až 61 HRC ¹⁾
		slinutý karbid G 3, G 4	pro sérii nad 700 000 kusů
	hlava	Mo 5 PK	56 až 58 HRC
přidržovač		19 437	55 až 57 HRC
vyhazovač		19 436	58 až 60 HRC
tlačný kolík		19 421 19 422	59 až 61 HRC
opěrná deska		19 436	58 až 60 HRC
zděř		19 452 — výkovek	kaleno a 2krát popuštěno na 55 až 57 HRC

2.10.1 Další možné materiály používané na nástroje

Se zřetelem na koncepci nástroje, funkci jednotlivých dílu a požadavků na dobu životnosti se na součásti řezných skříní a hlavic lze použít i těchto druhů materiálů:

Desky (tj. *základové desky, střížnice, vodítka, upínací desky a upínací hlavice*) se vyrábějí z konstrukční oceli uhlíkové 11 500.0, z nástrojových ocelí uhlíkových 19 191.3 a 19 192.3 nebo z nástrojových ocelí slitinových 19 312.3 a 19 436.4.

Oceli 11 500.0 se používá pro základové desky, vodítka, upínací desky a upínací hlavice. Je-li činná část střížnice z kalené nástrojové oceli vsazena jako celistvá nebo dělená vložka, může být i těleso průstřížnice z materiálu 11 500.0. touto konstrukcí se dosáhne úspor materiálu a zjednoduší se výroba se zřetelem na tepelné zpracování a eventuelní dolícování, které po něm následuje.

Desky z materiálu 11 500.0 je třeba žiháním nebo jiným druhem stárnutí zbavit vnitřního pnutí.

Pro výrobu *střížnice* z jednoho kusu materiálu (střížnice celistvé) se používá výhradně nástrojových ocelí 19 191.3, 19 193.3, 19 312.4, 19 436.3. kalí a popouští se na 61 ± 1 HRC. Pro střížné vložky se užívá stejných materiálů a slinutých karbidů G3 a G4.

Vložky se vyrábějí z nástrojové oceli 19 083.3 a tepelně se zpracovávají kalením a popouštěním na tvrdost 58 ± 2 HRC. **Vodící lišty** jsou z konstrukční oceli 11 600.0, tepelně nezpracované. **Podpěrné desky** se zhotovují z ocelového plechu 11 340.0 výchozí tloušťky 2mm.

Stopky jsou z konstrukční oceli jakosti 11 600.0 a bez tepelného zpracování, ČSN 22 626.

Kolíky se vyrábějí z nástrojové oceli 19 421.3 a tepelně se zpracovávají kalením a popouštěním na tvrdost 60 ± 2 HRC.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3. KONSTRUKCE STŘIŽNÉHO NÁSTROJE

3.1 Návrh materiálu výrobku

Jako materiál volím ocel **17 240**, jejichž mez pevnost $\sigma_{Pt} = 490 \div 686 \text{ MPa}$. Jedná se o nerezovou ocelí válcovanou za studena s povrchovou úpravou polomat, což znamená, že není nutné dále povrchově upravovat. Tudiž nevzniknout na úpravy žádné další náklady.

Dále bude spona namáhána na ohyb, a z důvodu použití k reklamním účelům nesmí docházet k trvalým deformacím v ohybu. Tuto podmínku splňuje i pružinová ocel třídy 14. Volím však ocel 17 240 vzhledem ceně (60 Kč/Kg) a nenutnosti dále upravovat povrch.

Pro výpočty, z hlediska bezpečnosti volím horní mez pevnosti $\sigma_{Pt} = 686 \text{ MPa}$, dále tloušťku materiálu $t = 0,5 \text{ mm}$.

3.2 Návrhy rozměrů výrobku pro výrobu na ručním lisu

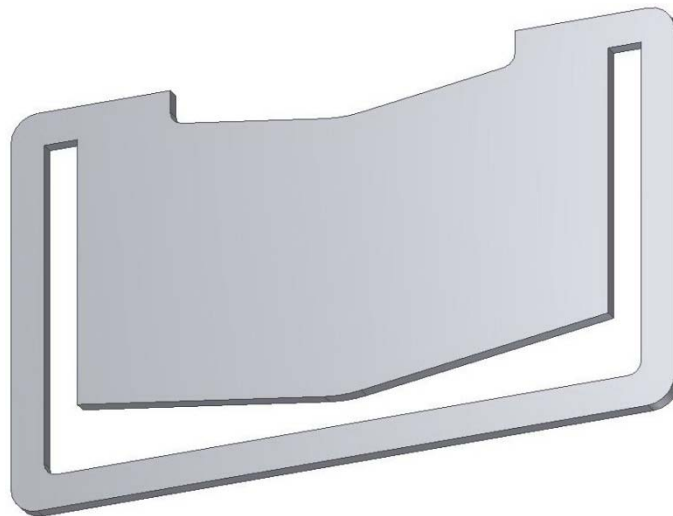
Vývoj a konstrukce bude prováděna na předem určený dílensky ruční lis PROMA APR-3. Tento lis je schopen vyvinout maximální sílu 3 tuny (30 000 kN), proto je nutno navrhnout několik (min. dvě) variant a pomocí výpočtu střížné síly zhodnotit zdali bude možné použití střížného nástroje pro zvolený materiál.

Podrobné parametry ručního lisu PROMA APR-3:

Tab. 7 – parametry lisu APR-3

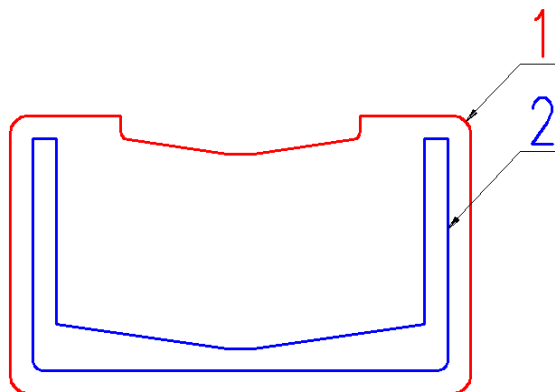
Lisovací síla	3 t (30 kN)
Max. výška dílce	320 mm
Rozměr tlačné tyče	38x38 mm
Délka tlačné tyče	460 mm
Délka páky	570 mm
Celková výška lisu	550 mm
Šířka drážky v zákl.	60 mm
Vyložení lisu	148 mm
Rozměr základny	455 x 200 mm
Hmotnost	58 kg

3.2.1 Návrh č. 1



Obr. 3.1 – 3D pohled (výr. výkres – T06053.1.1)

- Délky střížných hran:



Obr. 3.2 – Délky střížných hran

hrana č.1 - 161,189 mm

hrana č.2 - 179,516 mm

Vzhledem k co největší přesnosti délek hran, jsem použil k výpočtům program Inventor.

- Střižná síla:

$$F_{S1.1} = 1,1 \cdot \sigma_{Pt} \cdot t \cdot l = 1,1 \cdot 686 \cdot 0,5 \cdot 161,189 = 60816,61N \quad (3.1)$$

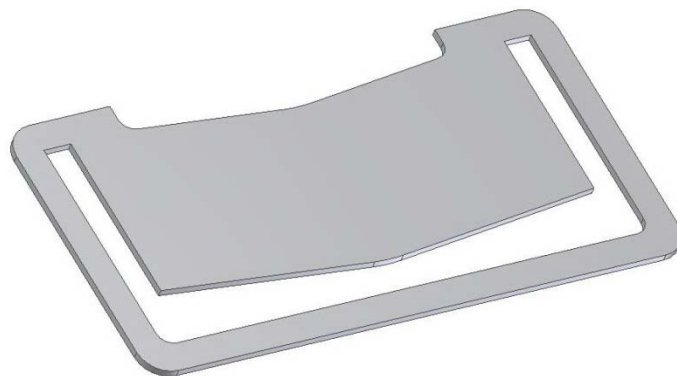
$$F_{S1.2} = 1,1 \cdot \sigma_{Pt} \cdot t \cdot l = 1,1 \cdot 686 \cdot 0,5 \cdot 179,516 = 67731,39N \quad (3.2)$$

$$F_{S1C} = F_{S1.1} + F_{S1.2} = 60816,61 + 67731,39 = 128548N \quad (3.3)$$

Střižná síla celková F_{S1C} je pro ruční lis příliš velká. Když budou použity dva střižné nástroje, stále je potřeba vyvinout nejméně $6,08 \cdot 10^3$ tun.

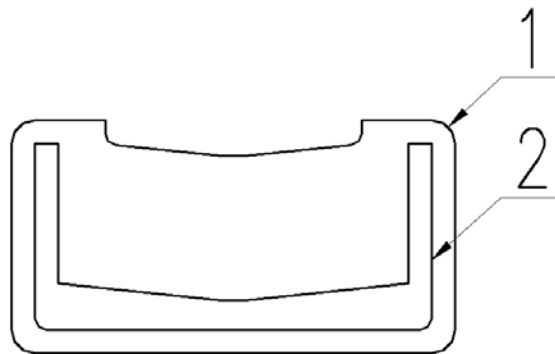
3.2.2 Návrh č. 2

Tato varianta je totožná s předchozí, liší se pouze v rozměrech. Je zmenšená z důvodů snížení délky střižných hran. Zmenšení proběhlo na nejmenší možnou velikost, a to proto, že spona bude dále použita pro vypálení nápisu pomocí laseru.



Obr. 3.3 – 3D pohled (výr. výkres – T06053.1.2)

- Délky střížných hran:



Obr. 3.4 – Délky střížných hran

hrana č.1 - 120,046 mm

hrana č.2 - 127,31 mm

Vzhledem k co největší přesnosti délek hran, jsem použil k výpočtům program Inventor.

- Střížná síla:

$$F_{S2.1} = 1,1 \cdot \sigma_{Pt} \cdot t \cdot l = 1,1 \cdot 686 \cdot 0,5 \cdot 120,046 = 45293,36N \quad (3.4)$$

$$F_{S2.2} = 1,1 \cdot \sigma_{Pt} \cdot t \cdot l = 1,1 \cdot 686 \cdot 0,5 \cdot 127,31 = 48034,06N \quad (3.5)$$

$$F_{S2C} = F_{S2.1} + F_{S2.2} = 45293,36 + 48034,06 = 93327,42N \quad (3.6)$$

Ani druhá varianta spony nelze ani za použití dostupného hydraulického lisu vystříhnout, v tomto případě je potřeba minimálně 4,53 tuny při stříhání prvního profilu.

3.2.3 Zhodnocení návrhu výrobku

V případě prvního návrhu je nutno vyvinout minimální střížnou sílu $F_S > 60816,61 \text{ N}$, v případě druhém je minimální potřebná střížná síla $F_S > 45293,36 \text{ N}$. Ruční dílenský lis Proma APR-3 s ráčnou 3t je schopen vyvinout pouze sílu 30000 N, proto nesplňuje ani v jednom z případů podmínky pro přestřížení plechu o tloušťce $t = 0,5 \text{ mm}$ z materiálu 17 240. Nelze použít ani materiály nižších tříd, materiál musí být totiž ohebný. Tuto podmínku splňuje i materiál třídy 14., bohužel mez pevnosti R_m je i tohoto materiálu příliš velká a tudíž by nedošlo k přestřížení.

Volím tedy variantu č. 1, střížný nástroj bude vypočítán a navržen pro **stříhání z polymerního materiálu**.

3.3 Výpočty pro konstrukci střížného nástroje

Pro stříhání volím z důvodu malé lisovací síly všech dostupných lisů, polymerní materiál – *Polystyren* (PS) ve formě fólie o tloušťce 1 mm. Mez pevnosti v tahu u PS je $\sigma_{pt} = 55 \text{ MPa}$ dle normy ISO 527.

3.3.1 Celková střížná síla

Délky střížných hran jsou uvedeny v bodě 3.2.1

$$F_{S1} = 1,1 \cdot \sigma_{pt} \cdot t \cdot l = 1,1 \cdot 55 \cdot 1 \cdot 161,189 = 9751,93 \text{ N} \quad (3.7)$$

$$F_{S2} = 1,1 \cdot \sigma_{pt} \cdot t \cdot l = 1,1 \cdot 55 \cdot 1 \cdot 179,516 = 10860,72 \text{ N} \quad (3.8)$$

$$F_{SC} = F_{S1} + F_{S2} = 20612,65 \text{ N} \quad (3.9)$$

Potřebná střížná síla je 20612,65 N, nepřesahuje 30 kN a proto je možné použít dílenský ruční lis APR-3 pro vystřihování z Polystyrenu.

3.3.2 Stírací síla

Při stříhání ulpí střížník vlivem pružnosti materiálu v pásu, z něhož je stříhán, k jeho vysunutí je potřeba vyvinout právě stírací sílu.

$$F_{St} = (0,02 \div 0,03) \cdot F_s = 0,025 \cdot 20612,65 \quad (3.10)$$

$$F_{St} = 515,32N$$

3.3.3 Protlačovací síla

Pokud je zapotřebí výstřížek dostat přes střížnici, je třeba vyvinout sílu, která se nazývá protlačovací.

$$F_{Pr} = (0,03 \div 0,04) \cdot F_s = 0,035 \cdot 20612,65 \quad (3.11)$$

$$F_{Pr} = 721,44N$$

3.3.4 Kontroly střížníku a střížnice

Výpočet orientační tloušťky střížnice:

$$h = \sqrt[3]{0,1 \cdot F_{stř}} = \sqrt[3]{0,1 \cdot 1,25 \cdot F_{SC}} = \sqrt[3]{0,1 \cdot 1,25 \cdot 20612,65} \quad (3.12)$$

$$h = 13,7mm$$

Zde počítám s maximální silou $F_{stř}$, která rovna střížné síle F_s zvětšená o 25 %. Dále na základě výpočtu volím tloušťku střížnice $h = 30 mm$.

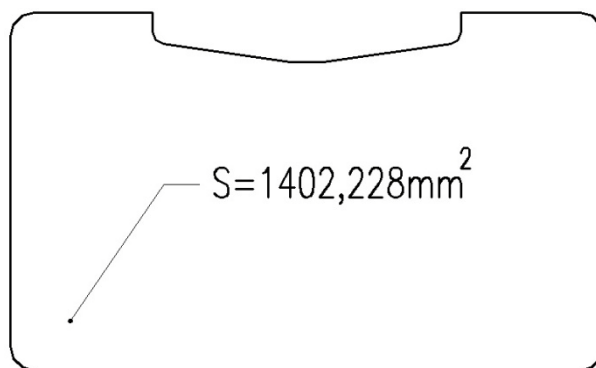
V případě konstrukce střížnice pro stříhání spon z Polystyrenu, je možno použít vložky z nástrojové oceli, která bude zasazena do kotevní desky pro střížnici a bude z levnějšího materiálu (např.: konstrukční ocel 11 500, 11 600).

Pevnostní kontrola střížníku:

Pro oba střížníky použijí materiál 19 312.4, což je nízkolegovaná Mn-V ocel ke kalení v oleji. Má dobrou houževnatost a odolnost proti opotřeбенí, je kalená na tvrdost cca 63 HRC. Mez kluzu se pohybuje mezi 2200 – 3000 MPa.

Obsahy jednotlivých profilů střížníků jsou počítány z důvodů přesnosti pomocí programu Autodesk Inventor.

1. střížník:



Obr. 3.5 – Obsah střížné hrany č. 1

$$\sigma_D = \frac{F_{stř}}{S} \leq \sigma_{Dov} \quad (3.13)$$

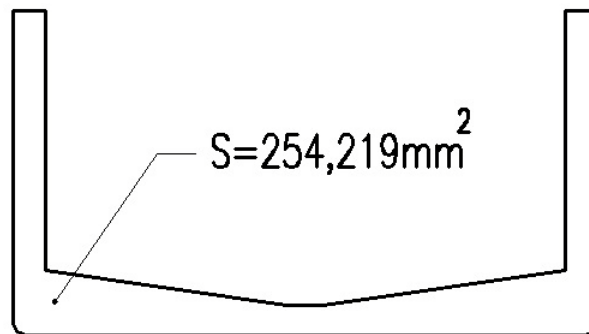
$$\sigma_D = \frac{1,25 \cdot F_{S1}}{S} = \frac{1,25 \cdot 9751,93}{1402,228} = 8,69 MPa$$

$$\sigma_D < \sigma_{Dov}$$

8,69 MPa < 3000 MPa \Rightarrow 1. střížník **VYHOVUJE!**

Střížník č. 1 vyhovuje v pevnostní kontrole, vypočítané napětí v tlaku (8,69 MPa) je mnohonásobně menší než max. dovolené napětí na mezi kluzu (3000 MPa).

2. střížník:



Obr. 3.6 – Obsah střížné hrany č. 2

$$\sigma_D = \frac{F_{stř}}{S} \leq \sigma_{Dov} \quad (3.14)$$

$$\sigma_D = \frac{1,25 \cdot F_{S1}}{S} = \frac{1,25 \cdot 10860,72}{254,219} = 53,02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D < \sigma_{Dov}$$

$53,02 \text{ MPa} < 3000 \text{ MPa} \Rightarrow$ 2. střížník **VYHOVUJE!**

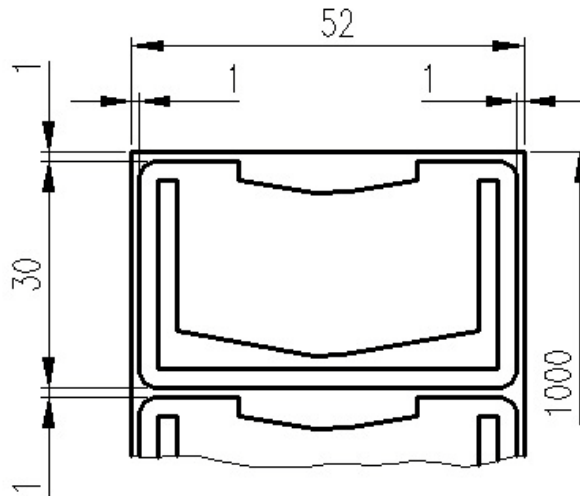
Střížník č. 2 také vyhovuje, napětí v tlaku je sice větší než u prvního střížníku (53,02 MPa), pořád je však mnohokrát menší než max. dovolené napětí na mezi kluzu (3000 MPa).

3.3.5 Nástřihové plány

Z důvodu co největšího využití materiálu navrhuji několik možností nástřihového plánu. Musí se ale přihlížet ke vhodnému rozložení střížníků a sledu operací jdoucích po sobě.

Dle tabulky 3. je velikost můstků $a = b = 1,2 \text{ mm}$ pro materiál o tloušťce 1 mm. Pro konstrukci střížného nástroje volím dostačující velikost můstků **1 mm**. Obsah spony je dle programu Autodesk Inventor $S = 1139,768 \text{ mm}^2$.

Pro výpočet koeficientu využití materiálu použiji obecnou délku pásu, ze kterého se bude stříhat spona $L_p = 1000 \text{ mm}$.

Návrh č.1

Obr. 3.7 – Nástřihový plán č. 1

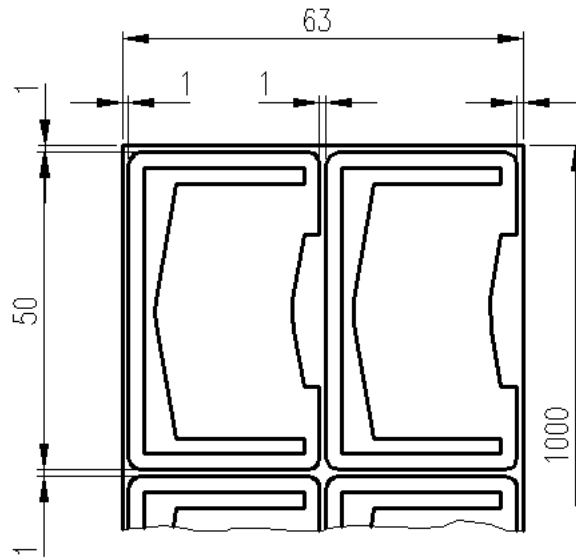
$$n_1 = \frac{L_p}{31} = \frac{1000}{31} = 32,26 \Rightarrow 32 \quad (3.15)$$

$$S_{sCl} = n_1 \cdot S_{s1} = 32 \cdot 1139,768 = 36472,576 \text{ mm}^2 \quad (3.16)$$

$$S_{p1} = a_{p1} \cdot L_p = 52 \cdot 1000 = 52000 \text{ mm}^2 \quad (3.17)$$

$$k_{m1} = \frac{S_{sCl}}{S_{p1}} \cdot 100 = 70,14\% \quad (3.18)$$

Návrh č.2



Obr. 3.8 – Nástřihový plán č. 2

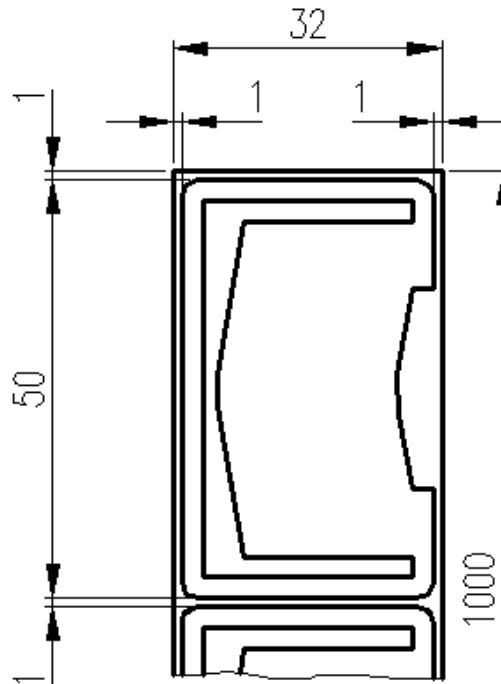
$$n_2 = \frac{L_p}{51} = \frac{1000}{51} = 19,6 \Rightarrow 19 \quad (3.19)$$

$$S_{sC2} = 2 \cdot n_2 \cdot S_{s2} = 2 \cdot 19 \cdot 1139,768 = 43311,184 \text{ mm}^2 \quad (3.20)$$

$$S_{p2} = a_{p2} \cdot L_p = 63 \cdot 1000 = 63000 \text{ mm}^2 \quad (3.21)$$

$$k_{m2} = \frac{S_{sC2}}{S_{p2}} \cdot 100 = 68,75\% \quad (3.22)$$

Návrh č.3



Obr. 3.9 – Nástřihový plán č. 3

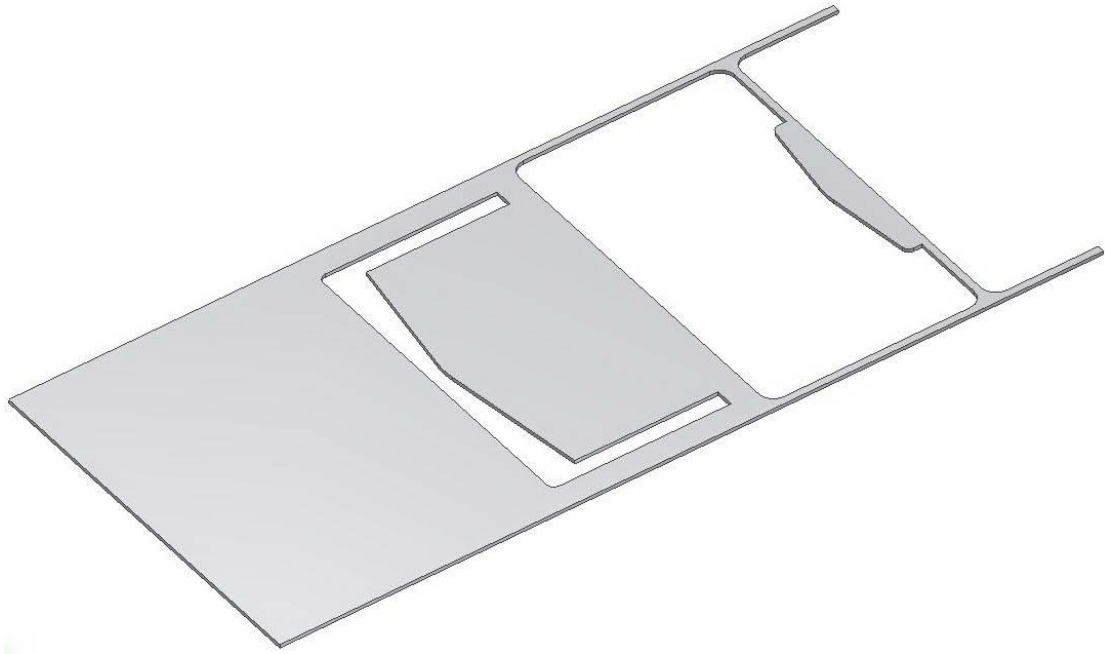
$$n_3 = \frac{L_p}{51} = \frac{1000}{51} = 19,6 \Rightarrow 19 \quad (3.23)$$

$$S_{sC3} = n_3 \cdot S_{s3} = 19 \cdot 1139,768 = 21655,592 \text{ mm}^2 \quad (3.24)$$

$$S_{p3} = a_{p3} \cdot L_p = 32 \cdot 1000 = 32000 \text{ mm}^2 \quad (3.25)$$

$$k_{m3} = \frac{S_{sC3}}{S_{p3}} \cdot 100 = 67,67\% \quad (3.26)$$

Z hlediska koeficientu využití materiálu i vhodnosti rozložení střížníku volím variantu střížného plánu č. 1.

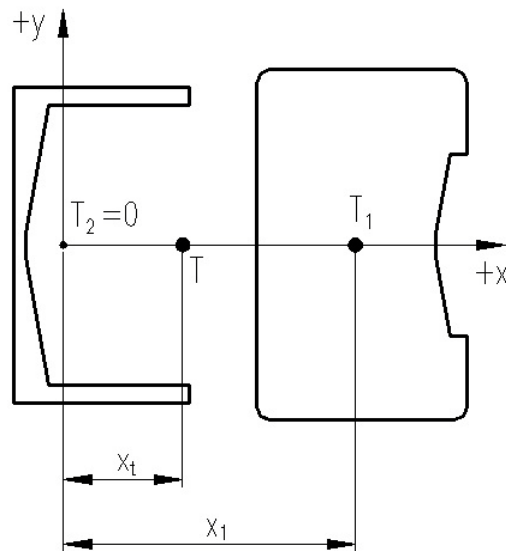


Obr. 3.10 – Postupné stříhy pásu

Jako první operace bude vystřížení vnitřního profilu. K jeho nastavení poslouží boční načínací doraz, který se bude používat při každém vložení nového pásu. Jako další zarážka pro druhý krok, kdy dojde k vystřížení hotové spony, bude sloužit koncový doraz.

3.3.6 Výpočet těžiště

Těžiště jednotlivých střížných hran jsou spočítány programem Autodesk Inventor, jako počátek (tj. $x = 0$; $y = 0$) budu brát těžiště vnitřní strany střížné hrany kde působí síla F .



Obr. 3.11 – Poloha těžiště

T_1 ...těžiště síly F_{S1}

T_2 ...těžiště síly F_{S2}

$$x_1 = 35,564 \text{ mm}$$

Pro Polystyren (PS) platí:

$$F_{S1} = 9751,93 \text{ N}$$

$$F_{S2} = 10860,72 \text{ N}$$

$$x_T = \frac{F_{S1} \cdot x_1 + F_{S2} \cdot 0}{F_{S1} + F_{S2}} \quad (3.27)$$

$$x_T = \frac{9751,93 \cdot 35,564 + 10860,72 \cdot 0}{9751,93 + 10860,72}$$

$$\underline{x_T = 16,83 \text{ mm}}$$

$$y_T = \frac{F_{S1} \cdot 0 + F_{S2} \cdot 0}{F_{S1} + F_{S2}} \quad (3.28)$$

$$\underline{y_T = 0}$$

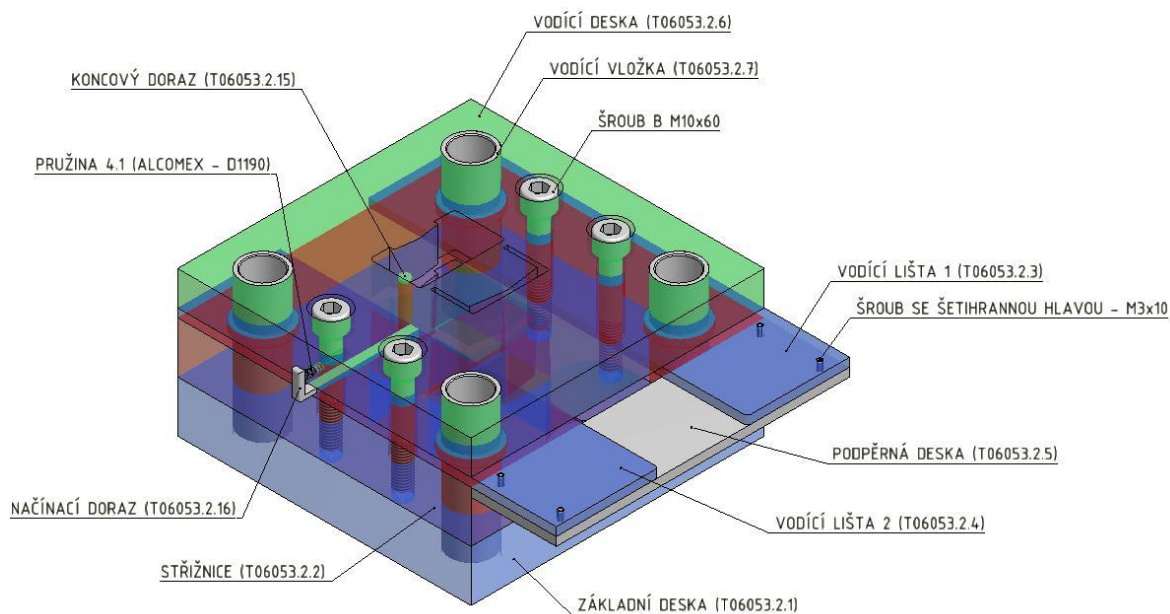
Těžiště se souřadnicemi $[x_T, y_T]$ se bude vůči celému střížnému nástroji nacházet přesně v prostřed střížnice, tzn. 86 mm od krajní hrany ve směru \underline{x} , a 86 mm od krajní hrany ve směru \underline{y} .

3.3.6 Určení velikosti střížné vůle

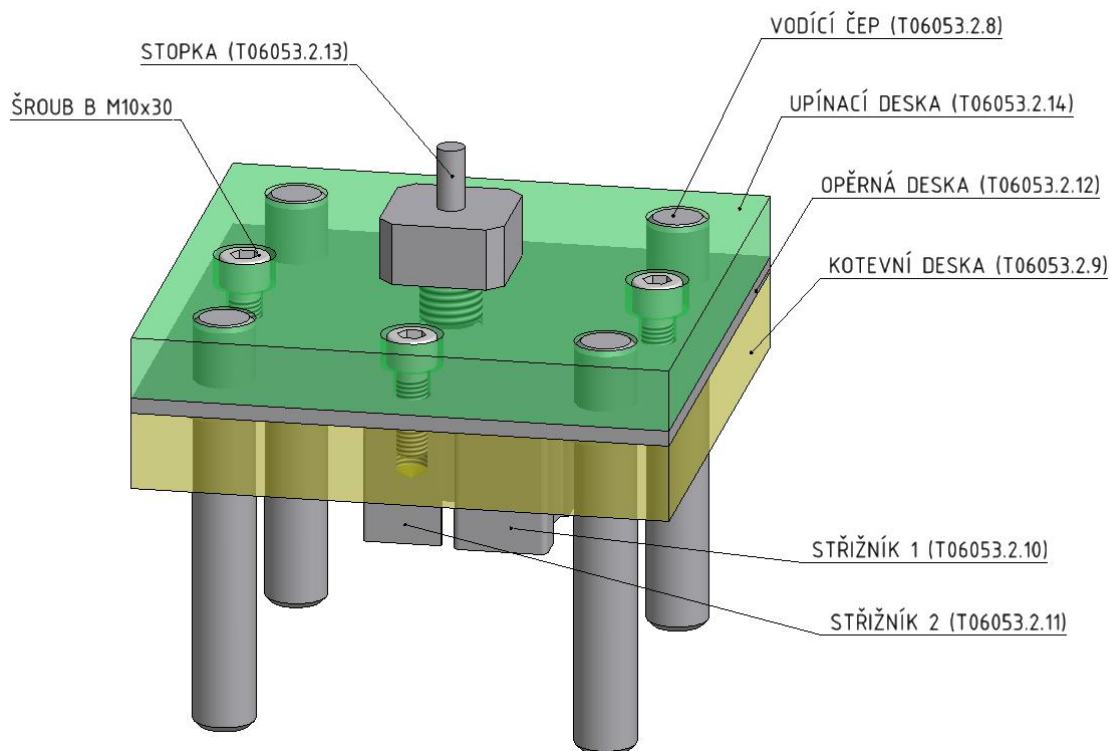
Mez pevnosti materiálu Polystyren je 55 MPa. Dle Tab. 2 volím střížnou vůli z první skupiny nejměkčích materiálu pod 400 MPa pro tloušťku $t = 1 \text{ mm}$, $z = 0,04 \text{ mm}$.

3.4 Popis střížného nástroje

Schéma střížného nástroje jsem rozdělil na dvě základní části – první spodní část se střížnicí a horní část s oběma střížníky.



Obr. 3.12 – Spodní část střížného nástroje

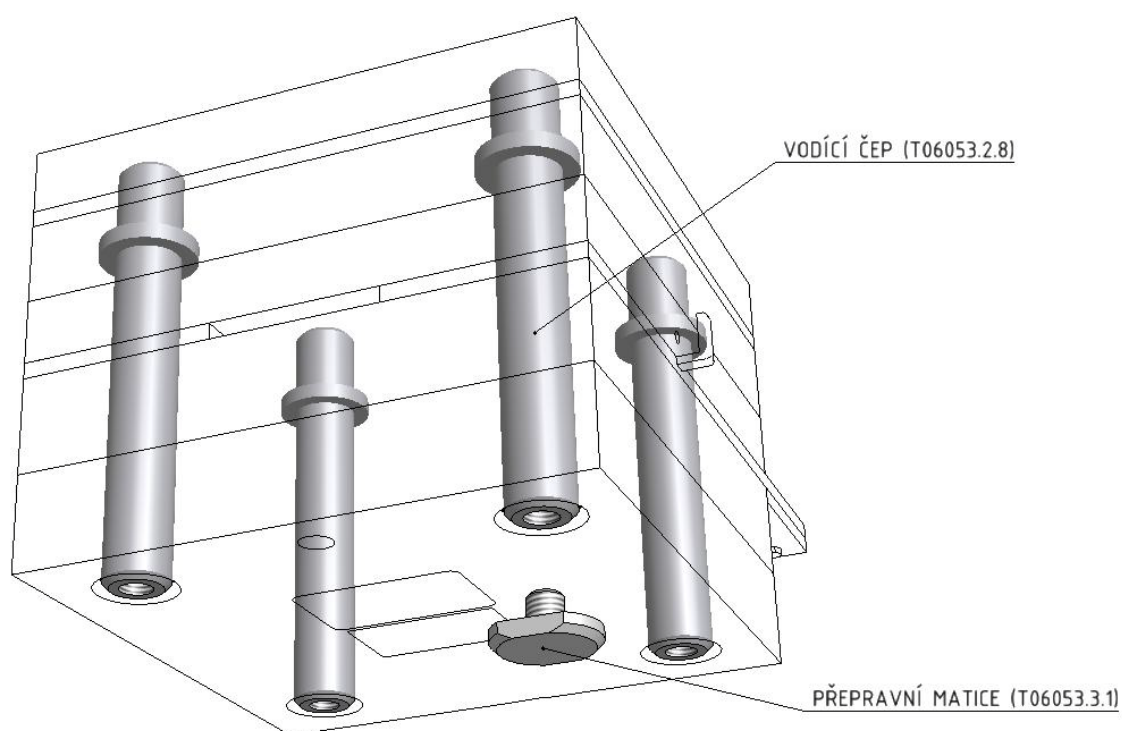


Obr. 3.13 – Horní část střížného nástroje

3.4.1 Přeprava

Pro smontování a případnou přepravu střížného nástroje slouží tzv. přepravní matice, která není součástí sestavy, slouží pouze jako doplňková součást, v případě, že je nutné nástroj přepravovat v celku.

Horní část nástroje se zasune nadoraz do spodní části a pomocí přepravní matice, která se zašroubuje do vodícího čepu (viz. obr. 3.14) se zajistí spojení obou součástí v celek a poté lze s nástrojem bezpečně manipulovat. Otvory se závity jsou ve všech vodících čepích, a proto je třeba čtyř přepravních matic.

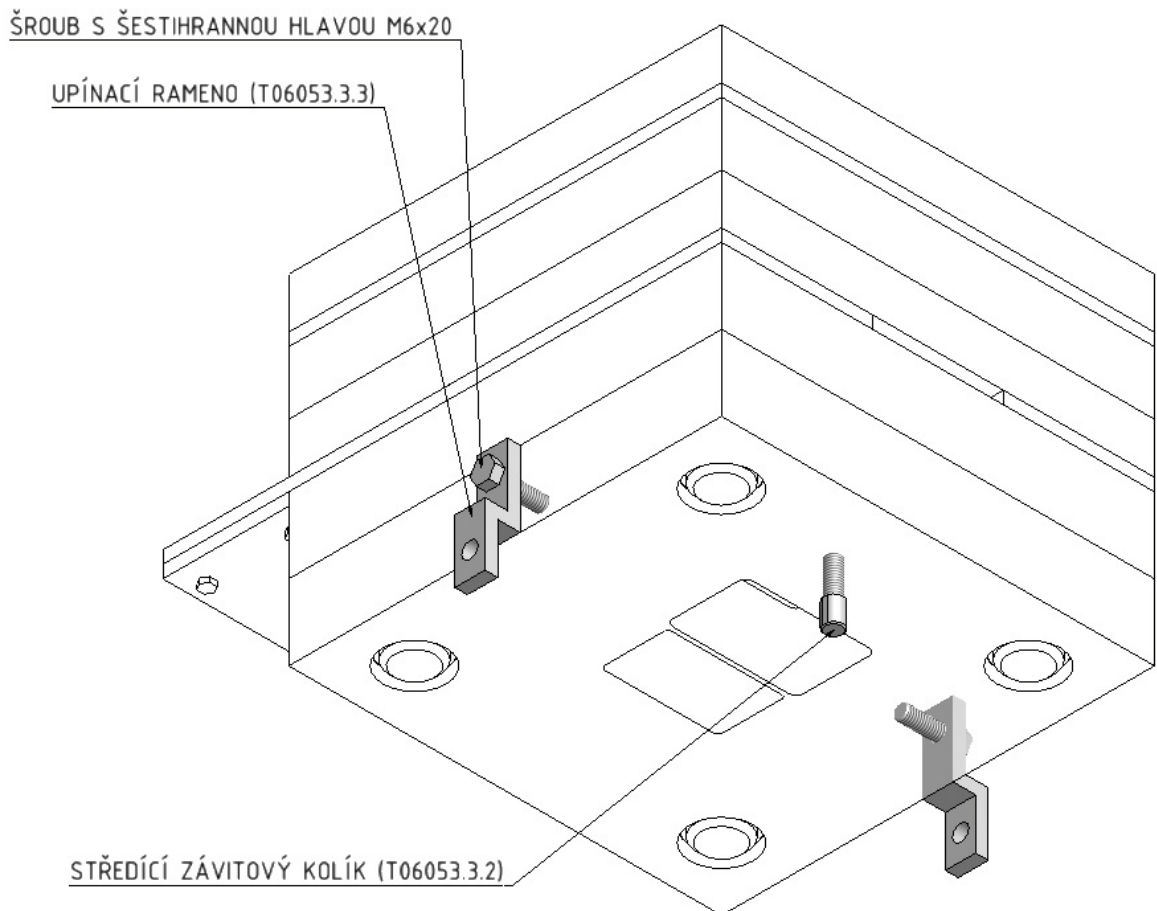


Obr. 3.14 – Schéma smontování střížného nástroje

3.4.2 Upínání

Nástroj bude upínán přímo na základnu ručního lisu. K těmto účelům budou sloužit další dvě doplňkové (upínací) součásti.

Středící závitový kolík se zašroubuje do základní desky nástroje a poté se zasune i s nástrojem do otvoru v základně lisu. K zabránění otáčení nástroje kolem osy kolíku slouží tzv. upínací rameno, které je pomocí šroubu připojeno přes vrchní otvor k základní desce nástroje.



Obr. 3.15 – Systém upínání

Spodní otvor slouží k upevnění nástroje k základně pomocí šroubu, ten může být buď klasický s šestihlannou hlavou, nebo lze použít křídlatého šroubu. Otvor je průměru 6.5 mm, proto doporučuji použít šrouby M6.

ZÁVĚR

- Byl navržen střížný nástroj.
- Potřebná střížná síla je minimálně 45293,36 N.
- Žádný lis, který je k dispozici v laboratořích UVI nevyhovuje.
- Pro vystříhování dílů z navrženého ocelového plechu doporučuji použít výstředníkový lis $F = 70 \text{ kN}$.
- Ruční i hydraulický lis v laboratořích UVI je možno použít pro vystříhování navržených předmětů z plastu. Doporučuji použít fólie PVC nebo PS o tloušťce 1 mm.
- Pro vytvoření nápisu doporučuji použít tisk (tamponový tisk) nebo popis laserem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1]. Ing. HLUCHÝ, Miroslav, Ing. KOLOUCH, Jan, Ing. PAŇÁK, Rudolf. *STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE 2 - 1. díl : Polotovary a jejich technologičnost*. 2. upr. vyd. [s.l.] : [s.n.], 2001. 318 s. ISBN 80-7183-244-8.
- [2]. Prof. Ing. Dr. BENEŠ, Antonín, DrSc. a kolektiv. *Mechanická teorie kovů*. 2. vyd. [s.l.] : [s.n.], 1967. 448 s. ISBN 04-223-67.
- [3]. KEJVAL, Zdeněk. *Tváření plechu I : Základy lisování plechu*. 2. vyd. [s.l.] : [s.n.], 1963. 100 s. ISBN 04-215-63.
- [4]. KEJVAL, Zdeněk. *Tváření plechů II : Stroje, organizace a mechanizace lisování*. 1. vyd. [s.l.] : [s.n.], 1961. 112 s.
- [5]. ING. MACHEK, Václav, et al. *Zpracování tenkých plechů*. [s.l.] : [s.n.], 1982. 272 s.
- [6]. ING. NOVOTNÝ, Josef, CSc., ING. LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. [s.l.] : [s.n.], 1980. 216 s.
- [7]. 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

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

k_s	MPa	střížný odpor
σ_{Pt}	MPa	mez pevnosti
t	mm	tloušťka materiálu
φ	°	úhel sklonu nožů
F_S	N	střížná síla
A_S	J	střížná práce
l	mm	délka střížné hrany
h	mm	dráha nože materiálu
k_1	1	průměrný součinitel otupení ostří a vlivu střížné mezery, tření výlisku a odpad. Bere se průměrně 1,33
F_{Si}	N	ideální střížná síla
κ	1	poměrná hloubka zatlačení břitu
F_{St}	N	stírací síla
F_{Pr}	N	protalčovací síla
F_C	N	celková síla
F_N	N	síla pro stlačení nátláčné hrany
F_V	N	síla potřebná pro vyhození výstřížku
l_n	mm	délka nátláčné hrany
h_H	mm	výška tlačné hrany
S_v	mm ²	plocha výstřížku
p_v	MPa	tlak vyhazovače
τ_{Ps}	MPa	pevnost ve stříhu
$F_{stf.}$	N	maximální hodnota střížné síly
S	mm ²	plocha průřezu střížníku
C	1	součinitel, jehož velikost se volí v rozmezí 0,005 – 0,035. Nižší hodnoty volíme, chceme-li získat lepší střížnou plochu, vyšší hodnoty součinitele umožní dosáhnout minimální střížné síly
σ_{Dov}	MPa	dovolené napětí v tlaku
F_x	N	výsledná síla v ose X
X	mm	vzdálenost výslednice od osy Y
a, b, c	mm	vzdálenosti jednotlivých síl od osy Y
v	mm	střížná vůle
E	MPa	modul pružnosti v tahu
I	mm ⁴	kvadratický moment průřezu
μ	1	součinitel bezpečnosti

H	mm	tloušťka střížnice
$F_{1,2,3}$	N	síly ve směru Y
$F'_{1,2,3}$	N	síly ve směru X
a_1, b_1, c_1	mm	vzdálenosti jednotlivých sil od osy X
ψ	°	úhel záběru kruhových nožů
Rm	MPa	mez kluzu
Ra	μm	drsnost povrchu
km	%	součinitel využití materiálu
$i_{1,2}$	ks	počet svislých pásů
$n_{1,2}$	ks	počet kusů z každého pásu
L_t	mm	délka tabule
B_t	mm	šířka tabule
a_v, b_v	mm	rozměry výstřížku
S_s	mm^2	obsah spony
S_{sC}	mm^2	celkový obsah spon na jednom pásu
S_p	mm^2	obsah pásu
L_p	mm	délka pásu
a_p	mm	šířka pásu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1	Stříhání	16
Obr. 2.2	Vliv střížné vůle na kvalitu střížné plochy	17
Obr. 2.3	Tloušťka střížnice	23
Obr. 2.4	Provedení otvoru střížnice	23
Obr. 2.5	Výpočet těžiště střížných sil	25
Obr. 2.6	Stříhání (prosté)	26
Obr. 2.7	Schéma tabulových nůžek se skloněnými noži	27
Obr. 2.8	Nomogram k určení střížné síly F_s	29
Obr. 2.9	Poměrná hloubka zatlačení	30
Obr. 2.10	Schematické znázornění přistřihání	31
Obr. 2.11	Přistřihování	33
Obr. 2.12	Tabulové nůžky	35
Obr. 2.13	Nůžky na pásy	36
Obr. 2.14	Křivkové nůžky NOT 1000/4	36
Obr. 2.15	Okružní strojní nůžky	37
Obr. 2.16	Univerzální nůžky	37
Obr. 2.17	Normální uspořádání stříhadla	38
Obr. 2.18	Princip jednoduchého a postupového stříhadla	39
Obr. 2.19	Blokové stříhadlo	40
Obr. 2.20	Doraz pomocným stříhem	41
Obr. 2.21	Prostřihování plechu z neželezných kovů pryžovými polštáři	42
Obr. 2.22	Volba zaoblení výstřížku	42
Obr. 2.23	Uspořádání výstřížků na páse	43
Obr. 2.24	Uspořádání výstřížků na páse a úprava konečného tvaru po stříhání	43
Obr. 2.25	Nástřihový plán	44

Obr. 3.1	3D pohled (výr. výkres – T06053 .1)	51
Obr. 3.2	Délky střížných hran č.1	51
Obr. 3.3	3D pohled (výr. výkres – T06053 .2)	52
Obr. 3.4	Délky střížných hran č.2	53
Obr. 3.5	Obsah střížné hrany č. 1	56
Obr. 3.6	Obsah střížné hrany č. 2	57
Obr. 3.7	Nástřihový plán č. 1	59
Obr. 3.8	Nástřihový plán č. 2	60
Obr. 3.9	Nástřihový plán č. 3	61
Obr. 3.10	Postupné stříhy pásu	62
Obr. 3.11	Poloha těžiště	63
Obr. 3.12	Spodní část střížného nástroje	65
Obr. 3.13	Horní část střížného nástroje	65
Obr. 3.14	Schéma smontování střížného nástroje	66
Obr. 3.15	System upínání	67

SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Základní práce stříhání	14-15
Tab. 2	Velikost střížné vůle pro kovové materiály	19
Tab. 3	Velikosti můstků	24
Tab. 4	Přidavky na přistříhování v závislosti na tloušťce plechu	31
Tab. 5	Základní parametry nátláčných hran v závislosti na tloušťce plechu	33
Tab. 6	Nástrojové oceli pro výrobu střížných nástrojů	45
Tab. 7	Materiály pro jednotlivé funkční části střížného nástroje	47
Tab. 8	Parametry lisu APR-3	50

SEZNAM PŘÍLOH

P1	Výkres	Základní deska	(T06053.2.1)
P2	Výkres	Střížnice	(T06053.2.2)
P3	Výkres	Vodící lišta I	(T06053.2.3)
P4	Výkres	Vodící lišta II	(T06053.2.4)
P5	Výkres	Podpěrná deska	(T06053.2.5)
P6	Výkres	Vodící deska	(T06053.2.6)
P7	Výkres	Vodící vložka	(T06053.2.7)
P8	Výkres	Vodící čep	(T06053.2.8)
P9	Výkres	Kotevní deska	(T06053.2.9)
P10	Výkres	Střížník I	(T06053.2.10)
P11	Výkres	Střížník II	(T06053.2.11)
P12	Výkres	Opěrná deska	(T06053.2.12)
P13	Výkres	Stopka	(T06053.2.13)
P14	Výkres	Upínací deska	(T06053.2.14)
P15	Výkres	Koncový doraz	(T06053.2.15)
P16	Výkres	Načínací doraz	(T06053.2.16)
P17	Výkres	Sestava – Střížný nástroj	(T06053.2)
P18	Výkres	Přepravní matice	(T06053.3.1)
P19	Výkres	Středící závitový kolík	(T06053.3.2)
P20	Výkres	Upínací rameno	(T06053.3.3)
P21	Výkres	Spona I	(T06053.1.1)
P22	Výkres	Spona II	(T06053.1.2)

