

Návrh postupového prostřihovadla

Petr Klajn

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: Petr KLAJN

Studijní program: B 3909 Procesní inženýrství

Studijní obor: Technologická zařízení

Téma práce: Návrh postupového prostřihovadla

Zásady pro vypracování:

- 1. Teoretická studie technologie plošného tváření**
- 2. Návrh zařízení pro postupové stříhání pásu plechu na základě nástřížného plánu**
- 3. Konstrukce sestavy ve 3D v prostředí CAD software**
- 4. Zpracování výkresové dokumentace střížného nástroje pro postupové stříhání**
- 5. Výroba střížného nástroje**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

TSCHAETSCH, H. *Metal Forming Practise* [online]. New York : Springer Berlin Heidelberg, 2006, ISBN 3-540-33216-2.

PFROGNER, F. *Konstrukce nástrojů pro tváření*. I.th ed. Plzeň: VŠSE v Plzni, 1984.

LUKOVICS, I. *Konstrukční materiály a technologie*. VUT Brno, 1991. ISBN 80-214-0399-3.

NOVOTNÝ, J.; ŠANOVEC, J.; BEDNÁŘ, B.; KREIBICH, V. *Technologie I :*

(Slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy). II.th ed. Praha : ČVUT Praha, 2006. ISBN 80-01-02351-6.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

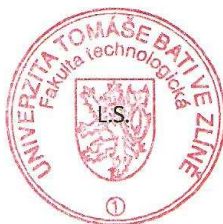
19. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

2. června 2010

Ve Zlíně dne 19. ledna 2010

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

Příjmení a jméno:

Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je návrh postupového prostřihovadla pro stříhání zadaného výrobku z plechu.

V teoretické části jsou rozebrány hlavní druhy technologie plošného tváření, včetně stříhání.

Praktická část je rozdělena na technologickou část, konstrukční část a výrobu. V technologické části je proveden návrh postupového prostřihovadla dle nástřihového plánu, doplněn o výpočty. V konstrukční části je prostřihovadlo zhotoveno v 3D programu Autodesk Inventor a ve výrobní části je realizována výroba prostřihovadla dle výrobních výkresů.

Klíčová slova: plošné tváření, postupové prostřihovadlo, stříhání plechu.

ABSTRACT

The aim of this Bachelor's thesis is to design a transfer die for cutting the required product out of metal plate.

The theoretical part analyses the main kinds of technology planar moulding, including shearing process.

The practical part is divided into a technological part, constructive part and production itself. In the technological part there is designed the transfer die according to the shearing plan with calculations. Concerning the constructive part, the die is designed in 3D software Autodesk Inventor. Finally, the die itself was produced according to the drawings.

Keywords: Planar Moulding, Transfer Die, Shearing Process

Zde bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Ondřeji Bílkovi Ph.D. za věcné rady, ochotu, čas a pomoc při vypracování této práce.

Dále bych chtěl poděkovat panu Zdeňku Štěpánkovi za rady z praxe a za čas a námahu vynaloženou při výrobě prostřihovačla a nakonec také svému otci Pavlu Klajnovi, bez kterého by byla výroba jen těžce realizovatelná.

Motto:

Pro život, ne pro školu se učíme.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ	12
1.1 ZÁKLADNÍ ZÁKONY TVÁRNÉ DEFORMACE	12
1.1.1 Zákon stálosti objemu	12
1.1.2 Zákon podobnosti	12
1.1.3 Zákon nejmenšího odporu	13
1.2 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY TVÁŘECÍCH STROJŮ	13
2 TECHNOLOGIE PLOŠNÉHO TVÁŘENÍ	14
2.1 OHÝBÁNÍ.....	15
2.1.1 Ohýbání do tvaru V	19
2.1.2 Ohýbání do tvaru U	19
2.1.3 Technologie, technologické problémy ohýbání.....	20
2.2 TAŽENÍ	21
2.2.1 Postup tažení	23
2.2.2 Rozdělení tažných nástrojů	24
2.2.3 Tažné lisy	24
2.2.4 Speciální způsoby tažení	25
2.3 ZAKRUŽOVÁNÍ	26
2.4 ROVNÁNÍ.....	26
2.5 STŘÍHÁNÍ.....	27
2.5.1 Stříhání s rovnoběžnými noži.....	28
2.5.2 Stříhání se skloněnými noži	28
2.5.3 Stříhání kotoučovými noži	29
2.5.4 Střižná síla	29
2.5.5 Střižná vůle.....	30
2.5.6 Nástřihový plán	31
2.5.7 Výpočet ekonomie stříhání.....	32
2.5.8 Přesnost a jakost povrchu při stříhání	33
2.5.9 Nástroje pro stříhání	33
2.5.10 Speciální způsoby stříhání.....	35
3 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
4 TECHNOLOGICKÁ ČÁST	41
4.1 TVAR, ROZMĚRY A MATERIÁL VÝSTŘÍŽKU	41
4.2 NÁSTŘIHOVÝ PLÁN.....	42
4.2.1 Volba můstku, bočního odpadu a kroku.....	42

4.3	VÝPOČET EKONOMIE STŘÍHÁNÍ.....	43
4.4	URČENÍ STŘIŽNÉ VŮLE.....	44
4.5	VÝPOČET POTŘEBNÉ STŘIŽNÉ SÍLY	44
4.5.1	Výpočet délek střížných hran	44
4.5.2	Stanovení meze pevnosti ve smyku a koeficientů.....	45
4.5.3	Výpočet jednotlivých střížných sil	45
4.5.4	Celková střížná síla	45
4.6	URČENÍ ROZMĚRŮ STŘIŽNÍKU A STŘIŽNICE	45
4.6.1	Určení tolerance rozměrů střížníku a střížnice.....	46
4.6.2	Rozměry střížníku a střížnice s tolerancemi	46
4.7	URČENÍ POLOHY STOPKY	47
4.8	PEVNOSTNÍ VÝPOČET STŘIŽNÍKŮ (KONTROLA).....	50
4.8.1	Kontrola na tlak.....	50
4.8.2	Kontrola na vzpěr	51
4.9	NÁVRH ROZMĚRŮ DESEK A JEJICH MATERIÁLY	52
4.9.1	Pevná část prostřihovadla.....	52
4.9.2	Pohyblivá část prostřihovadla	55
4.9.3	Návrh pružin a jejich materiály	57
5	KONSTRUKČNÍ ČÁST	60
5.1	KONSTRUKČNÍ NÁVRHY	60
5.2	POPIS PROSTŘIHOVADLA.....	61
5.2.1	Střížník obvodu	62
5.2.2	Střížník díry.....	63
6	VÝROBA POSTUPOVÉHO PROSTŘIHOVADLA.....	64
6.1	ZAJIŠTĚNÍ VÝROBNÍCH MATERIÁLŮ	64
6.2	ZAJIŠTĚNÍ VÝROBCE	64
6.3	VÝROBA A TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ	64
6.4	MONTÁŽ PROSTŘIHOVADLA	65
6.5	STŘÍHÁNÍ A SEŘÍZENÍ.....	66
6.6	FINANČNÍ ZHODNOCENÍ.....	67
	ZÁVĚR	68
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	69
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	73
	SEZNAM TABULEK.....	75
	SEZNAM PŘÍLOH.....	76

ÚVOD

Zpracování kovů je známé od pradávna. Mezi nejstarší způsoby zpracování patří kování. Tato práce starých kovářů byla předchůdkyní novodobého tváření kovů, ve kterém lisování plechů za studena zaujímá vedle kování důležité místo.

Při lisování se využívá významné vlastnosti kovů: tvárnosti za studena. Součástí se nevyrábí odebíráním přebytečného materiálu ve tvaru třísek, jako je tomu např. při soustružení nebo frézování, nýbrž převážně přemísťováním částic materiálu. Zpracování plechů, tyčí a pásů tváření za studena i za tepla se hojně uplatňuje ve výrobě různých předmětů denní potřeby a mnoho dalších velmi složitých výrobků. Jen vyjmenování výrobků z různých oborů výroby, kde se tváření uplatňuje a stále více používá, naznačuje jeho rozsah a důležitost: celokovové karosérie, rámy podvozků, chladiče a jiné díly z plechu u automobilů, rámy a stěny železničních vagónů, plechovky na konzervy, konstrukce trupů letadel, sudy, popelnice, hrnce, konve a přístroje, součásti hodin a hodinek, spojovací materiál jako hřebíky, nýty, šrouby, jehly, sponky špendlíky a knoflíky. Střechy, kamna, žiletky, chirurgické nástroje, vany, tlakové nádoby a mnoho dalších. U uvedených výrobků se z plechu stává výrobek, který je rovnocenným partnerem třískově obráběných součástek a vyžaduje stejně důkladnou technologickou přípravu jako např. valivé ložisko.

Lisování má přednosti, které umožňují:

- a) Výrobu velmi složitých výrobků jedním nebo několika zdvihy
- b) Výroba součástí, jejichž zhotovení jiným způsobem výroby je buď obtížné, nebo nemožné. Např. nádobí se dříve odlévalo z litiny a dnes se rychle a levně lisuje z plechu.
- c) Zhotovovat součásti s velkou přesností, kdy lze úplně odstranit další obrábění.
- d) Navrhovat tuhé a lehké konstrukce jako jsou např. letadla
- e) Rozvinout hromadnou výrobu předmětů z plechu při nízkých nákladech použitím samočinných lisů, které mohou vylisovat až desetitisíce kusů za hodinu.

Pro uvedené přednosti a výhody se používá lisování stále více a úspěšně vytlačuje méně hospodárné obrábění. [4]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ

Základem všech tvářecích procesů bývají značné plastické deformace, které jsou způsobeny plastickými vlastnostmi některých kovů a slitin. Jde zde o trvalou změnu tvaru a rozměrů, vyvolanou účinkem vnějších sil za pomoci tvářecího stroje a nástroje. Působením vnějších sil musí být vyvolán takový stav napjatosti, při kterém se překročí mez kluzu. Vzniká tak trvalá deformace požadované velikosti a směru, bez porušení soudržnosti. Tento děj je doprovázen strukturálními a fyzikálními změnami materiálu, které se projeví ve změnách mechanických a fyzikálních vlastností. Vlastní tváření není spojeno se ztrátami materiálu. [1]

1.1 Základní zákony tvárné deformace

Pro analýzu tvářecích procesů je zapotřebí znát základní zákony plastické deformace. Zde jsou uvedeny 3 nejdůležitější:

- a) zákon stálosti objemu
- b) zákon podobnosti
- c) zákon nejmenšího odporu [1]

1.1.1 Zákon stálosti objemu

Objem tělesa před deformací a po deformaci se musí rovnat. Zanedbávají se mírné objemové změny, které mohou mít vliv na mechanické a fyzikální vlastnosti. [1]

1.1.2 Zákon podobnosti

Při zkoumání v modelové technice musí být splněna kromě geometrické podobnosti, také mechanická a fyzikální podobnost.

- Geometrická podobnost vyžaduje, aby poměry odpovídajících stran před deformací a po deformaci si byly rovny.
- Mechanická podobnost vyžaduje, aby při deformaci geometricky podobných těles, poměry působících sil se rovnaly druhé mocnině délkových rozměrů tělesa. Tedy aby příslušné měrné tlaky na odpovídající strany byly stejné.

- Fyzikální podobnost vyžaduje, aby tělesa měla stejnou strukturu a chemické složení, stejnou tvářecí teplotu, stejné poměrné rychlosti deformace, stejné tření a podobné rozložení napětí. [1]

1.1.3 Zákon nejmenšího odporu

Mohou-li se přemísťovat body deformovaného tělesa v rozličných směrech, každý bod se přemísťuje ve směru nejmenšího odporu. [1]

1.2 Základní technické parametry tvářecích strojů

Technické parametry tvářecích strojů jsou veličiny, určující největší rozměry materiálu nebo polotovaru, který jde na stroji tvářet, veličiny určující pracovní rozsah stroje a veličiny určující hlavní rozměry.

Jsou to zejména jmenovitá síla, zdvih, rozměry a rozsah změny rozsahu pracovního prostoru, rychlost pracovního nástroje a počet zdvihů. Charakteristickou veličinou, která určuje velikost lisů je jmenovitá síla. [1]

2 TECHNOLOGIE PLOŠNÉHO TVÁŘENÍ

Plošným tvářením se ve většině případů zhotovují méně namáhané díly jednoduchých i složitých tvarů s přesnými rozměry, které jsou převážně tenkostěnné a potřebnou tuhost získají vhodným prostorovým členěním. Vyrobené díly jsou lehké a tudíž i snižují hmotnost finálního výrobku. [2]

Práce plošného tvářením dělíme na dvě skupiny: střížné a tvářecí.

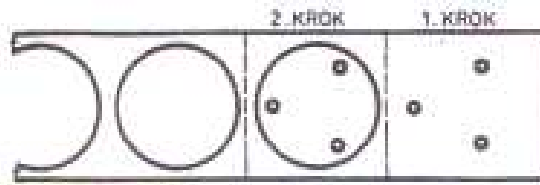
- Střížné jsou charakteristické oddělením jedné části polotovaru od druhé porušením materiálu v dané oblasti. Sem patří: vystřihování, děrování, prostřihování, přistřihování, přesné stříhání atd.
- Tvářecí jsou charakteristické tím, že výrobek získáme plastickou deformací, tvářením probíhá bez porušení nebo ztráty stability. Sem patří: ohýbání, tažení, zakružování, rovnání atd.). [5]

Polotovarem pro plošné tvářením je přístřih plechu. Nástroje pro tyto operace se dělí dle základních operací, nebo dle počtu kroků a řad:

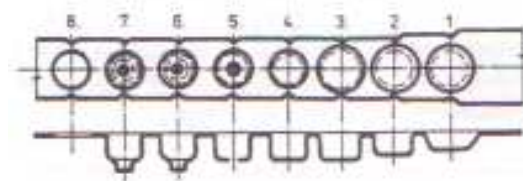
- a) jednoduché (jednořadé) – nástroje pro jednu operaci
- b) vícenásobné (víceřadé)
- c) postupové – pro více operací např. pro vystřihování a děrování provedených postupně na několik kroků.
- d) sloučené – provádí se několik operací např. tažení a vystřihování. Vše se provede na jeden krok, nebo v kombinaci se sdruženým nástrojem. Ten provede dvě operace na jeden zdvih (např. vystřihování a děrování). [2]



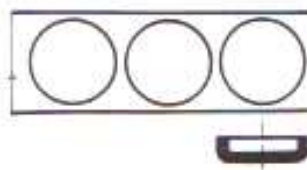
Obr. 1 způsob stříhání jednoduchého nástroje [1]



Obr. 2 způsob stříhání postupového nástroje [1]



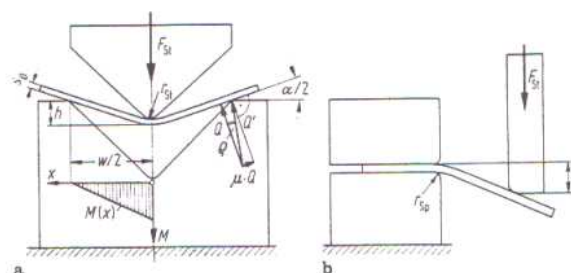
Obr. 3 způsob práce sloučeného postupového nástroje [1]



Obr. 4 způsob práce sdruženého nástroje [1]

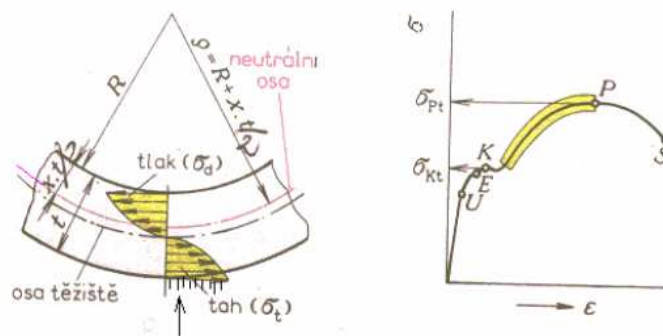
2.1 Ohýbání

Je to pružná plastická deformace, která je způsobena momenty vnějších sil. Působí na poměrně malý objem polotovaru, v němž přetvoření a napětí mění velikost a směr. Vzniklý tvar je rozvinutelný. Toho se využívá pro zjištění rozvinuté délky a tím i velikosti polotovaru.



Obr. 5 volné ohýbání [1]

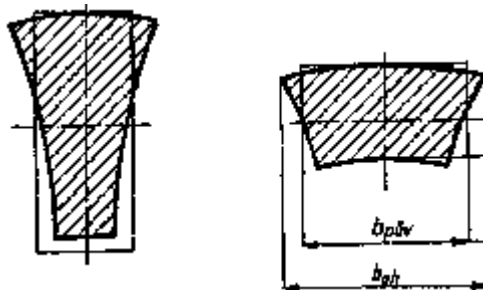
Vrstvy kovu jsou na vnitřní straně ohybu v podélném směru stlačovány, zkracovány a roztahovány v příčném směru. Vrstvy kovu se na vnější straně ohybu roztahují a prodlužují v podélném a stlačují se ve směru příčném. Mezi prodlouženými a zkrácenými vrstvami je vrstva neutrální. Tato osa však neprochází středem průřezu. Posun neutrální osy je do oblasti s napěchováním.



Obr. 6 rozložení a velikost napětí v materiálu [7]

V místě ohybu má ohýbaný průřez tři pásma. Pásmo pružných deformací, které je kolem neutrální osy a je příčinou tzv. dopružování při odlehčení. Další pásmo je vnější pásmo trvalého prodloužení a vnitřní pásmo trvalého napěchování.[3]

U úzkého a tlustého materiálu, zvláště pak, když je ohýbán nastojato, je deformace příčného průřezu značná v obou směrech.



Obr. 7 deformace průřezu [4]

Při ohýbání širokých tenkých profilů (např. plechů) se ztenčuje tloušťka v místě ohybu, naopak v příčném směru se profil téměř nedeformuje. To je způsobeno tím, že materiál klade při velké šířce značný odpor proti deformaci ve směru šířky. Pokud platí vztah $b \gg 3t$ pak ohýbáme plechy, pokud je nerovnost opačná, ohýbáme tyče. Neutrální vrstva slouží pro zjištění délky materiálu, který je potřeba pro ohýbanou součást. V této vrstvě totiž není žádná deformace, a proto je její délka stejná jak v rovném materiálu, tak i v ohnutém. Po-

loha neutrální vrstvy závisí na poměru poloměru r ohýbací čelisti a tloušťce materiálu t , a na velikosti ztenčení průřezu. Jelikož je ztenčení v různých místech ohybu různé a největší v osovém řezu ohybu, není vzdálenost neutrální vrstvy od středu ohybu v ohýbané délce stejná a průběh neutrální osy je parabolický. Proto nahrazujeme parabolou kružnicovým obloukem s poloměrem ρ platným pro místo nejmenšího ztenčení. Poloměr můžeme vypočítat ze vzorce

$$\rho_{\min} = (r + 0,5t \cdot z_t) \cdot z_t \cdot z_r \quad (2.1)$$

kde:

t je tloušťka materiálu v mm

r -vnitřní poloměr ohybu v mm

z_t -součinitel ztenčení profilu

z_r -součinitel rozšíření profilu

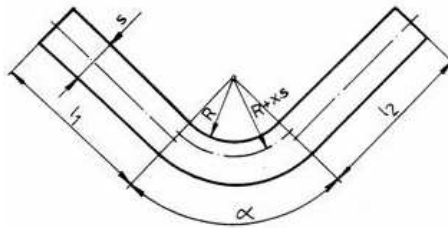
Výpočet přibližné vzdálenosti neutrální vrstvy od vnitřního povrchu ohybu se provede násobením tloušťky materiálu t koeficientem x , jehož velikost je závislá na $\frac{r}{t}$ a je udána v tabulce. Tabulka platí pro ohyb na 90° a udává hodnoty součinitele ztenčení profilu z_t .

Tab. 1 hodnoty koeficientu x [4]

poměr r/t	0,1	0,25	0,5	1	2	3	4
součinitel ztenčení Z_t	0,82	0,87	0,92	0,96	0,985	0,992	0,995
koeficient x	0,32	0,35	0,38	0,42	0,455	0,47	0,475

Rozvinutá délka ohýbaného materiálu se zjistí vypočtením délky neutrální vrstvy deformace. V přímých částech je délka neutrální vrstvy stejná jako délka rovné části, v zakřivených částech se počítá poloměr neutrální vrstvy ρ a z úhlu α její délka.

$$l_{\text{neutr}} = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} (r + x \cdot s) = 0,017\alpha (r + x \cdot s) \quad (2.2)$$



Obr. 8 posunutí neutrální osy
v místě ohybu [9]

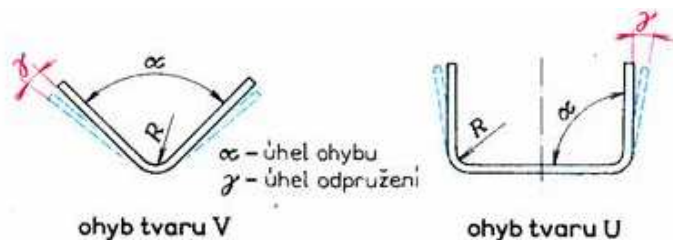
α -úhel ohnuté části ve stupních

r -vnitřní poloměr ohybu v mm

s -tloušťka materiálu

x -koeficient (tab. 1)

Každá trvalá deformace bývá provázena pružnou deformací. Jakmile přestane na materiál působit deformační síla, zmizí i pružná deformace. U ohýbaných výrobků se to obvykle projeví zvětšením úhlu ohybu α o přídavný úhel γ



Obr. 9 odpružení materiálu pro ohyb tvaru V a U [9]

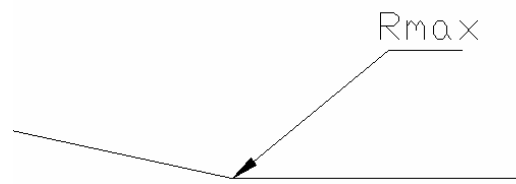
Velikost zvětšení závisí na mechanických vlastnostech, na úhlu ohybu, rozsahu deformace a zvláště pak na poloměru ohybu. Pro měkké materiály je $\gamma=1-2^\circ$ pro středně tvrdé $\gamma=2-4^\circ$ a pro tvrdé až 15° odpružení lze odstranit různými konstrukčními úpravami např. zmenšení úhlu ohýbací čelisti o úhel odpružení. [4]

Maximální poloměr ohybu r_{\max} je takový, kdy nastávají trvalé deformace, tzn., že součást zůstane ohnuta.

$$r_{\max} = \frac{t \cdot E}{2 \cdot \sigma_K} \quad (2.3)$$

E - modul pružnosti v tahu v MPa

σ_K - napětí na mezi kluzu v MPa

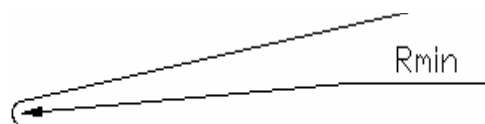


Obr. 10 maximální poloměr ohybu

Minimální poloměr ohybu r_{\min} je takový, při kterém ještě nedojde k praskání ohýbaného materiálu. Tento poloměr limituje podmínka, aby tahové napětí na vnější straně materiálu nepřekročilo napětí na mezi pevnosti v tahu R_m . r_{\min} závisí na orientaci ohybu vzhledem ke směru válcování.

$$r_{\min} = \frac{t}{2} \cdot \frac{1 - \delta}{\delta} \quad (2.4)$$

δ =A-tažnost zjištěná tahovým diagramem

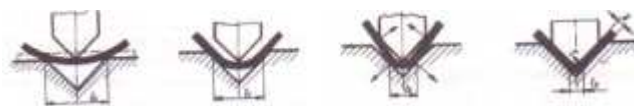


Obr. 11 minimální poloměr ohybu

Ohýbání probíhá až na doraz, kdy ohybník sevře ohýbaný materiál k ohybnici. Nejznámější ohýbání je do tvaru V a U. [6]

2.1.1 Ohýbání do tvaru V

Konečný tvar a míry ohybu odpovídají geometrii ohybnice a ohybníku. Záleží na tom, zda je rádius ohybníku stejný, větší či menší, než rádius ohybnice a dále pak na poměru l_0/r



Obr. 12 ohýbání do tvaru V [1]

2.1.2 Ohýbání do tvaru U

Na obrázku je zřejmý průběh deformace. V levé části je ohýbání bez přidržovače a napravo s přidržovačem.



Obr. 13 ohýbání do tvaru U [1]

2.1.3 Technologie, technologické problémy ohýbání

Ohýbat je možné volně nebo v pevném nástroji, na ohýbačkách na lisech, nebo na válcích.

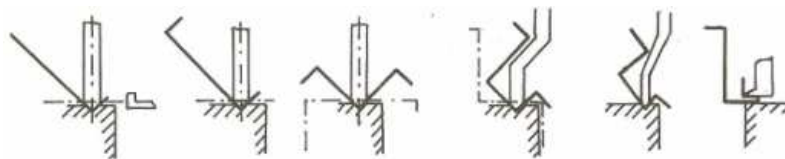
- a) nejběžnější způsob je v ruční nebo hydraulické ohýbačce



Obr. 14 ruční ohýbání [1]

- b) na klikových či excentrických lisech

- c) ohýbání na speciálních ohraňovacích lisech



Obr. 15 ohýbání na ohraňovacím lisu [1]

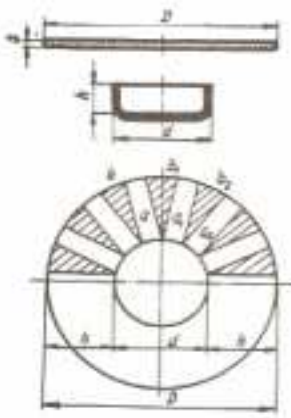
technologické problémy ohýbání

- deformace průřezu
- praskání materiálu (větší sklon k praskání je při ohýbání kolmo na směr vláken)
- tvoření vln
- odpružování [1]

2.2 Tažení

Tažení materiálu je trvalé deformování ve velkém rozsahu. Patří sem tyto úkony: vytahování, přetahování, rozšiřování a zužování, kroužlení a protahování.

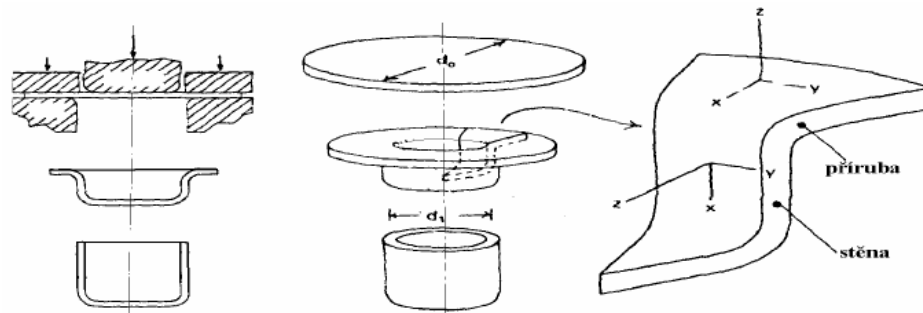
Výchozím polotovarem je přístřih nebo pás plechu, nebo již tažený polotovár, který lze zpracovat předcházejícími technologiemi. Na obrázku je tažení válcové nádoby. Prstencová část přístřihu se při tažení mění na válec $\varnothing d$ a výšky h . Materiál teče z myšlených trojúhelníků do rovnoběžných pásů, které vytvoří plášť výtažku. Na element materiálu působí tlakové napětí (vytvoří se průměr výtažku) a tahové napětí (vytvoří se výška výtažku) [1,4]



Obr. 16 přemístění materiálu při tažení [1]

Celý proces tažení materiálu probíhá několika etapami:

1. radiální tažení mezi tažnicí a přidržovačem
2. ohyb na tažné hraně
3. vypínání mezi tažnicí a tažníkem
4. ohyb na poloměru tažníku
5. vypínání na dně tažníku



Obr. 17 schéma procesu hlubokého tažení [6]

Při tažení vytvoříme z rovinného přístřihu prostorové tvary (např. kryty, víka, nádoby atd.), které již nejsou rozvinutelné do roviny. Hluboké výtažky je nutné vyrábět na více tahů s více tažníky a tažnicemi postupně. [2,6]

Je-li stupeň deformace velký (např. při hlubokém tažení), je příčinou přeložek a vln. K jejich zamezení je třeba s nástrojem použít přidržovač. Je-li přidržovač nutný, počítáme dle empirických vztahů:

pro první tah: $\frac{t}{D_p} \cdot 100 > 5 \cdot (1 - m_1) \Rightarrow$ pokud platí, přidržovač není nutný

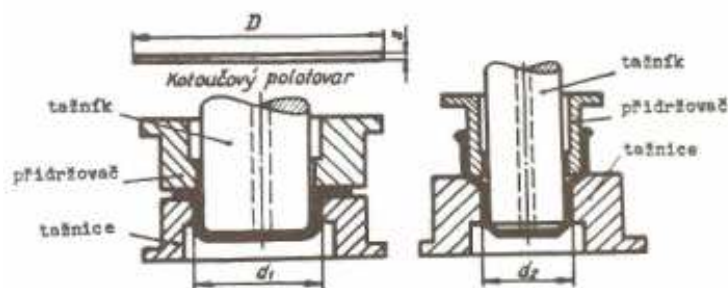
pro další tahy: $t > 0,011 \cdot \frac{d_n}{m_n} \Rightarrow$ pokud platí, přidržovač není nutný

t -tloušťka přístřihu v mm

D_p -průměr přístřihu v mm

m -součinitel tažení

d -průměr kalíšku



Obr. 18 tažení s přidržovačem v první a druhé tažné operaci [1]

V případě jeho použití je důležité znát velikost jeho tlaku p . U jednoduchých nástrojů jej nelze měnit. Tlak přidržovače závisí na tloušťce plechu, jeho jakosti a součiniteli tažení a poměru s_0/d_1 . Měrný tlak p určíme např. z grafu. Celková síla přidržovače je určena součinitelem měrného tlaku p a jeho činné plochy. [1]

2.2.1 Postup tažení

Návrh technologického postupu hlubokého tažení závisí na :

- a) určení velikosti polotovaru
- b) rozdělení operací

Stanovení velikosti přístřihu:

Stanovení velikosti přístřihu, ze kterého je tažen výrobek je při tažení bez ztenčení stěny jednoduché. Velikost přístřihu se určuje ze zákona o zachování objemu. $V_{pol} = V_{výt}$. Vychází z velikosti ploch přístřihu a výlisku. Přidává se přídavek na odstřížení nepravidelného okraje (přibližně 3% pro první tah a další 1% na každý tah), který vzniká z důvodů anizotropie materiálu. Průměr přístřihu (pro tažení bez ztenčení stěny) se počítá podle vzorce

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh} \quad (2.5)$$

d -průměr výtažku v mm

h -výška výtažku

Přístřihy výtažků se složitou tvořící křivkou se stanoví použitím Guldinovy věty, která zní: Plocha rotačního tělesa, které je vytvořeno otáčením rovinné křivky délky L kolem osy rotace, se rovná součinu délky křivky a dráhy jejího těžiště při rotaci.

Rozdělení tažných operací:

Pro určení maximální deformace na jeden tah a počtu tažných operací, má rozhodující vliv součinitel tažení. Pro první tah výtažku je součinitel tažení:

$$m_1 = \frac{d_1}{D} \quad (2.6)$$

d_1 -průměr výtažku

D -průměr přístřihu

Pro další tahy je součinitel tažení:

$$m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}} \quad (2.7)$$

Jeho velikost je ale jiná, než pro první tah. Hodnoty součinitelů tažení válcových nádob jsou uvedeny v tabulkách. Obecně m závisí na tvaru výtažku, materiálu, zpevnění předchozími tahy, poměrné tloušťce t/D , tažné rychlosti a geometrii tažného nástroje. Vliv má také tlak přidržovače a mazání při tažení. Se snižující poměrnou tloušťkou se m zvětšuje.[1,6]

2.2.2 Rozdělení tažných nástrojů

Lze je dělit podle druhu konané technologické operace nástroje pro první a další tahy. Dále podle funkce na:

- a) jednoduché, dvojité či trojité, které konají při jednom zdvihu smýkadla tento počet tahů současně
- b) jednočinné - pracují s pevným přidržovačem nebo bez něho.
dvojčinné - s přidržovačem, který je ve stole lisu
trojčinné – mají vedle přidržovače další tažník, který ještě táhne po ukončení základního tahu
- c) sdružené – tažení je spojeno s další operací např. s vystřížením polotovaru, ostřížením, kalibrací apod.
- d) postupové – táhne se postupně z pásu plechu

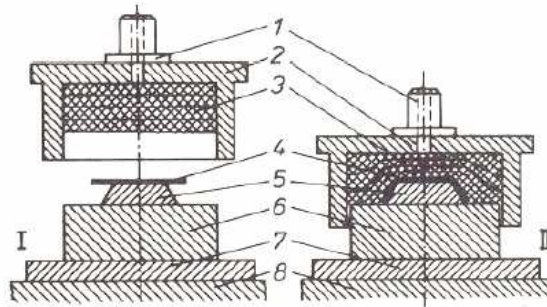
2.2.3 Tažné lisy

Pro jednočinné tažení se dají používat výstředníkové, hydraulické, klínové a třecí lisy pouze omezeně. Pro dvojčinné a trojčinné už vůbec. Pro ně se používá speciálních tažných lisů. Ty mají ve srovnání např. s výstředníkovými větší zdvih, větší setrvačnick a silnější motor. Větší zdvih umožňuje použití kliky. Charakteristickým znakem je jeho jmenovitá síla, kterou musí vyvinout už 90° před dolní úvratí. Mají dvě smýkadla, vnitřní na vlastní tažení, vnější na přidržovač. [1]

2.2.4 Speciální způsoby tažení

Tažení nepevnými nástroji:

tažení pryží (metoda Guérin):



1-upínací stopka, 2-skříň, 3-pryžový polštář, 4-tvářený materiál, 5-tažník, spodní deska, 7-základová deska, 8-stůl lisu GUÉRING

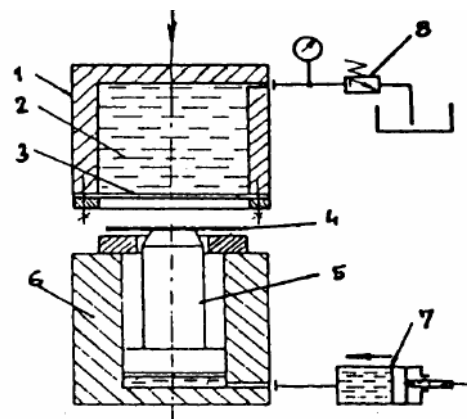
Obr. 19 tažný nástroj pro tažení pryží systém Guérin [6]

Metoda Marform:

Jedná se o vylepšenou formu předchozí metody, metoda je vhodná pro hluboké tažení, protože používá přidržovače.

Metoda Hydroform:

Tažnice je zde nahrazena kapalinou uzavřenou v tlakové nádobě pomocí pryžové membrány.



1-tlaková nádoba, 2- tlakové médium, 3-membrána, 4- polotovar, 5-tažník s pístem, 6-tlakový válec, 7-pracovní hydraulický válec,

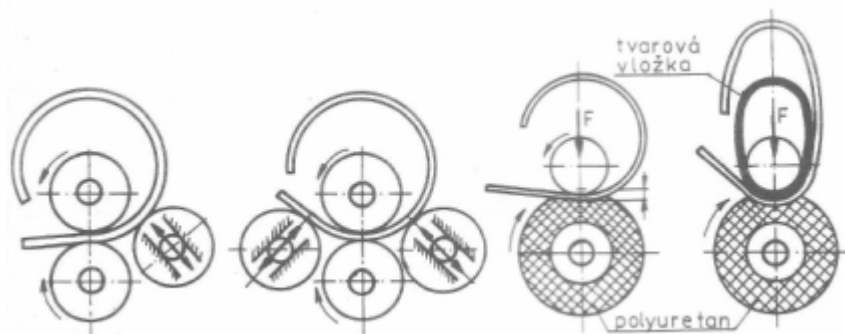
Obr. 20 schéma tažného nástroje systém Hydroform [6]

Metoda Hydromec (hydromechanické tažení):

Tlaková kapalina působí na výtazek přímo (není oddělena pryžovým vakem) [6]

2.3 Zakružování

Je to stáčení materiálu do kruhu nebo plechu do kuželové nebo válcové plochy. Oblast ohybu se postupně a plynule posouvá po celé délce zakružovaného materiálu, zakřivení se tedy postupně zvětšuje na žádanou hodnotu. Provádí se na zakružovačkách, kde jsou funkčními součástmi buď kotouče, nebo válce. Tříválcové buď neumožňují zakroužit oba konce plechu do správného poloměru, nebo nezakružovala jednu stranu plechu. Proto se nejvíce využívá čtyřválcových zakružovaček, které zakružují plech na obou stranách.



Obr. 21 porovnání různých způsobů zakružování [2]

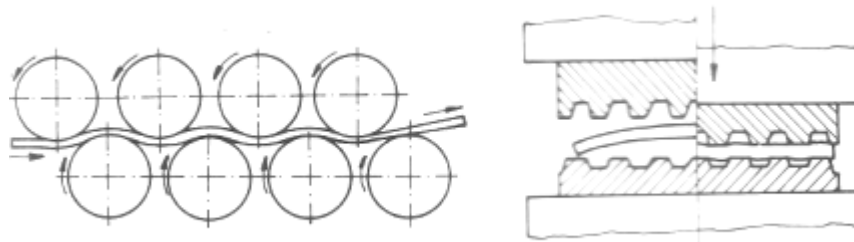
Pokud probíhá zakružování na dvouválcové zakružovačce, pak je povrch jednoho válce potažen polymerem (pryž, polyuretan apod.), který umožní deformaci materiálu zatlačením přítlačným válcem do pružného povrchu. Při otáčení pak dochází k plynulé deformaci a zakružování. Velikost samotného zakřivení se mění s hloubkou zatlačení plechu přítlačným válcem do povrchu měkkého válce. Výhodou je možnost zakroužení na jedinou operaci, u tří nebo čtyřválcových se většinou zakružuje postupně na více operací. Výhodou dvouválcových je možnost zakroužit i jiné tvary než kruhové, což je u jiných technologií velmi obtížné. [2]

2.4 Rovnání

Plech se dopravou a manipulací často zdeformují, proto je před použitím musíme rovnat. Rovnání je nezbytnou přípravnou operací před dalším zpracováním. Tabule nebo pás plechu odebíraný ze stočeného svitku je nutno před zpracováním narovnat.

Rovnání je založeno na principu ohýbání a provádí se vložením plechu mezi rovnací válce. Rovnání plechu spočívá v několikanásobném ohýbání plechu mezi válci. Při rovnání musí být v celém průřezu rovnáného polotovaru dosažena taková plastická deformace, která bu-

de větší než deformace nahodilá v kterémkoliv místě. Čelistmi s jehlanovitými nebo hranolovitými výstupky se rovná účinněji než čelistmi hladkými. Lze je však použít jen tam, kde nebudou vadit malé vtisky do povrchu plechu. Vtlačení výstupků vzniknou místní napětí, která přeruší původní účinek napětí v povrchové vrstvě plechu, které způsobilo zakřivení.[2]

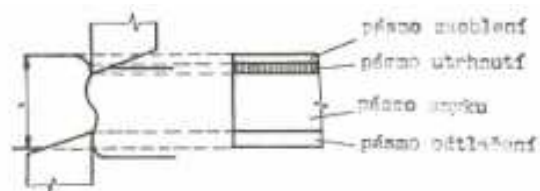


Obr. 22 princip rovnání plechů a pásů [2]

2.5 Stříhání

Stříhání je jedna z nejrozšířenějších operací ve výrobě. Používá se k dělení tabulí, nebo svitků plechu na pásy, nebo pro další pomocné operace, např.: dělení profilových polotovárů, vystřihování různých tvarů, odstříhujeme, prostřihujeme apod.

Stříháním se rozumí oddělení části materiálu za působení protilehlých řezných hran, které způsobují v řezné rovině smykové napětí. Oddělení však nenastane přesně v žádané rovině. Je to z toho důvodu, že materiál je tvárný, elastický a smykové napětí způsobí tlak nožů na celé ploše. Stříhání se proto jen přibližuje k čistému smyku a to podle toho, jak mnoho se tlak nožů přemění ve smykové napětí. Na odstříhnuté ploše rozeznáváme různá pásma



Obr. 23 deformační pásma při stříhání [1]

Za studena je možné stříhat oceli jen do $R_m=400\text{MPa}$ Tvrdší je nutné stříhat za tepla. Teplota předehřevu se pohybuje kolem 700°C , při této teplotě výrazně klesá pevnost ve srovnání s pevností při 20°C . Při stříhání za tepla se nejen zmenší střížná síla, ale rovněž odpa-

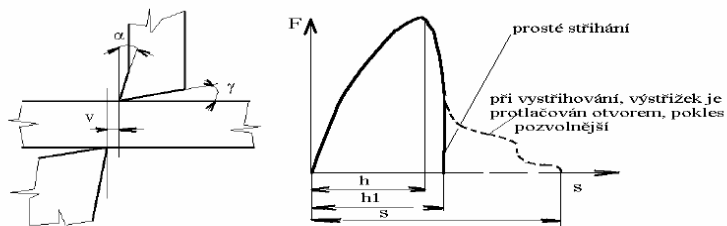
dá i nebezpečí vzniku trhlinek. Stříhá se však nejčastěji za studena, protože ohřev zvyšuje výrobní náklady.

Stříhat se dá podle vzájemného pohybu a konstrukce nožů:

- rovnoběžnými noži
- skloněnými noži
- kotoučovými noži [1,2]

2.5.1 Stříhání s rovnoběžnými noži

Při stříhání s rovnoběžnými noži jsou nože vzájemně rovnoběžné a kolmé na plochu stříhaného materiálu. Při skutečném stříhání nejde jen o čistý smyk, ale o kombinované namáhání. Částečným ohybem se průřez materiálu zvětší a nože se otupují. Proto se skutečná střížná síla zvětší o 15-30% [1]

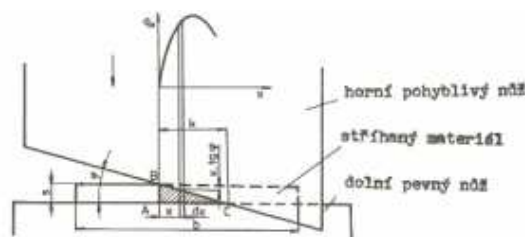


Úhel $\alpha = (0) (0,5 - 3)^\circ$. Při úhlu větším než 0, kvalitnější střížná plocha. Úhel $\gamma = (0) (3 - 12)^\circ$, větší úhly pro měkké materiály. Vůle $v = (2 - 10)\% s$. Větší hodnoty se zvyšující se pevností materiálu. $v = (2 - 3)\% s$ pro $s > 10 - 15$ mm.

Obr. 24 prosté stříhání rovnoběžnými noži [6]

2.5.2 Stříhání se skloněnými noži

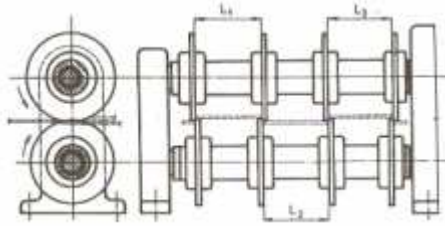
Podle obrázku je patrné, že nože jsou skloněny o úhel φ . Výhodou je, že se zmenší střížná síla, jelikož se stříhá postupně. Střížná síla bude úměrná velikosti plochy trojúhelníka, která nám udává velikost v daném okamžiku stříhané plochy a pevnosti ve smyku. [1]



Obr. 25 stříhání šikmými noži [1]

2.5.3 Stříhání kotoučovými noži

Kotoučových nožů se používá při stříhání plechu v kruhových nebo jiných křivkových tvarech. Používají se často pro dělení svitků plechů na pásy s neomezenou délkou. Při použití kotoučových nožů se prodlužuje doba stříhání, ale podstatně se sníží rázy při střížném procesu. [1]



Obr. 26 kotoučové nože pro stříhání pásů [1]

2.5.4 Střížná síla

$$F_s = l \cdot t \cdot \tau_{p,s} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad [N] \quad (2.8)$$

l -délka střížné hrany v mm

t -tloušťka stříhaného materiálu v mm

$\tau_{p,s}$ -napětí na mezi pevnosti ve smyku v MPa

K_1 -součinitel vyjadřující hloubku vniknutí nože do materiálu, je závislý na materiálu a jeho stavu.

K_2 -součinitel vyjadřující otupení, vůle a jakost povrchu nože

$\tau_{p,s}$ lze pro běžné materiály najít v tabulkách. Přibližně můžeme $\tau_{p,s}$ určit z meze pevnosti

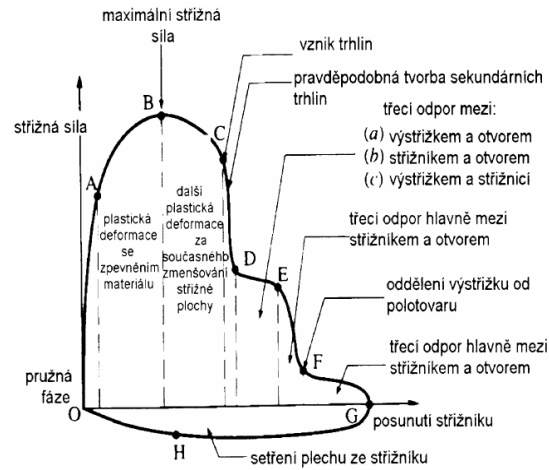
$$\tau_{p,s} = K_3 \cdot R_m \quad (2.9)$$

$K_3=0,65-0,9$ podle materiálu

při stříhání musí platit: $F_L > F_s$

F_L -síla lisu

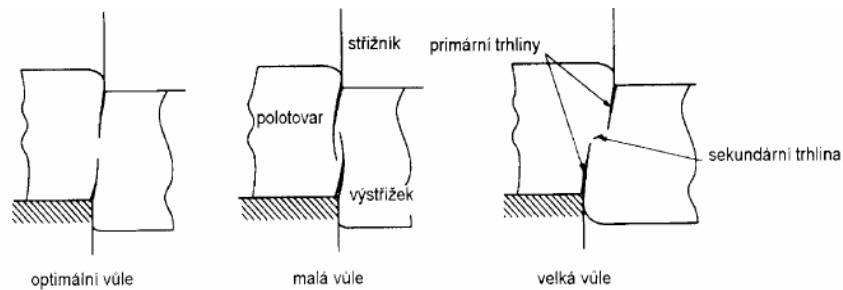
Střížnou sílu lze dodatečně zmenšit podbroušením střížníku, nebo odstupňováním střížníků. [6]



Obr. 27 průběh střížné síly při vystřihování [6]

2.5.5 Střížná vůle

Je to rozdíl mezi rozměrem pracovních částí střížníku a střížnice. Střížná mezera je polovina střížné vůle. U optimální střížné vůle se natržení od střížných hran střížníku a střížnice setkají a tím se materiál oddělí při minimální střížné síle. Při malé i velké vůli se kvalita střížné plochy snižuje.



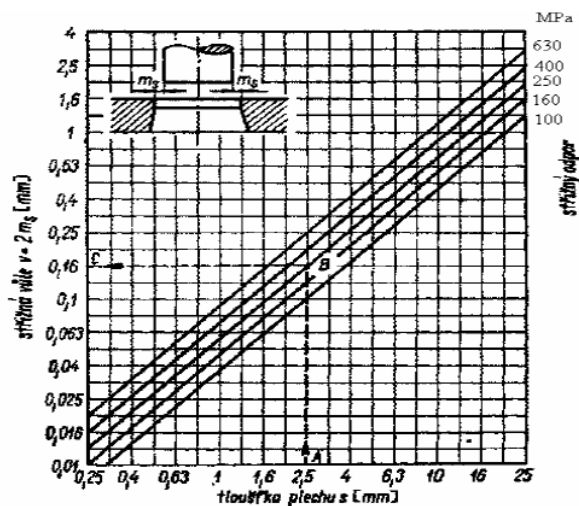
Obr. 28 vliv střížné vůle na tvorbu střížné plochy [6]

Žádá-li se přesný rozměr výstřížku, střížník by měl být o dvojnásobnou velikost mezery a menší a střížnice má mít jmenovitý rozměr. Žádá-li se přesný otvor, má střížník jmenovitý rozměr a střížnice je o dvojnásobek mezery a zvětšena.

Tab. 2 doporučená vůle mezi průstřížníkem a průstřížnicí[4]

tloušťka materiálu v mm	Vůle 2a v % tloušťky materiálu na průměr		
	měď, mosaz, měkká ocel	ocel do pevnosti 48 kg/mm ²	ocel s pevností větší než 48 kg/mm ²
0,1-0,5	5	6	7
0,6-1,0	6	7	8
1,1-2,0	7	8	9
2,2-3,4	7	8	10
3,6-4,0	8	9	10
4,2-5,5	10	11	12
6,0-6,5	12	14	16
7,0-7,5	13	15	17
8,0-8,5	14	16	18
9,0-12,0	15	17	20

Střížnou vůli lze také určit z nomogramu: [6]



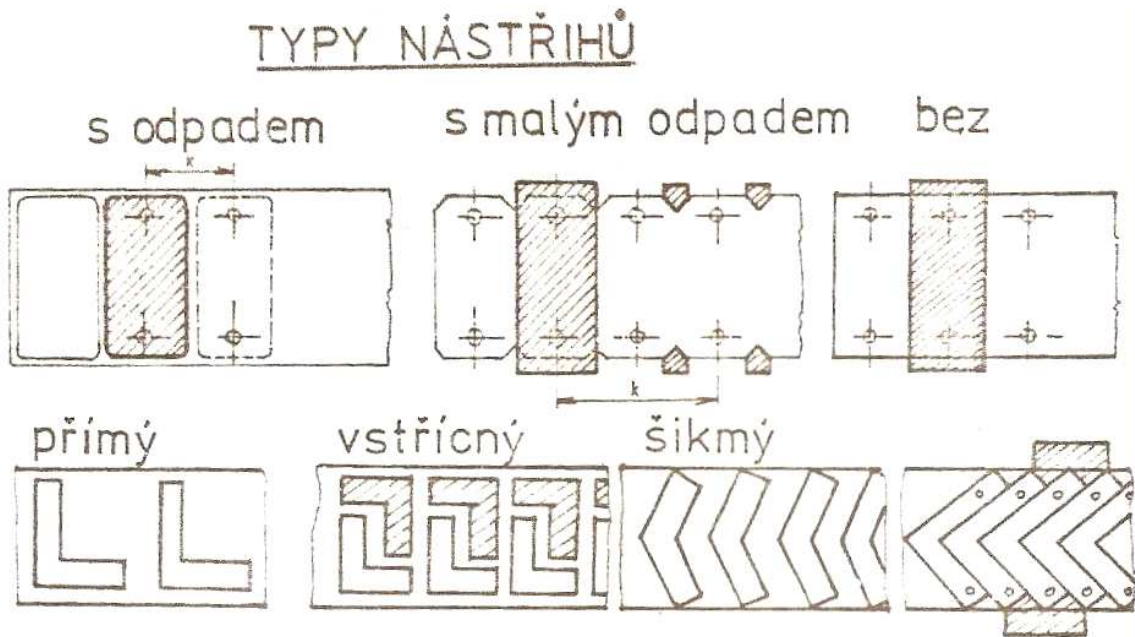
Obr. 29 nomogram k určování střížné vůle [6]

2.5.6 Nástřihový plán

Nástřihový plán je způsob rozmístění výstřížku na pásu plechu.

Při stříhání je nutné výstřížky rozmístit na pásu plechu tak, aby byl odpad co nejmenší. Odpad, ať už konstrukční nebo technologický je nedílnou součástí procesu stříhání. Volba nástřihového plánu je závislá na konstrukci a tvaru výrobku, na dodržování zásad konstrukce a na minimálních vzdálenostech mezi výrobkem a okrajem pásu.

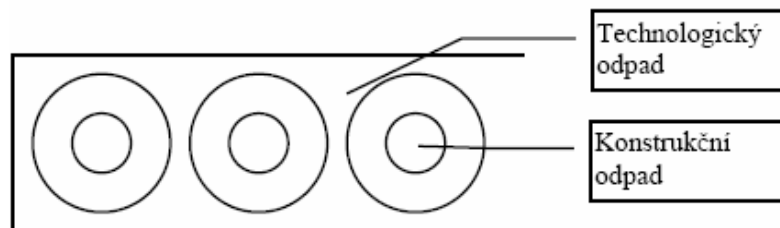
Nástřihový plán může být buď kusový, nebo skupinový, kdy se stříhá tvar jednoho výrobku. Dále se dělí nástřihy takto: [9]



Obr. 30 typy nástřihů [3]

2.5.7 Výpočet ekonomie stříhání

Uspořádání na pásu plechu a tvar výstřihu má vliv na hospodárné využití materiálu. Při stříhání vzniká odpad, ten se dělí na Konstrukční a technologický.



Obr. 31 nástřihový plán pro stříhání podložky [11]

Pro výpočet hospodárného využití materiálu se používá vztah:

$$k_m = \frac{S_v}{S_p} \cdot 100 \quad (2.10)$$

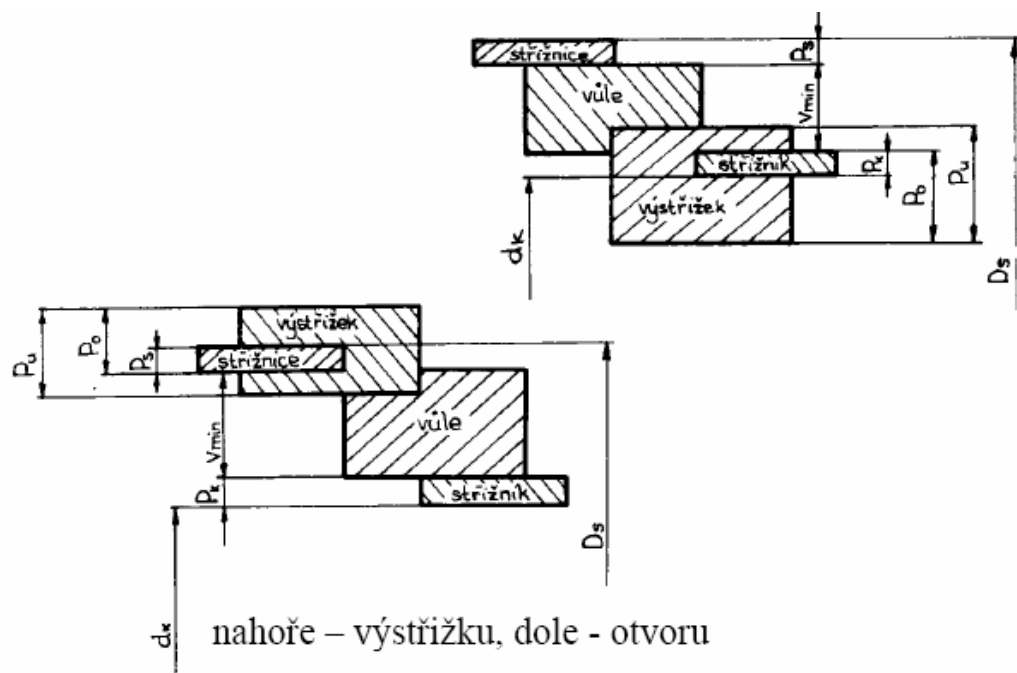
k_m -koeficient, který vyjadřuje vhodnost nástřihového plánu v %

S_v -plocha výstřžku v mm^2

S_p -plocha pásu v mm^2 [11]

2.5.8 Přesnost a jakost povrchu při stříhání

Při stříhání materiálů do tloušťky $t=4\text{mm}$ a rozměru menšího než 200mm lze dosáhnout přesnosti IT12 až IT14. U stříhadel s vyšší přesností, přidržovačem polotovaru a s vodícími stojánky lze dosáhnout přesnosti IT9 až IT11. Drsnost střížné plochy při vystřihování je $R_a=3,2$ až $6,3\mu\text{m}$ a u děrování $R_a=6,3$ až $12,5\mu\text{m}$. Při zvyšující se tvrdosti materiálu se zhoršuje jakost střížné plochy. Jakost povrchu střížné plochy lze zvýšit rychlostí stříhání. [6]



Obr. 32 toleranční pole při stříhání [6]

2.5.9 Nástroje pro stříhání

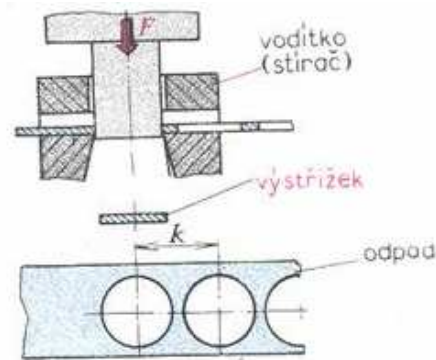
Stříhací nástroje neboli stříhadla jsou nástroje, kdy horní nůž je pohyblivý-střížník a dolní nůž je pevný-střížnice.

Nástroje můžeme rozdělit podle počtu operací na: jednoduché, sloučené postupové sdružené a sdružené postupové. Dále podle počtu výrobků na jednonásobné a vícenásobné.

Rozdělení podle počtu operací:

Jednoduché střížné nástroje

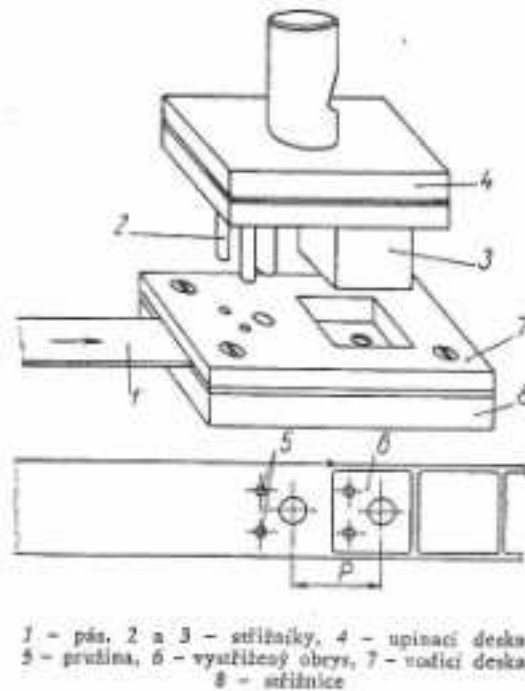
Jednoduchý střížný nástroj je určen pro jednu operaci. Poloha pásu se zajistí pevným pásem, posuv je o hodnotu kroku (velikost výrobku plus můstek)



Obr. 33 jednoduchý střížný nástroj [9]

Postupové střížné nástroje

Postupové stříhadlo zhotovuje výtřížek postupně na několik kroků. Používá se načínací doraz při vložení nového pásu, poloha pásu je zajištěna pevným koncovým dorazem. Vyráběná součást je čtyřhranná s jedním větším a dvěma menšími otvory.

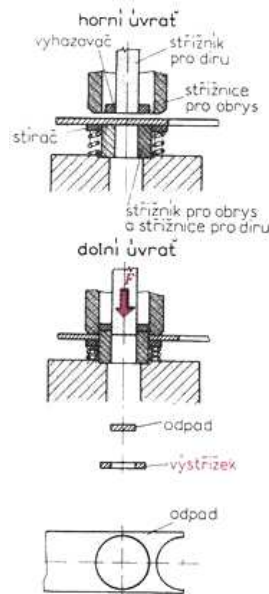


Obr. 34 postupové prostřihovadlo [7]

Sloučené a sdružené střížné nástroje

Sloučený nástroj je konstruován pro několik operací na jeden krok. Tedy například při stříhání dochází jak k vystřihování, tak k děrování.

Sdružený střížný nástroj se konstruuje pro sdružení různých pracovních operací na jeden krok (např.: stříhání, ohýbání, tažení apod.) Jde teda o sdružený postupový nástroj. [9]



Obr. 35 sloučené stříhadlo [9]

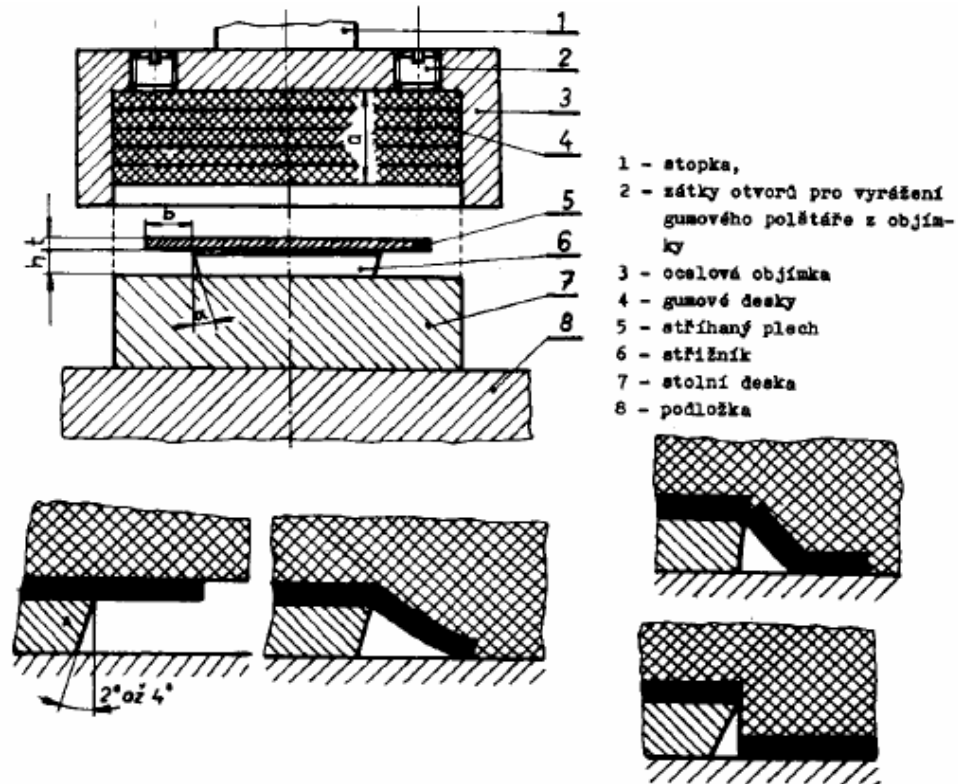
2.5.10 Speciální způsoby stříhání

Stříhání pomocí pryže

V malosériové výrobě tenkostěnných výstřížků (ocel do $s=1\text{mm}$, dural do $s=1,2\text{mm}$, hliník $s=2\text{mm}$) lze pevnou střížnici nahradit pružným materiálem. Pryž s tvrdostí 65-80 Sh. Tloušťka pryže $a=5-8(h)$

Tloušťka střížné hrany $h=4.t$

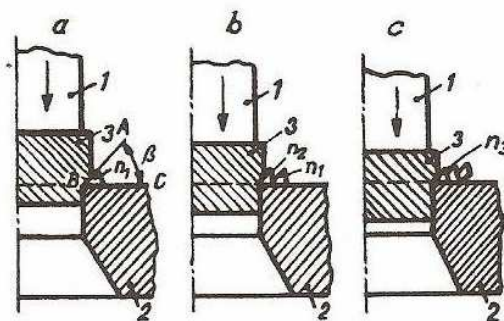
Stříhá se na hydraulických lisech, výhodou jsou levné nástroje a možnost kombinace operace s mělkým tažením a ohýbáním. Nevýhodou je velký odpad vyvolaný velkým přesahem materiálu, malá životnost pryže a malý výkon. [6]



Obr. 36 stříhání pryží [6]

Přistřihování

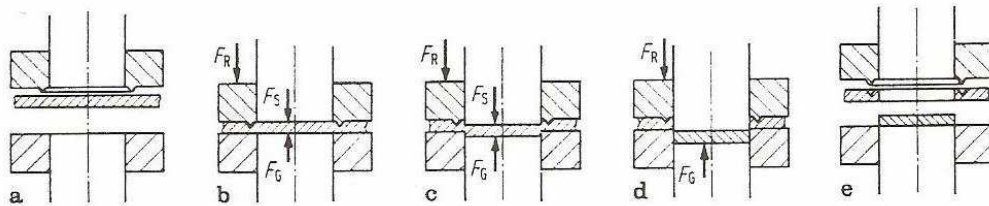
Stříhání se provádí na dvě operace. V první operaci se provádí normální stříhání ovšem s přidavkem na ostřížení. V druhé operaci se přidavek ostříhne. Polotovar se klade obráceně, než při první operaci, aby se výstřížek vyrovnal. Vlivem tlaku střížníku se vyvolá v úzkém pásmu materiálu mezi střížníkem a střížnicí tlakové napětí a při překročení meze pevnosti ve smyku se mezikružší oddělí. Kvalitu stříhu lze ještě zlepšit vibračním přistřihováním, nebo stříháním ve střížnici se zaoblenými hranami.



Obr. 37 přistřihování [1]

Stříhání s nátláčnou hranou

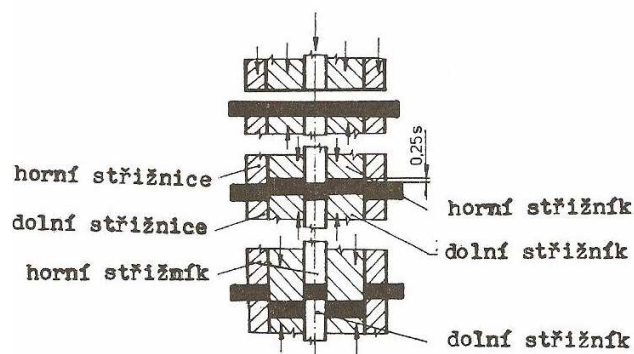
Probíhá tak, že před vlastním stříháním zatlačuje přidržovač do polotovaru nátláčnou hranu a následuje stříhání za protiúčinku vyhazovače (jako přidržovač). Princip metody spočívá v tom, že tlačná hrana vyvozuje kolem střižné plochy tlakovou napjatost, která způsobuje, že dochází k oddělení smykem v celé tloušťce plechu.



Obr. 38 přesné stříhání s nátláčnou hranou [1]

Reverzní stříhání

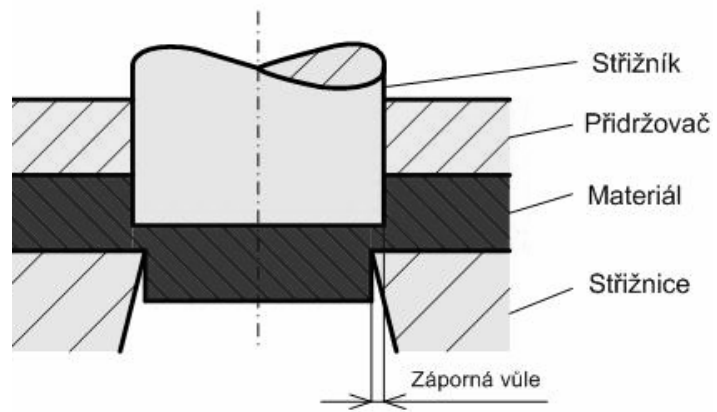
Je takové stříhání, při kterém je polotovar sevřen ve všech částech tak, že se výrazně neprojevují tahová pnutí.



Obr. 39 reverzní stříhání [1]

Stříhání se zápornou vůlí

Jde zde v podstatě o sloučení operací stříhání a přistřihování. Průměr střižníku je z pravidla větší o 0,1 až 0,2 tloušťky plechu, než je průměr střižnice. Střižník tedy neprojde do střižnice. Účelem je vyvolat tlakové napětí ve vnějším mezikruží polotovaru, mezi překrývajícími se částmi nástroje. Střižná síla je oproti běžnému stříhání větší. [1]



Obr. 40 stříhání se zápornou vůlí [9]

3 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V mé bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

1. Teoretická studie technologie plošného tváření
2. Návrh zařízení pro postupové stříhání pásu plechu na základě nástřihového plánu
3. Konstrukce sestavy ve 3D v prostředí CAD software
4. Zpracování výkresové dokumentace střížného nástroje pro postupové stříhání
5. Výroba střížného nástroje

V teoretické části bakalářské práce je popsána technologie plošného tváření, jednotlivé způsoby a metody tváření s popisem každého způsobu.

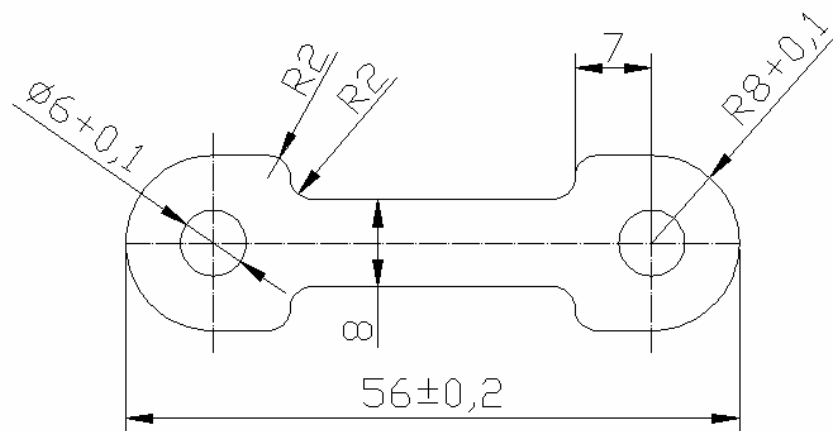
V praktické části jde o stanovení všech podmínek pro konstrukci postupového prostřihova-dla, samotný návrh prostřihova-dla, jeho konstrukce v 3D programu Autodesk Inventor a následná výroba postupového prostřihova-dla podle výkresové dokumentace. Cílem výroby je vystřížení předem stanoveného tvaru výrobku.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 TECHNOLOGICKÁ ČÁST

Pro návrh postupového prostřihovadla musíme nejprve určit tvar, rozměry, drsnost a materiál vystřihované součásti, tyto hodnoty dostaneme od zákazníka. Dále pak zjistíme množství vyráběných kusů. Dle zadaných hodnot vytvoříme výkres vystřižené součásti.

4.1 Tvar, rozměry a materiál výstřižku



Obr. 41 rozměry a tolerance výstřižku

Tloušťka plechu byla zadána $t=0,5\text{mm}$

Drsnost střížné hrany $Ra\ 3,2\ \mu\text{m}$

Počet vystřihovaných kusů 200

Materiál výstřižku ocel 11 321- konstrukční uhlíková ocel obvyklých vlastností

	Ocel tvářená
	Pořadový význam (použití)
	$R_m=320\ \text{MPa}$
	Třída oceli

Značka podle Evropské normy (EN 10027-2) **1.0332**

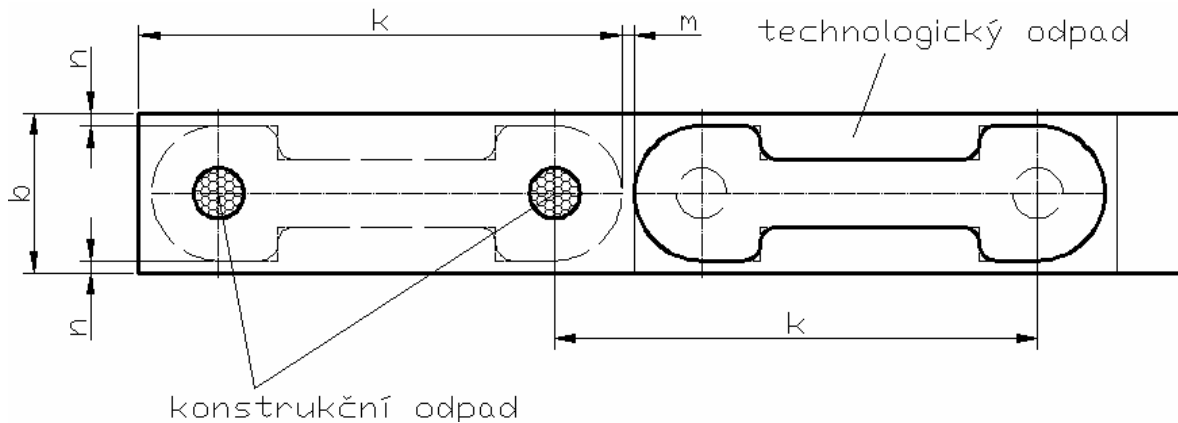
Je to ocel na pásy a plechy válcované kontinuálně za tepla z měkké oceli pro zpracování za studena

Šířka pásu plechu b :

Šířka pásu = výška výstřižku + 2x velikost bočního odpadu = $16 + 2 \times 1,5 = 19\text{mm}$

-šířku pásu plechu volíme vždy s tolerancí mínus: $b=19^{-0,2}\text{mm}$

4.3 Výpočet ekonomie stříhání



Obr. 43 nástřihový plán-výpočet ekonomie stříhání

k_m -součinitel využití materiálu. Určí se v % a vyjadřuje vhodnost nástřihového plánu.

Aby bylo stříhání ekonomicky výhodné, měl by být k_m větší než 70%.

$$k_m = \frac{S_v}{S_p} \cdot 100 \quad (4.11)$$

S_v -plocha výstřižku v mm^2 .

S_p -plocha pásu v mm^2

-pro zjednodušený výpočet plochy výstřižku neuvažujeme zaoblení.

$$k_m = \frac{S_v}{S_p} \cdot 100 = \frac{\frac{\pi \cdot 16^2}{4} + 7 \cdot 16 \cdot 2 + 8 \cdot 26}{19 \cdot 57,5} \cdot 100 = 58\%$$

$k_m = 58\% \Rightarrow$ nevyhovuje

-nástřihový plán není výhodný z důvodu členitosti výstřižku a z důvodu zvoleného jednořadého uspořádání. I přesto volím řešení jednořadého uspořádání, z důvodu potřebnosti nižší střížné síly a nízkého počtu výstřižků.

4.4 Určení střížné vůle

Střížnou vůli mezi střížníkem a střížnicí určím dle doporučených hodnot v tabulce 2. Pro tloušťku plechu $t=0,5\text{mm}$ a materiálu 11 321 odpovídá střížná vůle $v=0,5 \cdot 0,06=0,03\text{mm}$

$$v = 0,03\text{mm}$$

4.5 Výpočet potřebné střížné síly

Střížnou sílu počítáme ze vzorce:

$$F_s = L \cdot t \cdot \tau_{p,s} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (4.12)$$

L – délka střížné hrany

t – tloušťka stříhaného materiálu

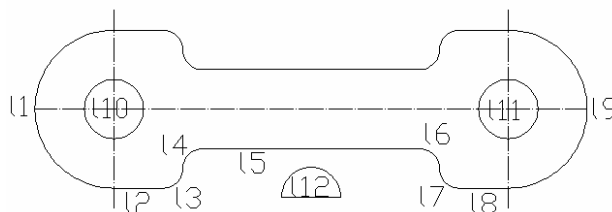
$\tau_{p,s}$ – napětí na mezi pevnosti ve smyku

K_1 - součinitel vyjadřující hloubku vniknutí nože do materiálu, je závislý na materiálu a jeho stavu.

K_2 -součinitel vyjadřující otupení, vůle a jakost povrchu nože

Je nutné počítat střížnou sílu pro vystřížení obvodu, dvě střížné síly pro děrování otvorů a střížnou sílu pro vytvoření otvoru na doraz.

4.5.1 Výpočet délek střížných hran



Obr. 44 délky střížných hran-výpočet střížné síly

$$L_1=(l_2+l_3+l_4+l_5+l_6+l_7+l_8) \cdot 2+l_{10}+l_{11}=(5+\pi+\pi+22+\pi+\pi+5) \cdot 2+(\pi \cdot 8)+(\pi \cdot 8)$$

$$L_1=139,40\text{mm}$$

$$L_2=l_{10}=l_{11}=\pi \cdot 6=18,85\text{mm}$$

$$L_3=l_{12}=\pi \cdot 6/2=9,42\text{mm}$$

4.5.2 Stanovení meze pevnosti ve smyku a koeficientů

Mez pevnosti ve smyku určíme ze vzorce:

$$\tau_{p,s} = K_3 \cdot R_m \quad (4.13)$$

$$K_3 = 0,65 - 0,9 \Rightarrow \text{volím podle materiálu } K_3 = 0,75$$

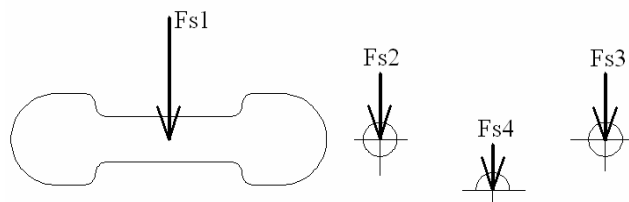
R_m pro materiál 11 321 = 320 MPa

$$\tau_{p,s} = K_3 \cdot R_m = 0,75 \cdot 320 = 240 \text{ Mpa}$$

K_1 volím 1,4

K_2 volím 1,2

4.5.3 Výpočet jednotlivých sřížných sil



Obr. 45 výpočet sřížných sil

$$F_{s1} = L_1 \cdot t \cdot \tau_{p,s} \cdot K_1 \cdot K_2 = 139,40 \cdot 0,5 \cdot 240 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 28103,44 \cong 28100 \text{ N}$$

$$F_{s2} = L_2 \cdot t \cdot \tau_{p,s} \cdot K_1 \cdot K_2 = 18,85 \cdot 0,5 \cdot 240 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 3800,16 \cong 3800 \text{ N}$$

$$F_{s3} = F_{s2} = 3800 \text{ N}$$

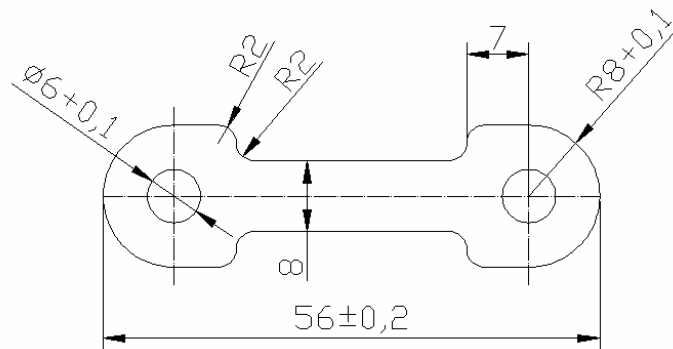
$$F_{s4} = L_3 \cdot t \cdot \tau_{p,s} \cdot K_1 \cdot K_2 = 9,42 \cdot 0,5 \cdot 240 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 1900,08 \cong 1900 \text{ N}$$

4.5.4 Celková sřížná síla

$$F_{s,c} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + F_{s4} = 28100 + 3800 + 3800 + 1900 = \underline{\underline{37600 \text{ N}}}$$

4.6 Určení rozměrů sřížníku a sřížnice

Při vystřihování určuje rozměr výsřížku sřížnice, proto rozměry sřížnice počítáme jako první. Při děrování určuje rozměr díry sřížník, proto rozměry sřížníku počítáme jako první.



Obr. 46 rozměry a tolerance výstřížku

4.6.1 Určení tolerance rozměrů střížníku a střížnice

Tolerance rozměrů pro střížník a střížnici určíme ze vztahu

$$t = \frac{v}{10} \quad (4.14)$$

Kde v je střížná vůle (určení střížné vůle kapitola 4.4)

$$t = \frac{v}{10} = \frac{0,03}{10} = 0,003 \text{ mm}$$

Z důvodu zbytečně vysoké tolerance volím $t=0,01 \text{ mm}$

4.6.2 Rozměry střížníku a střížnice s tolerancemi

Vystřihování tolerovaného rozměru $56 \pm 0,2 \text{ mm}$:

$$\text{Střížnice} = (DMR + 10\text{ až } 20\% T)^{+t}$$

$$\text{Střížnice} = (55,98 + 0,1.0,4)^{+0,01}$$

$$\text{Střížnice} = 56,02^{+0,01} \text{ mm}$$

$$\text{Střížník} = (\text{Střížnice} - v)^{-t}$$

$$\text{Střížník} = (56,02 - 0,03)^{-0,01}$$

$$\text{Střížník} = 55,99^{-0,01} \text{ mm}$$

Vystřihování tolerovaného rozměru $R8^{+0,1} \text{ mm}$:

$$\text{Střížnice} = (DMR + 10\text{ až } 20\% T)^{+t}$$

$$\text{Střížnice} = (16 + 0,1.0,1)^{+0,01}$$

$$\text{Střižnice} = 16,01^{+0,01} \text{ mm}$$

$$\text{Střižník} = (\text{Střižnice} - v)^{-t}$$

$$\text{Střižník} = (16,01 - 0,03)^{-0,01}$$

$$\text{Střižník} = 15,98^{-0,01} \text{ mm}$$

Vystřihování netolerovaného rozměru 8mm:

$$\text{Střižnice} = JMR^{+t}$$

$$\text{Střižnice} = 8^{+0,01} \text{ mm}$$

$$\text{Střižník} = (\text{Střižnice} - v)^{-t}$$

$$\text{Střižník} = (8 - 0,03)^{-0,01}$$

$$\text{Střižník} = 7,97^{-0,01} \text{ mm}$$

Děrování tolerovaného rozměru $\varnothing 6^{+0,1}$ mm

$$\text{Střižník} = (HMR - 10\text{ až } 20\% T)^{-t}$$

$$\text{Střižník} = (6,1 - 0,1 \cdot 0,1)^{-0,01}$$

$$\text{Střižník} = 6,09^{-0,01} \text{ mm}$$

$$\text{Střižnice} = (\text{Střižník} + v)^{+t}$$

$$\text{Střižnice} = (6,09 + 0,03)^{-0,01}$$

$$\text{Střižnice} = 6,12^{-0,01} \text{ mm}$$

DMR- dolní mezní rozměr výstřižku

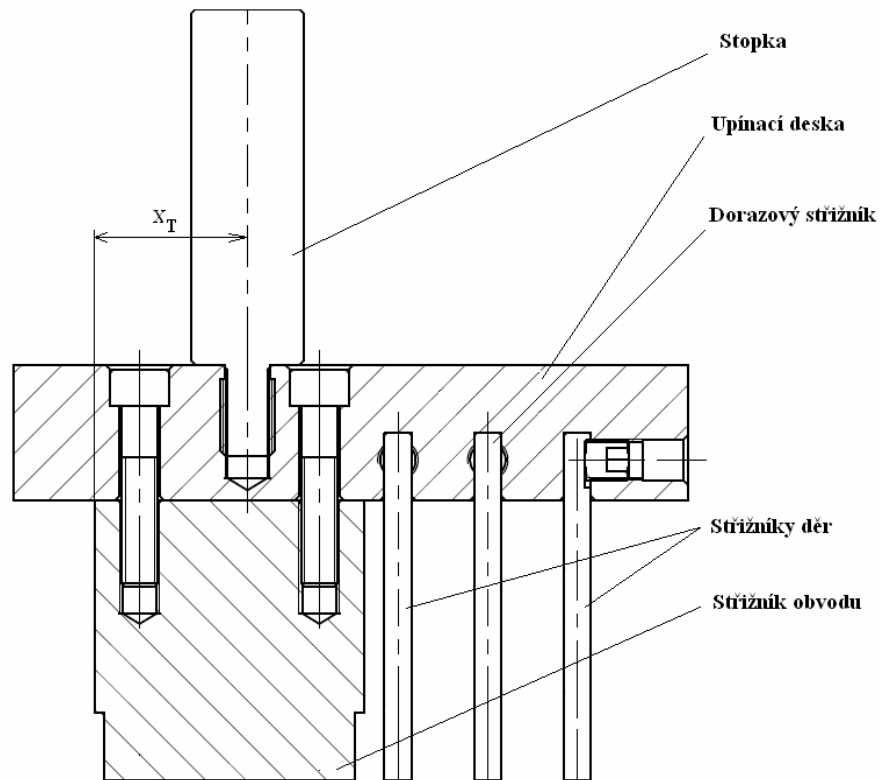
HMR- horní mezní rozměr výstřižku

JMR- jmenovitý rozměr výstřižku

T-tolerance výstřižku

4.7 Určení polohy stopky

Stopka je upevněna v pohyblivé části prostřihovadla (nákrůžkem, nebo našroubovaná) a slouží k upnutí pohyblivé části do beranu lisu. Poloha stopky je v místě působení výsledné střižné síly.



Obr. 47 poloha stopky

Počtení metoda určení polohy stopky:

Pro určení polohy stopky musíme nejdříve určit souřadnice jednotlivých střížných hran v ose x a y, následně pak určíme délky jednotlivých hran.

$$\text{Souřadnice v ose x: } X_T = \frac{\sum_1^n x_i \cdot l_i}{l} [\text{mm}] \quad (4.15)$$

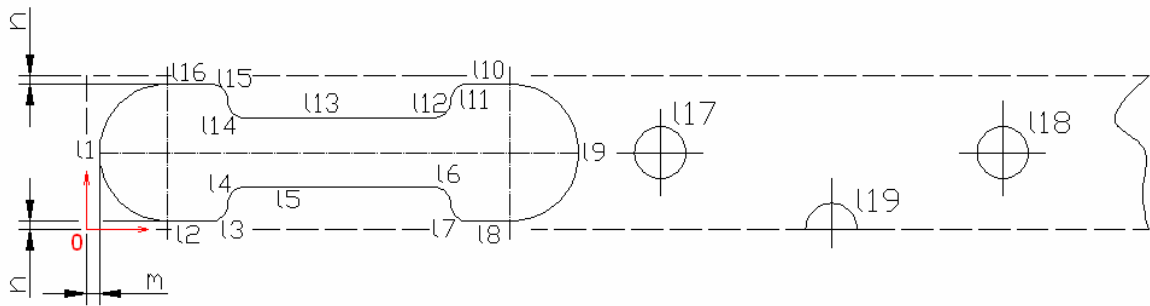
$$\text{Souřadnice v ose y: } Y_T = \frac{\sum_1^n y_i \cdot l_i}{l} [\text{mm}] \quad (4.16)$$

l_i - délka dílčích střížných hran [mm]

l - délka celkové střížné hrany [mm]

x_i - dílčí souřadnice střížných hran v ose x [mm]

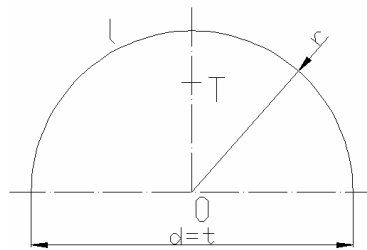
y_i - dílčí souřadnice střížných hran v ose y [mm]



Obr. 48 délky střížných hran-výpočet polohy stopky

Výpočet těžiště půlkruhu:

$$T_0 = \frac{r \cdot t}{l} [mm] \tag{4.17}$$



Obr. 49 těžiště půlkruhu

Tab. 3 délky střížných hran a jejich souřadnice v ose X a Y

	$l_i [mm]$	$X_i [mm]$	$Y_i [mm]$
l1	$\pi \cdot 8$	4,4	9,5
l2	5	12	1,5
l3	π	15,865	2,135
l4	π	17,135	4,865
l5	22	29,5	5,5
l6	π	41,865	4,865
l7	π	42,635	2,135
l8	5	47,5	1,5
l9	$\pi \cdot 8$	54,6	9,5
l10	5	47,5	17,5
l11	π	42,635	16,865
l12	π	41,865	14,135
l13	22	29,5	13,5
l14	π	17,135	14,135
l15	π	16,865	16,865
l16	5	12	17,5
l17	$\pi \cdot 6$	67	9,5
l18	$\pi \cdot 6$	107	9,5
l19	$\pi \cdot 6/2$	87	3,8197
l	186,5		

$$X_T = \frac{\sum_1^n x_i \cdot l_i}{l} = \frac{\pi \cdot 8,4,4 + 5,12 + \pi \cdot 15,865 + \pi \cdot 17,135 + 22,29,5 + \pi \cdot 41,865 + \pi \cdot 42,635 + 5,47,5 + \pi \cdot 8,54,6 + 5,47,5 + \pi \cdot 42,635 + \pi \cdot 41,865 + 22,29,5 + \pi \cdot 17,135 + \pi \cdot 16,865 + 5,12 + \pi \cdot 6,67 + \pi \cdot 6,107 + \frac{\pi \cdot 6}{2} \cdot 87}{186,5}$$

$$X_T = 44,056 \text{ mm}$$

$$Y_T = \frac{\sum_1^n y_i \cdot l_i}{l} = \frac{\pi \cdot 8,9,5 + 5,1,5 + \pi \cdot 2,135 + \pi \cdot 4,865 + 22,5,5 + \pi \cdot 4,865 + \pi \cdot 2,135 + 5,1,5 + \pi \cdot 8,9,5 + 5,17,5 + \pi \cdot 16,865 + \pi \cdot 14,135 + 22,13,5 + \pi \cdot 14,135 + \pi \cdot 16,865 + 5,17,5 + \pi \cdot 6,9,5 + \pi \cdot 6,9,5 + \frac{\pi \cdot 6}{2} \cdot 3,8197}{186,5}$$

$$Y_T = 9,04 \text{ mm}$$

4.8 Pevnostní výpočet střížníků (kontrola)

V této části se provede kontrola, jestli střížníky vyhovují na tlak a na vzpěr.

4.8.1 Kontrola na tlak

$$\text{Vycházíme z obecné pevnostní podmínky } \sigma_d = \frac{F_{s,c}}{S} \leq \sigma_{d,DOV} \quad (4.18)$$

σ_d - napětí ve střížníku

$\sigma_{d,DOV}$ - dovolené napětí ve střížníku=1200-1600MPa (pro nástrojové oceli)

Kontrola střížníku obvodu:

$$\sigma_d = \frac{F_{s1}}{S_V} \leq \sigma_{d,DOV} \quad (4.19)$$

$$\sigma_d = \frac{28100}{633,06} \leq \sigma_{d,DOV}$$

$$\sigma_d = 44,38 \text{MPa} \leq 1200 \text{MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola střížníku děr:

$$\sigma_d = \frac{F_{s2}}{S_0} \leq \sigma_{d,DOV} \quad (4.20)$$

$$\sigma_d = \frac{3800}{\frac{\pi \cdot 6^2}{4}} \leq \sigma_{d,DOV}$$

$$\sigma_d = 134,42 \text{MPa} \leq 1200 \text{MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

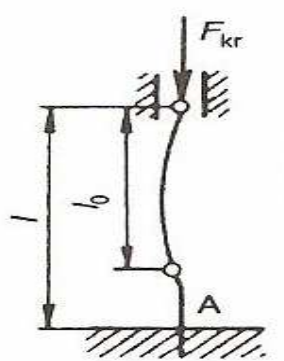
4.8.2 Kontrola na vzpěr

Kontrolujeme střížník nejmenšího průřezu.

Na vzpěr kontrolujeme střížníky z důvodu možného vzepření a následného vybočení střížníku, což může být způsobeno velkou střížnou silou a malou štíhlostí.

$$F_{vz,krit} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{l^2} \quad (4.21)$$

- jeden konec je upnutý, druhý je vedený v ose tyče.



Obr. 50 způsob uložení
konců střížníku[8]

E - modul pružnosti v tahu

Pro kalenou ocel je $E=1,8-1,86 \cdot 10^5 \text{MPa}$

$$I_{\min} \text{-kvadratický moment plochy, pro kruhový průřez } \frac{\pi \cdot d^4}{64} [\text{mm}^4] \quad (4.22)$$

l - volná délka střížníku -volíme ji 10-20mm

$$F_{vz,krit} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{l^2} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 1,8 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 6^4}{64}}{20^2} = 565089 N$$

$$\text{Pevnostní podmínka: } F_{vz,krit} \geq n \cdot F_{s2} \quad (4.23)$$

n - bezpečnost, pro kalené střížníky $n=2-3$

$$F_{vz,krit} \geq n \cdot F_{s2}$$

$$565089 \geq 3 \cdot 3800$$

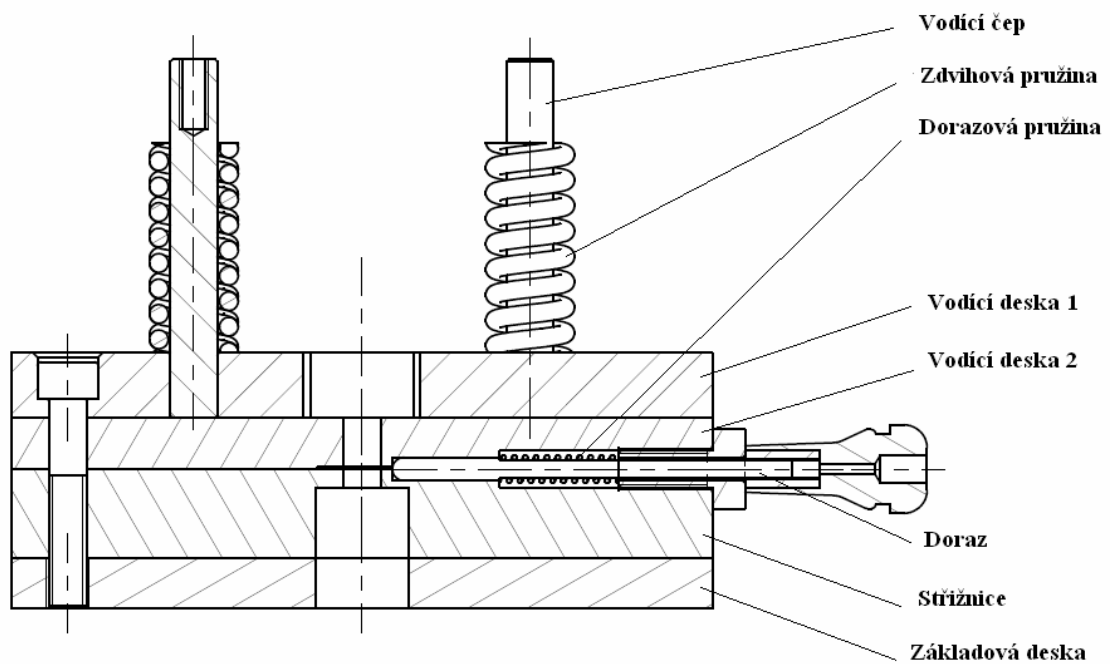
$$565089 \geq 11400 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.9 Návrh rozměrů desek a jejich materiály

Při navrhování rozměrů desek prostřihovadla nejprve určíme rozměry střížnice, podle které pak pomocí empirických vztahů určíme rozměry všech desek.

4.9.1 Pevná část prostřihovadla

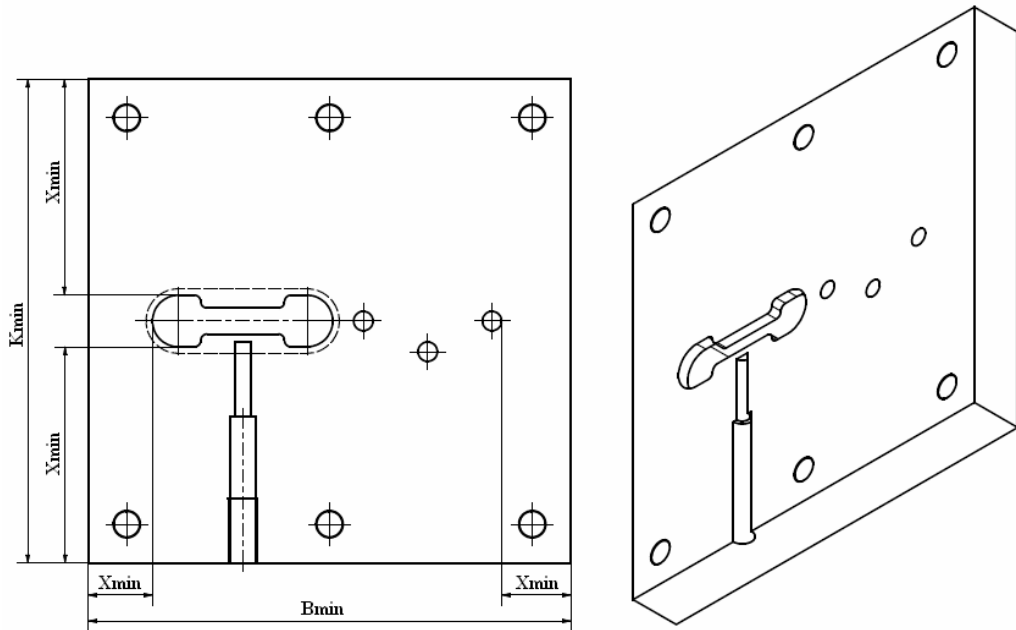
Pevnou část upínáme na stůl lisu.



Obr. 51 pevná část prostřihovadla

Střížnice

Minimální výška střížnice by měla být 15mm. Výšku střížnice určujeme podle tloušťky plechu. Pro tloušťku plechu $t=0,5\text{mm}$ volím výšku střížnice $H=19\text{mm}$



Obr. 52 střížnice

Vzdálenost střížné hrany od hrany střížnice by neměla být nižší, než 20mm.

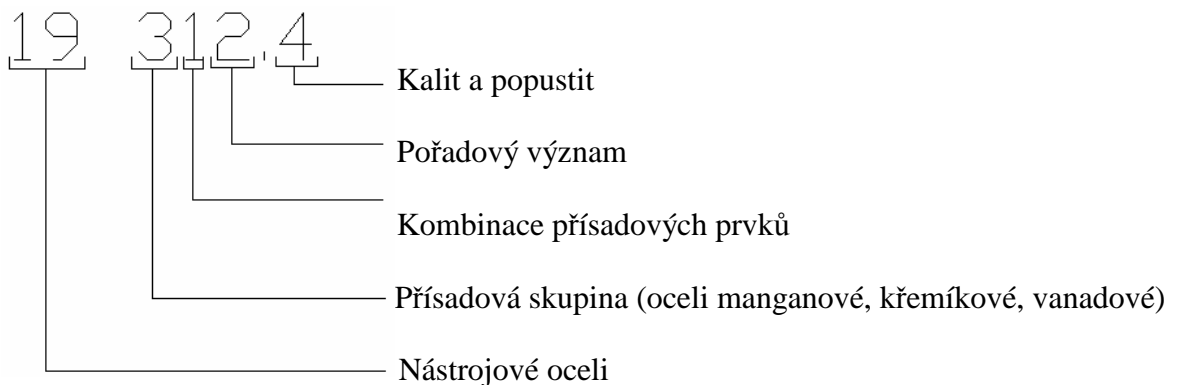
Minimální šířka $B_{\min}=20+56+52,5+20=148,5\text{mm}$

Minimální délka $K_{\min}=20+16+20=56\text{mm}$

Konečné rozměry střížnice volím $B=K=150\text{mm}$

Materiál střížnice:

Za materiál volím nástrojovou ocel 19 312.4



Značka podle Evropské normy (EN 10027-2) **1.2842**

Univerzálně použitelná nízkolegovaná Mn-V nástrojová ocel pro řezné a lisovací nástroje, do tloušťky plechu 6mm, pro vrtáky, výstružníky, měřidla, nože atd. Tvrdost HRC je asi 63.

Základová deska

Využíváme ji k tlumení střížných rázů a k upevnění prostřihovadla na stůl lisu.

Výška základové desky: $H_1=1-1,5.H$ (4.24)

$$H_1=1.19=19\text{mm}$$

Z důvodů vysoké hmotnosti snižuji výšku základové desky na **$H_1=11\text{mm}$** .

Šířku volím stejnou jako u střížnice: **$B_1=150\text{mm}$**

Délku volím pro možnost upínání ke stolu lisu větší: **$K_1=250\text{mm}$**

Materiál základové desky:

Materiál volím 11 523 konstrukční uhlíková ocel obvyklých vlastností.

Značení podle evropské normy (EN 10027-2) **1.0045**

Vodící deska2

Slouží k vedení střížníků a taky jako stěrač odpadu, dále jako doraz čela střížníku.

Výška vodící desky2: $H_2=0,8-1.H$ (4.25)

$$H_2=0,8.19=15,2\text{mm}$$

Z důvodu dvou vodících desek a tudíž i zajištění dobrého vedení střížníku snižuji výšku vodící desky2 na **$H_2=11\text{mm}$**

Šířku a délku volím totožnou jako u střížnice: **$B_2=K_2=150\text{mm}$**

Materiál vodící desky2:

Materiál volím 11 523 konstrukční uhlíková ocel obvyklých vlastností.

Značení podle evropské normy (EN 10027-2) **1.0045**

Vodící deska1

Slouží k vedení střížníků

Výška vodící desky1: $H_3=0,8-1.H$

(4.26)

$$H_3=0,8.19=15,2\text{mm}$$

Výšku vodící desky1 volím $H_3=15\text{mm}$

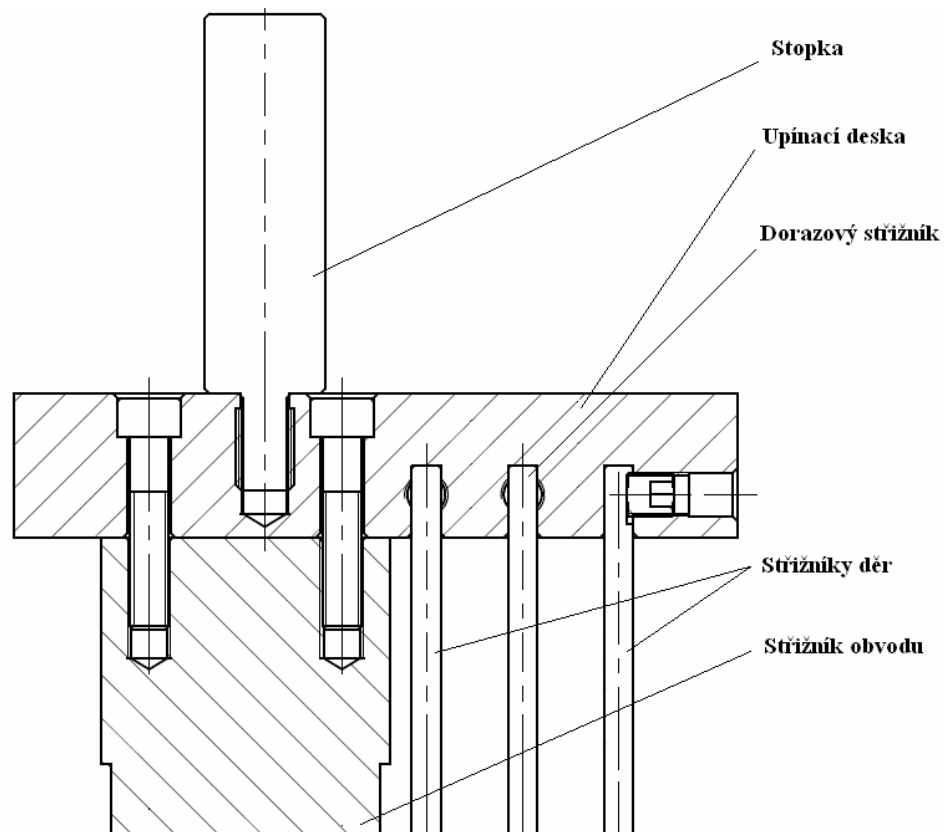
Šířku a délku volím stejnou jako střížnice: $B_3=K_3=150\text{mm}$

Materiál vodící desky1:

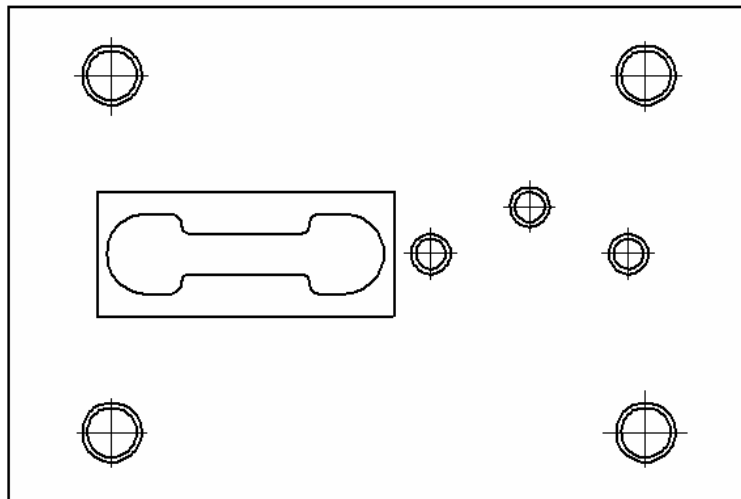
Materiál volím 11 523 konstrukční uhlíková ocel obvyklých vlastností.

Značení podle evropské normy (EN 10027-2) **1.0045**

4.9.2 Pohyblivá část prostřihovadla



Obr. 53 pohyblivá část prostřihovadla-pohled1



Obr. 54 pohyblivá část prostřihovadla-pohled2

Pohyblivá část prostřihovadla koná střížný pohyb vyvozený lisem, zpětný pohyb do původní polohy je zajištěn pružinami.

Při výpočtu nutnosti vložky (slouží k tomu, aby se hlavy střížníků nezatlačovaly do desky) bylo zjištěno, že vložka je nutná, avšak v prostřihovadle zakomponována není, protože by byla v jednodeskové upínací sestavě zbytečná. Upínací deska plní funkci upevnění střížníku a také slouží k upevnění stopky. Při absenci vložky a hlavice však byla výška upínací desky dostatečně dimenzována.

Upínací deska

Střížník obvodu je upevněn pomocí šroubů „natupo“ střížníky děr jsou zasunuty v desce a jejich poloha je zajištěna stavěcími šrouby s vnitřním šestihranem.

Výška upínací desky: $H_4=0,3-0,8.H$ (4.27)

$$H_4=0,8.19=15,2\text{mm}$$

Proto, že upínací deska slouží jak k upevnění střížníků, tak k upevnění stopky, volím její tloušťku vyšší: $H_4=30\text{mm}$

Šířku upínací desky volím $B_4=100\text{mm}$

Délku upínací desky volím $K_4=150\text{mm}$

Materiál upínací desky:

Materiál volím 11 523 konstrukční uhlíková ocel obvyklých vlastností.

Značení podle evropské normy (EN 10027-2) **1.0045**

Střížníky

Střížníky vystřihují dva otvory na pásu, dále drážku pro doraz a obvod výrobku.

Střížníky děr a střížník drážky pro doraz jsou stejné.

Průměr střížníků je $d_s=6\text{mm}$ (dle výkresu výstřížku) celková délka je $l_s=77\text{mm}$

Materiál střížníků děr:

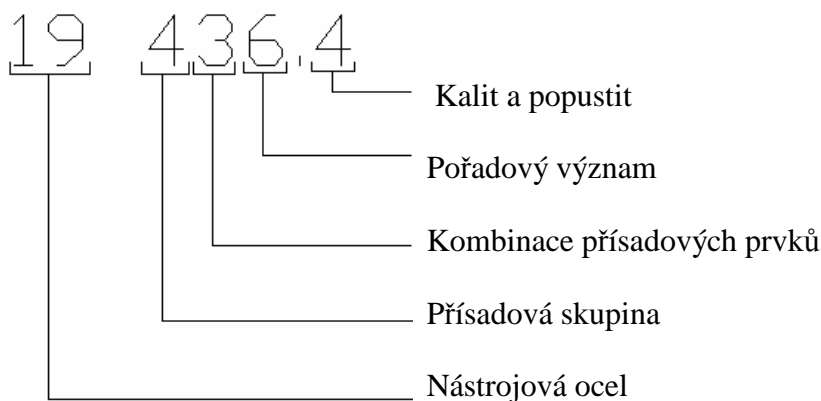
Materiál volím stejný jako u střížnice 19 312.4(význam číselného značení viz střížnice)

Značka podle Evropské normy (EN 10027-2) **1.2842**

Střížník obvodu je vyroben podle navržených rozměrů vztažených k výkresu výrobku. Délka střížníku je také $l_s=77\text{mm}$ (nejsou odstupňovány)

Materiál střížníku obvodu:

Materiál střížníku volím ocel 19 436.4 z důvodů dostupnosti vhodného polotovaru.



Značka podle Evropské normy (EN 10027-2) **1.2080**

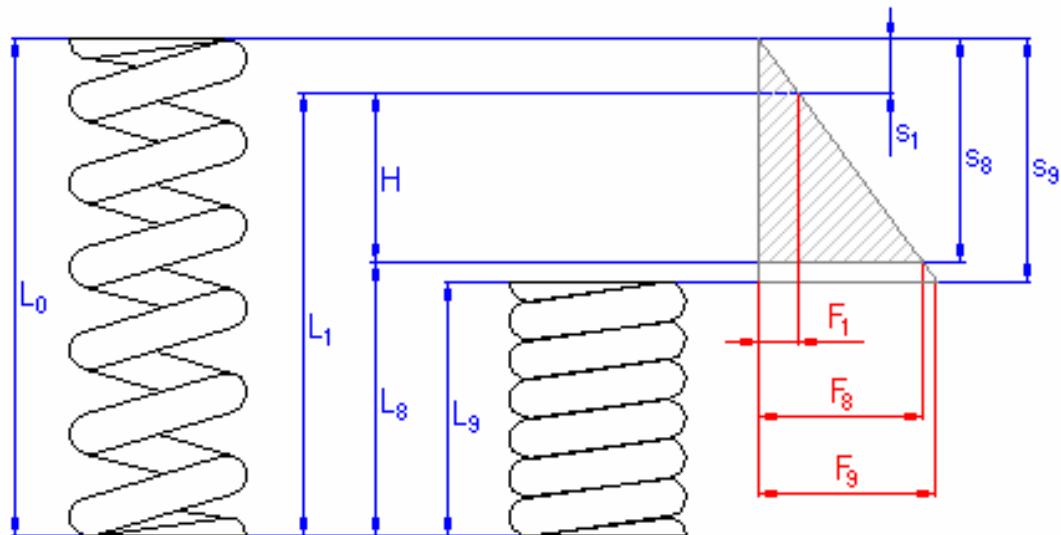
Vysoko legovaná ocel s velkou odolností proti opotřebení. Používá se pro všechny druhy nástrojů na střihání na lisech, materiálů o velkých pevnostech a tvrdých materiálů. HRC 63.

4.9.3 Návrh pružin a jejich materiály

Pro návrh pružin byla využita knihovna součástí v programu Autodesk Inventor, kde byly zadány základní požadavky a poté vygenerovány všechny důležité vlastnosti pružiny.

Pružina zajišťující zpětný pohyb pohyblivé části prostřihovadla (**pružina1**)

Pružina zajišťující zpětný pohyb dorazu (**pružina2**)



Obr. 55 charakteristika pružiny

Pružina1:

Průměr vodičích čepů je 10 mm, vnitřní průměr pružiny tedy musí být větší, podle základních rozměrů pružin (ČSN EN ISO 2162-1) volím vnitřní průměr $D_2=11\text{mm}$

Dále volím délku nezátíženou (volnou) pružiny $L_0=45\text{mm}$ a průměr drátu $d=2\text{mm}$

Tab. 4 vygenerované vlastnosti a rozměry pružiny1

Vůle mezi závity volné pružiny	a	4	mm	Délka předpružené pružiny	L1	40	mm
Poměr vinutí	c	6,5		Délka plně zatížené pružiny	L8	35	mm
Průměr drátu	d	2	mm	Teoretická mezní délka pružiny	L9	17	mm
Střední průměr	D	13	mm	Hmotnost pružiny	m	0,009	kg
Vnější průměr	D1	15	mm	Počet činných závitů	n	7	
Vnitřní průměr	D2	11	mm	Závěrných závitů	nz	2	
Minimální pracovní síla	F1	51,04	N	Deformace v předpruž. stavu	s1	5	mm
Maximální pracovní síla	F8	102,1	N	Deformace v plně zatížen. stavu	s8	10	mm
Síla pružiny v mez. stavu	F9	285,8	N	Deformace v mezním stavu	s9	28	mm
Pracovní zdvih	H	5	mm	Rozteč mezi závity volné pružiny	t	6	mm
Tuhost pružiny	k	10,21	N/mm	Napětí v předpruženém stavu	Tau1	259,99	Mpa
rozvinutá délka drátu	l	374,4	mm	Napětí v plně zatíženém stavu	Tau8	520,03	MPa
Délka volné pružiny	L0	45	mm	Dosedací napětí	Tau9	1456,04	MPa

Při váze pohyblivé části $m=4\text{kg}$ je působící síla: $F_p=m \cdot g=4 \cdot 9,81=39,24\text{N}$

Tuto sílu musí pružiny překonat, aby bylo docíleno požadovaného účinku zpětného pohybu. Musí tedy platit podmínka: $F_p < 4 \cdot F_8$

$$39,24 < 408,4 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Pružiny mají dostatečně vysokou maximální pracovní sílu pro překonání síly F_p i pro překonání stírací síly, která je vyvozena třením mezi střížníkem a pásem plechu.

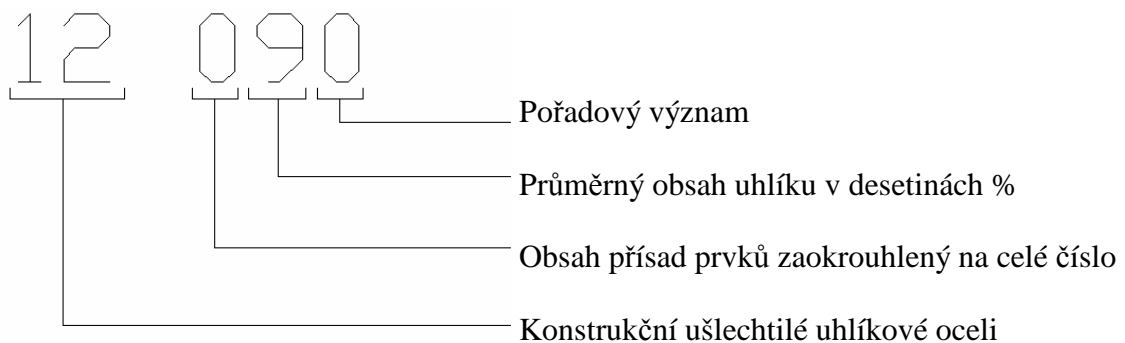
Pružina2:

Pružina zajišťuje zpětný pohyb dorazu, jeho průměr je 4mm, vnitřní průměr pružiny tedy volím podle základních rozměrů pružin (ČSN EN ISO 2162-1) $D_2=4\text{mm}$. Volím dále délku nezátíženou (volnou) pružiny $L_0=27\text{mm}$ a průměr drátu $d=0,5\text{mm}$

Tab. 5 vygenerované vlastnosti a rozměry pružiny2

Vůle mezi závity volné pružiny	a	2,781	mm	Délka předpružené pružiny	L1	25,5	mm
Poměr vinutí	c	9		Délka plně zatížené pružiny	L8	15,5	mm
Průměr drátu	d	0,5	mm	Teoretická mezní délka pružiny	L9	4,75	mm
Střední průměr	D	4,5	mm	Hmotnost pružiny	m	0	kg
Vnější průměr	D1	5	mm	Počet činných závitů	n	8	
Vnitřní průměr	D2	4	mm	Závěrných závitů	nz	2	
Minimální pracovní síla	F1	1,26	N	Deformace v předpruž. stavu	s1	1,5	mm
Maximální pracovní síla	F8	9,67	N	Deformace v plně zatížen. stavu	s8	11,5	mm
Síla pružiny v mez. stavu	F9	18,72	N	Deformace v mezním stavu	s9	22,25	mm
Pracovní zdvih	H	10	mm	Rozteč mezi závity volné pružiny	t	3,281	mm
Tuhost pružiny	k	0,841	N/mm	Napětí v předpruženém stavu	Tau1	134,23	Mpa
rozvinutá délka drátu	l	144	mm	Napětí v plně zatíženém stavu	Tau8	1030,16	MPa
Délka volné pružiny	L0	27	mm	Dosedací napětí	Tau9	1994,08	MPa

Oba dva druhy pružin jsou vyrobeny z pružinové oceli **12 090**



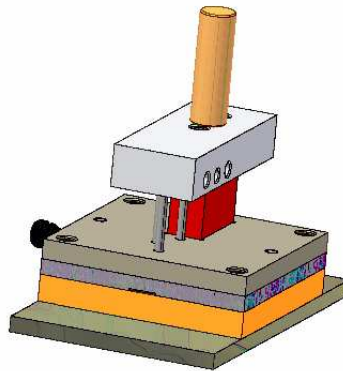
Značka podle Evropské normy (EN 10027-2) **1.1269**

5 KONSTRUKČNÍ ČÁST

Prostříhovadlo je před samotnou výrobou zkonstruováno v 3D programu Autodesk Inventor, kde došlo k postupným úpravám prostříhovadla tak, aby ho bylo možné vyrobit na dostupných strojích s dostatečnou přesností a v neposlední řadě za přijatelnou cenu.

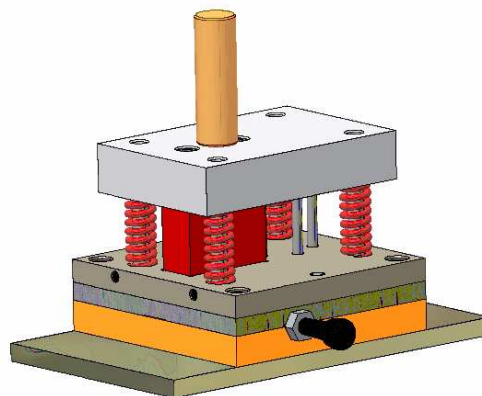
5.1 Konstrukční návrhy

První návrhy prostříhovadla byly určeny pro strojní stříhání pomocí výstředníkového lisu, kdy střížný i zpětný pohyb zajišťoval lis pomocí stopky upevněné v beranu lisu, tudíž nebylo zapotřebí zajištění zpětného pohybu pomocí pružin.



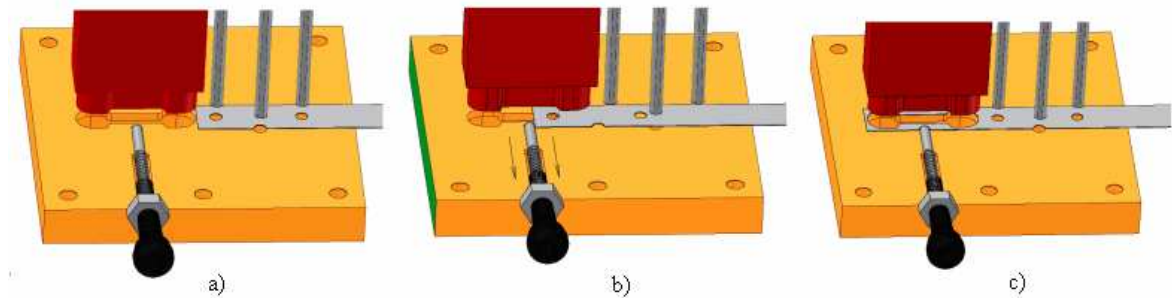
Obr. 56 prostříhovadlo bez pružin

Pro zamýšlené ruční stříhání, nebo stříhání na školním hydraulickém lisu bylo však zapotřebí zajistit zpětný pohyb pomocí pružin. Proto byla navržena upínací deska o větší šířce, aby zde mohly být zakomponovány vodící čepy. Ty slouží k zajištění polohy pružin a k vedení pohyblivé části prostříhovadla.



Obr. 57 prostříhovadlo s pružinami

Pro zajištění polohy (kroku) mezi jednotlivými stříhy byl zvolen systém, kdy na první střížný pohyb se stříhají díry, a na okraji pásu se vystříhne půlkruhová drážka. Při posunutí pásu plechu se doraz za pomoci pružiny zasune do vystřižené drážky a tím se zajistí přesná poloha pro stříhání obvodu.

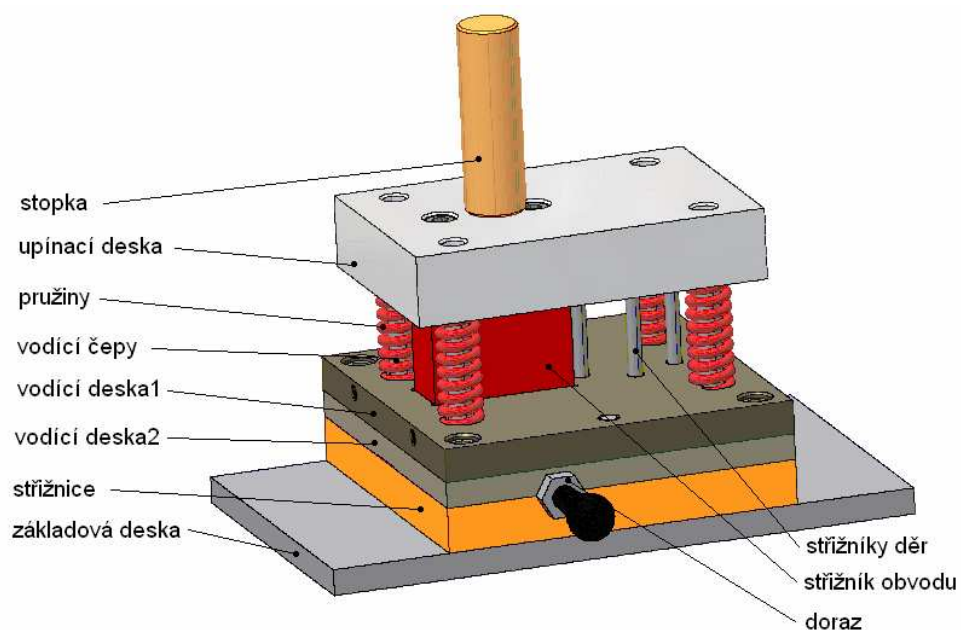


Obr. 58 popis funkce dorazu

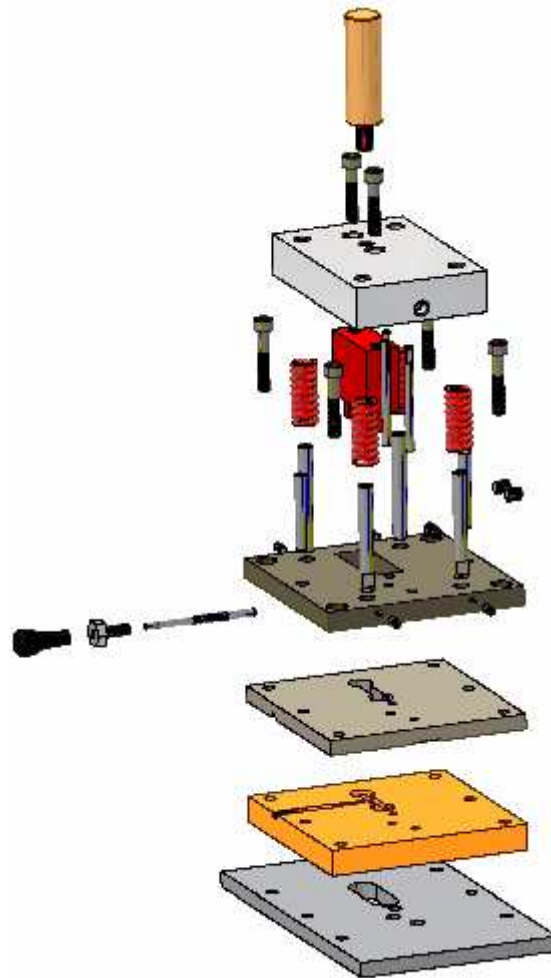
- a) Vystřížení děr a půlkruhové drážky
- b) Vysunutí dorazu a posun pásu
- c) Zajištění polohy pomocí dorazu vlivem zpětného pohybu pružiny a následné vystřížení obvodu.

5.2 Popis prostřihovadla

Na obrázku jsou popsány jednotlivé díly prostřihovadla.



Obr. 59 popis prostřihovadla

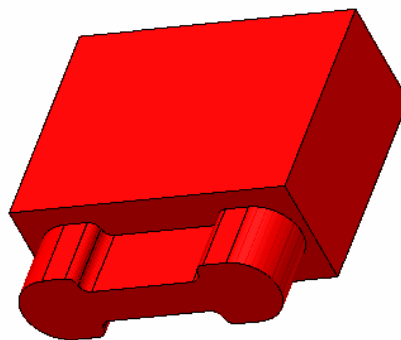


Obr. 60 rozložené prostríhovadlo

Pevná část prostríhovadla je sešroubována a pomocí kolíků je zajištěna přesná poloha.

5.2.1 Střížník obvodu

Střížník obvodu je upevněn k upínací desce pomocí dvou šroubů.



Obr. 61 střížník obvodu

5.2.2 Střížník díry

Střížníky děr jsou stejně jako vodící čepy zajištěny pomocí stavěcích šroubů s vnitřním šestihranem.



*Obr. 62 střížník díry
se stavěcím šroubem*

6 VÝROBA POSTUPOVÉHO PROSTŘIHOVADLA

Pro výrobu prostřihovadla bylo nezbytné nejprve určit tvar, rozměry, materiály a množství jednotlivých částí. To jsme provedli v konstrukčním návrhu a pomocí programu Autodesk Inventor byly vytvořeny výrobní výkresy jednotlivých částí prostřihovadla, viz Příloha PIII.

6.1 Zajištění výrobních materiálů

Podle výrobních výkresů byly zajištěny hutní polotovary ve firmě Feron, a.s. a v dalších firmách, dle cenové dostupnosti.

Deskové polotovary byly dle žádosti nařezány na potřebnou šířku a délku:

Střížnice: 160mmx160mmx19mm-19 312, EN 1.2842

Vodící deska1: 155mmx155mmx14mm-11 523, EN 1.0045

Vodící deska2: 155mmx155mmx11mm-11 523, EN 1.0045

Základová deska: 155mmx250mmx11mm-11 523, EN 1.0045

Upínací deska1: 30mmx60mmx130mm-11 523, EN 1.0045

Upínací deska2: 30mmx100mmx150mm-11 523, EN 1.0045

Střížník obvodu: 30mmx60mmx100mm-19 436, EN 1.2080

Zbýlé polotovary byly použity z vlastních zdrojů.

6.2 Zajištění výrobce

Při zajišťování výroby jednotlivých částí prostřihovadla byla nejdůležitější strojová a cenová dostupnost. Tyto podmínky byly až na výrobu střížnice a vodící desky2 vyhovující u kusového výrobce z Bohuslavic u Zlína. Střížnice a vodící deska2 musely být vyrobeny v jiné firmě na NC stroji. Při výrobě byly konzultovány finálové úpravy prostřihovadla.

6.3 Výroba a tepelné zpracování

V příloze II je uveden u vyrobených součástí sled jednotlivých operací, pracoviště, stroj a nejpoužívanější měřidlo. Poté, co byly vyrobeny všechny části prostřihovadla, byla zajištěna kalírna pro zakalení střížnice, střížníku obvodu, střížníků děr a dorazového střížníku.

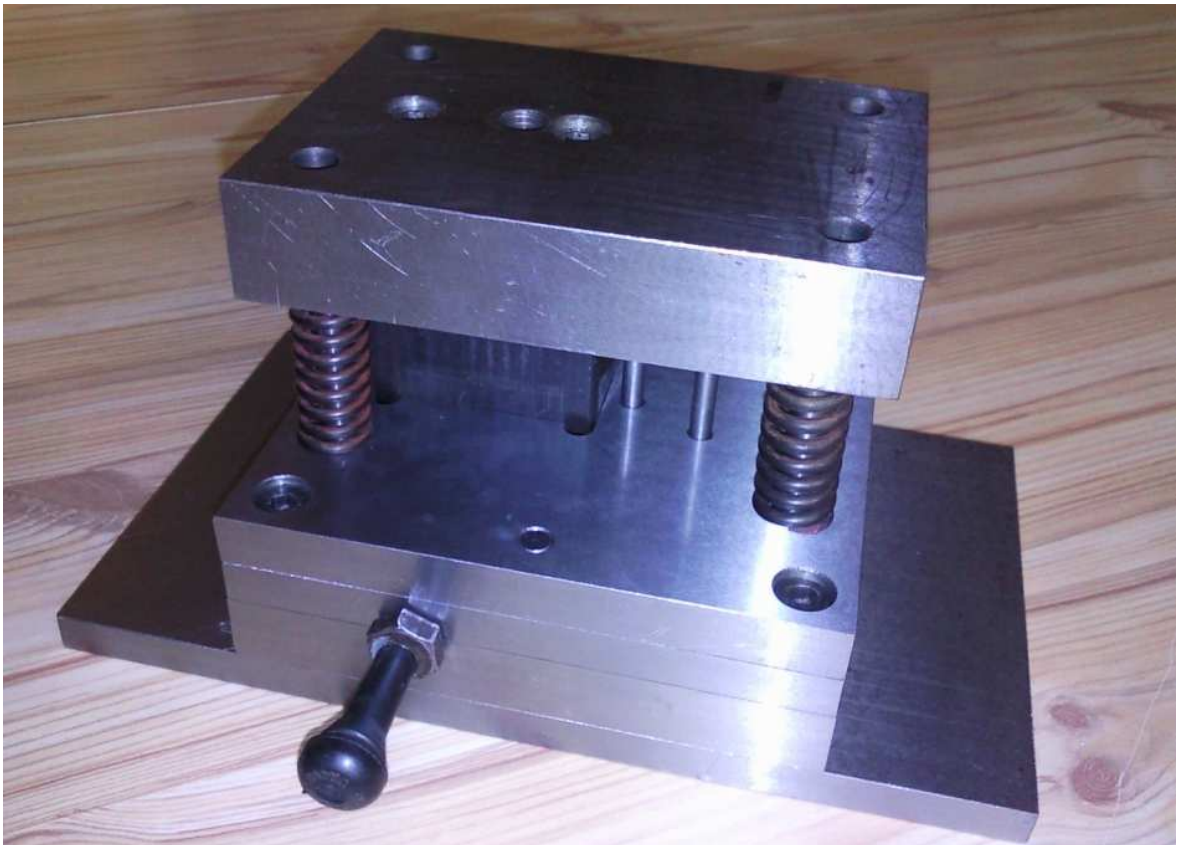
Nástrojové oceli 19312 a 19436 jsou vhodné pro kalení v oleji s velmi dobrou stálostí rozměrů při tepelném zpracování.

Kalení bylo provedeno ve firmě KALÍRNA ZLÍN - CHYTIL spol. s r.o.

Po zakalení byly všechny části znovu přebroušeny.

6.4 Montáž prostřihovadla

Po výrobě se jednotlivé střížné části ošetřily vazelínou, která snižuje tření při stříhu. Nejdříve se složila pevná část, která se zajistila pomocí kolíků, sešroubovala a byl nastaven doraz. Poté se složila pohyblivá část. Do vodící desky¹ byly zasunuty a zajištěny vodící čepy, na které byly nasunuty pružiny. Nakonec se pohyblivá část nasunula na vodící čepy a byla zajištěna její vzájemná poloha s pevnou částí pomocí vodících desek.



Obr. 63 složené prostřihovadlo

6.5 Stříhání a seřízení

Podle nástřihového plánu se zajistily potřebné pásy plechu z materiálu 11 321, které byly nastřihány na tloušťku $b=19^{-0,2}$ mm. Délka pásů je 1 metr. Při stříhání prvních vzorků byly zjištěny rozměrové odchylky na výstřížku, které byly způsobeny nepřesně zajištěnou polohou mezi střihy, pomocí dorazu. Proto musel být doraz upraven a seřízen.



Obr. 64 výstřížky a technologický odpad (prostřížený pás plechu)

6.6 Finanční zhodnocení

Pro zajištění některých materiálů bylo využito zdrojů s minimálními finančními náklady, jiné však musely být objednány. Náklady na výrobu a kalení byly vzhledem k osobní známosti výrobce poměrně nízké. Celkové náklady na výrobu prostřihovadla byly 4500Kč.

ZÁVĚR

V teoretické části této bakalářské práce byl proveden stručný úvod do technologie tváření. Dále je pak obsáhleji rozebrána technologie plošného tváření, kde jsou uvedeny a popsány nejpoužívanější způsoby, jako například: ohýbání, tažení, nebo stříhání. Stříhání je zde popsáno nejpodrobněji, na něj pak navazuje praktická část této práce.

V praktické části bylo za úkol návrh postupového prostřihovadla dle nástřihového plánu, konstrukce prostřihovadla ve 3D programu Autodesk Inventor, následné zpracování výkresové dokumentace z tohoto programu a nakonec i výroba prostřihovadla.

Praktická část je rozdělena na technologickou část, konstrukční část a výrobu. V technologické části je podle výrobního výkresu výstřižku navržen nástřihový plán, určena střižná vůle a celková střižná síla, dále jsou pak určeny rozměry střižníku a střižnice i s tolerancemi, pevnostní kontrola střižníků, početně je zde určena poloha stopky a v závěru technologické části je návrh rozměrů a materiálů desek prostřihovadla.

V konstrukční části je provedena konstrukce v programu Autodesk Inventor, zde byly řešeny konstrukční varianty pro výrobu, popis funkce dorazu a popis celého prostřihovadla, včetně jeho rozložení. Před výrobou byly zhotoveny výrobní výkresy jednotlivých částí prostřihovadla, ty jsou vloženy v příloze PIII.

V poslední části Výroba postupového prostřihovadla je popis postupu pro zhotovení prostřihovadla. Zajištění výrobních polotovarů, vhodného výrobce prostřihovadla, následná výroba i s rámcovým technologickým postupem (příloha PII), tepelné zpracování střižných částí, složení, seřízení a finální stříhání výrobku dle zadání. Na konci práce je finanční zhodnocení výroby prostřihovadla.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NOVOTNÝ, J.; ŠANOVEC, J.; BEDNÁŘ, B.; KREIBICH, V. *Technologie I : (Slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy)*. 2. vyd. Praha : ČVUT Praha, 2006. ISBN 80-01-02351-6.
- [2] LUKOVICS, I. *Konstrukční materiály a technologie*. VUT Brno, 1991. ISBN 80-214-0399-3.
- [3] PFROGNER, F. *Konstrukce nástrojů pro tváření*. 1. vyd. Plzeň: VŠSE v Plzni, 1984.
- [4] KEJVAL, Z. *Tváření plechu I*. 2. vyd. Praha, 1963.
- [5] STOROŽEV, M. V., POPOV, J. A. *Teória tvárnenia kovov*. Karol Polák. 1. [s.l.] : [s.n.], 1971. 486 s..
- [6] PETRUŽELKA, J., BŘEZINA, R. *Úvod do tváření II*. Ostrava : [s.n.], 2001. 115 s.
- [7] ČABELKA, J. *Mechanická technológia*. 1. vyd. Bratislava : SAV, 1967. 1034 s.
- [8] LEINVEBER, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 1. vyd. Úvaly, Havlíčkova 92 : ALBRA, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [9] *Technologie plošného tváření – ohýbání. Technologie II*.
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm (citováno Únor 03, 2010).
- [10] *Tváření za studena-lisování*. <http://www.strojnylyceum.wz.cz/maturita/tep/tep13-r.pdf> (citováno Led 06, 2010).
- [11] *Polotovary vyráběné tvářením za studena (lisováním)*. http://www.sps-ko.cz/documents/STT_obeslo/Tvareni_za_studena.pdf (citováno Únor 02, 2010).

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Význam symbolu	Jednotky
k	krok (posunutí pásu plechu)	mm
m	můstek (přepážka)	mm
n	boční odpad	mm
b	šířka pásu plechu	mm
t	tloušťka plechu	mm
k_m	součinitel využití materiálu	%
S_v	plocha výstřižku	mm ²
S_p	plocha pásu plechu	mm ²
v	střížná vůle	mm
F_s	střížná síla	N
L	délka celkové střížné hrany	mm
$\tau_{p,s}$	napětí na mezi pevnosti ve smyku	MPa
K_1	součinitel vyjadřující hloubku vniknutí nože do materiálu	-
K_2	součinitel vyjadřující otupení, vůle a jakost povrchu nože	-
K_3	součinitel zvyšující střížnou sílu kvůli tření	-
l_i	délky jednotlivých střížných hran	mm
R_m	napětí na mezi pevnosti v tahu	MPa
F_{s1}	potřebná střížná síla pro vystřižení obvodu	N
F_{s2}	potřebná střížná síla pro vystřižení díry	N
F_{s3}	potřebná střížná síla pro vystřižení díry	N
F_{s4}	potřebná střížná síla pro vystřižení drážky pro doraz	N
F_{sc}	celková střížná síla	N
T	tolerance výstřižku	mm

HMR	horní mezní rozměr	mm
DMR	dolní mezní rozměr	mm
JMR	jmenovitý rozměr	mm
X_T	souřadnice těžiště v ose X	mm
Y_T	souřadnice těžiště v ose Y	mm
T_0	těžiště půlkruhu	mm
r	poloměr půlkruhu	mm
σ_D	tlakové napětí ve střižníku	MPa
$\sigma_{D,Dov}$	dovolené tlakové napětí ve střižníku	MPa
S	plocha střižníku	mm ²
S_0	plocha střižníku díry	mm ²
E	modul pružnosti v tahu	MPa
I_{min}	kvadratický moment plochy	mm ⁴
l	volná délka střižníku	mm
$F_{vz,krit}$	vzpěrná kritická síla	N
n	bezpečnost	-
H	výška střižnice	mm
B_{min}	minimální šířka střižnice	mm
K_{min}	minimální délka střižnice	mm
X_{min}	minimální vzdálenost střižné hrany od hrany střižnice	mm
H_1	výška základové desky	mm
H_2	výška vodící desky2	mm
H_3	výška vodící desky1	mm
H_4	výška upínací desky	mm

d_s	průměr střížníků	mm
l_s	délka střížníků	mm

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 způsob stříhání jednoduchého nástroje [1]</i>	14
<i>Obr. 2 způsob stříhání postupového nástroje [1]</i>	15
<i>Obr. 3 způsob práce sloučeného postupového nástroje [1]</i>	15
<i>Obr. 4 způsob práce sdruženého nástroje [1]</i>	15
<i>Obr. 5 volné ohýbání [1]</i>	15
<i>Obr. 6 rozložení a velikost napětí v materiálu [7]</i>	16
<i>Obr. 7 deformace průřezu [4]</i>	16
<i>Obr. 8 posunutí neutrální osy v místě ohybu [9]</i>	18
<i>Obr. 9 odpružení materiálu pro ohyb tvaru V a U [9]</i>	18
<i>Obr. 10 maximální poloměr ohybu</i>	19
<i>Obr. 11 minimální poloměr ohybu</i>	19
<i>Obr. 12 ohýbání do tvaru V [1]</i>	19
<i>Obr. 13 ohýbání do tvaru U [1]</i>	20
<i>Obr. 14 ruční ohýbání [1]</i>	20
<i>Obr. 15 ohýbání na ohraňovacím lisu [1]</i>	20
<i>Obr. 16 přemístění materiálu při tažení [1]</i>	21
<i>Obr. 17 schéma procesu hlubokého tažení [6]</i>	22
<i>Obr. 18 tažení s přidržovačem v první a druhé tažné operaci [1]</i>	22
<i>Obr. 19 tažný nástroj pro tažení pryží systém Guérin [6]</i>	25
<i>Obr. 20 schéma tažného nástroje systém Hydroform [6]</i>	25
<i>Obr. 21 porovnání různých způsobů zakružování [2]</i>	26
<i>Obr. 22 princip rovnání plechů a pásů [2]</i>	27
<i>Obr. 23 deformační pásma při stříhání [1]</i>	27
<i>Obr. 24 prosté stříhání rovnoběžnými noži [6]</i>	28
<i>Obr. 25 stříhání šikmými noži [1]</i>	28
<i>Obr. 26 kotoučové nože pro stříhání pásů [1]</i>	29
<i>Obr. 27 průběh střížné síly při vystřihování [6]</i>	30
<i>Obr. 28 vliv střížné vůle na tvorbu střížné plochy [6]</i>	30
<i>Obr. 29 nomogram k určování střížné vůle [6]</i>	31
<i>Obr. 30 typy nástřihů [3]</i>	32
<i>Obr. 31 nástřihový plán pro stříhání podložky [11]</i>	32

<i>Obr. 32 toleranční pole při stříhání [6]</i>	33
<i>Obr. 33 jednoduchý střížný nástroj [9]</i>	34
<i>Obr. 34 postupové prostřihovadlo [7]</i>	34
<i>Obr. 35 sloučené stříhadlo [9]</i>	35
<i>Obr. 36 stříhání pryží [6]</i>	36
<i>Obr. 37 přístřihování [1]</i>	36
<i>Obr. 38 přesné stříhání s nátlacnou hranou [1]</i>	37
<i>Obr. 39 reverzní stříhání [1]</i>	37
<i>Obr. 40 stříhání se zápornou vůlí [9]</i>	38
<i>Obr. 41 rozměry a tolerance výstřižku</i>	41
<i>Obr. 42 nástřihový plán</i>	42
<i>Obr. 43 nástřihový plán-výpočet ekonomie stříhání</i>	43
<i>Obr. 44 délky střížných hran-výpočet střížné síly</i>	44
<i>Obr. 45 výpočet střížných sil</i>	45
<i>Obr. 46 rozměry a tolerance výstřižku</i>	46
<i>Obr. 47 poloha stopky</i>	48
<i>Obr. 48 délky střížných hran-výpočet polohy stopky</i>	49
<i>Obr. 49 těžiště půlkruhu</i>	49
<i>Obr. 50 způsob uložení konců střížníku[8]</i>	51
<i>Obr. 51 pevná část prostřihovadla</i>	52
<i>Obr. 52 střížnice</i>	53
<i>Obr. 53 pohyblivá část prostřihovadla-pohled1</i>	55
<i>Obr. 54 pohyblivá část prostřihovadla-pohled2</i>	56
<i>Obr. 55 charakteristika pružiny</i>	58
<i>Obr. 56 prostřihovadlo bez pružin</i>	60
<i>Obr. 57 prostřihovadlo s pružinami</i>	60
<i>Obr. 58 popis funkce dorazu</i>	61
<i>Obr. 59 popis prostřihovadla</i>	61
<i>Obr. 60 rozložené prostřihovadlo</i>	62
<i>Obr. 61 střížník obvodu</i>	62
<i>Obr. 62 střížník díry se stavěcím šroubem</i>	63
<i>Obr. 63 složené prostřihovadlo</i>	65
<i>Obr. 64 výstřižky a technologický odpad (prostřižený pás plechu)</i>	66

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 hodnoty koeficientu $x[4]$</i>	17
<i>Tab. 2 doporučená vůle mezi průstřížníkem a průstřížnicí[4]</i>	31
<i>Tab. 3 délky střížných hran a jejich souřadnice v ose X a Y</i>	49
<i>Tab. 4 vygenerované vlastnosti a rozměry pružiny1</i>	58
<i>Tab. 5 vygenerované vlastnosti a rozměry pružiny2</i>	59

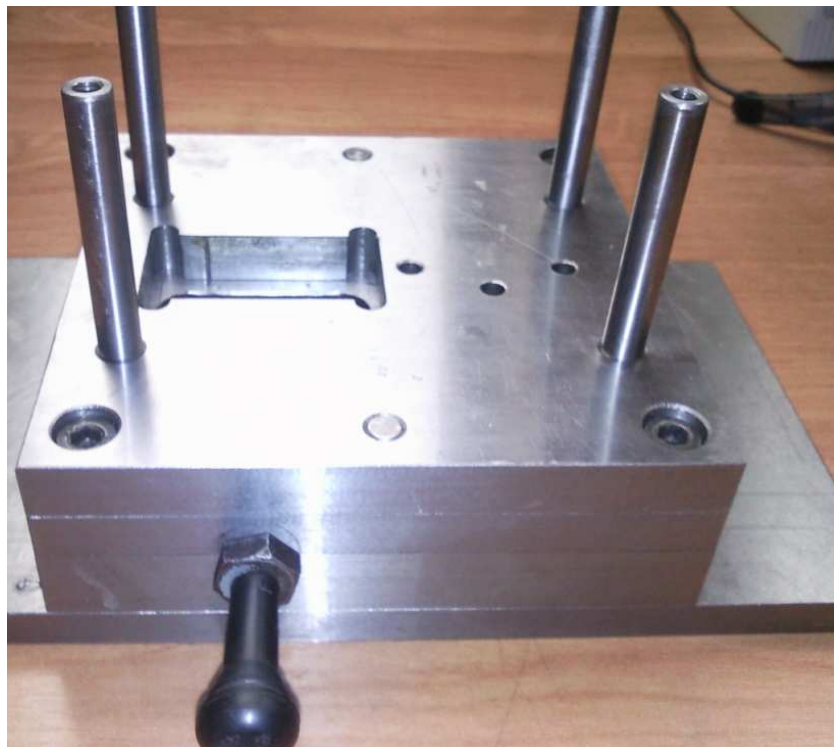
SEZNAM PŘÍLOH

- P I: Fotografie vyrobeného prostřihovadla
- P II: Rámcový technologický postup
- P III: Seznam přiložené výkresové dokumentace

PŘÍLOHA PI: FOTOGRAFIE VYROBENÉHO PROSTŘIHOVADLA



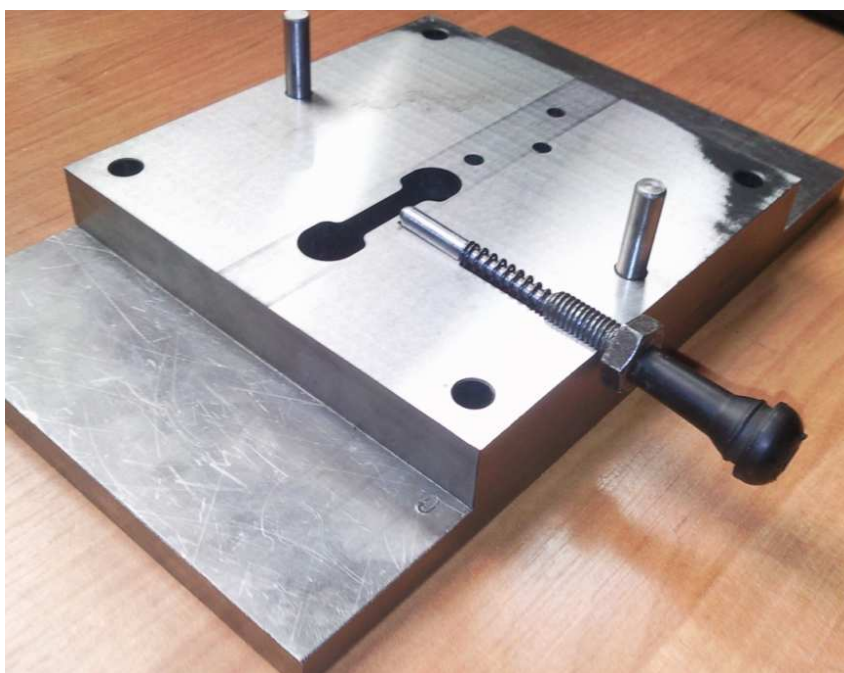
Obr. 1 Složené prostřihovadlo s našroubovanou stopkou



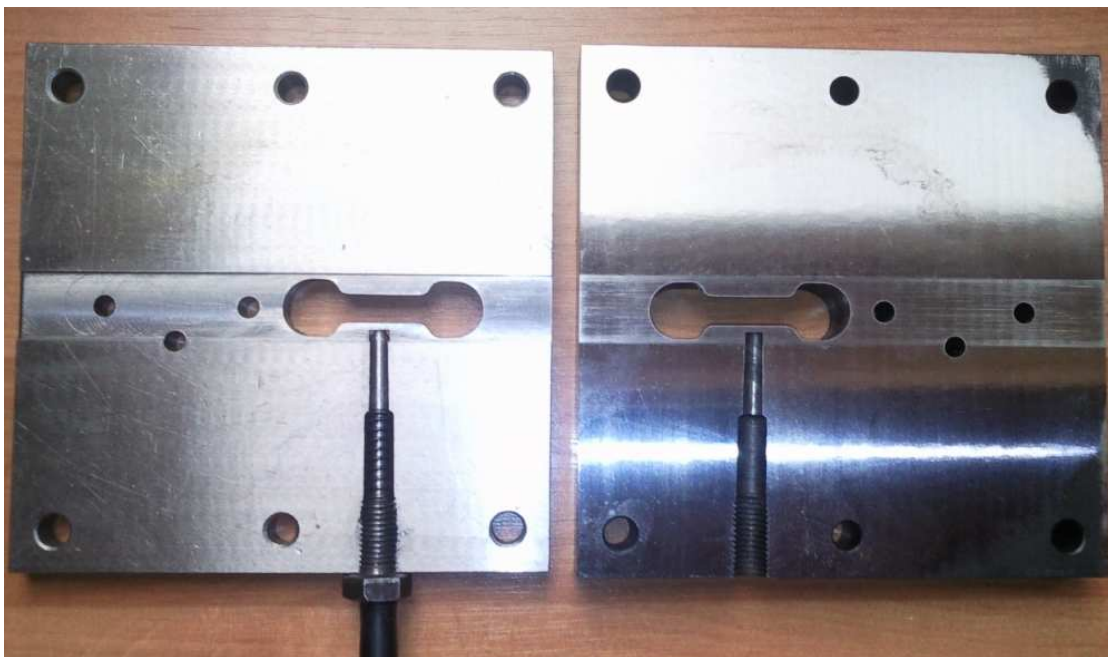
Obr. 2 Pevná část prostřihovadla s vodícími čepy



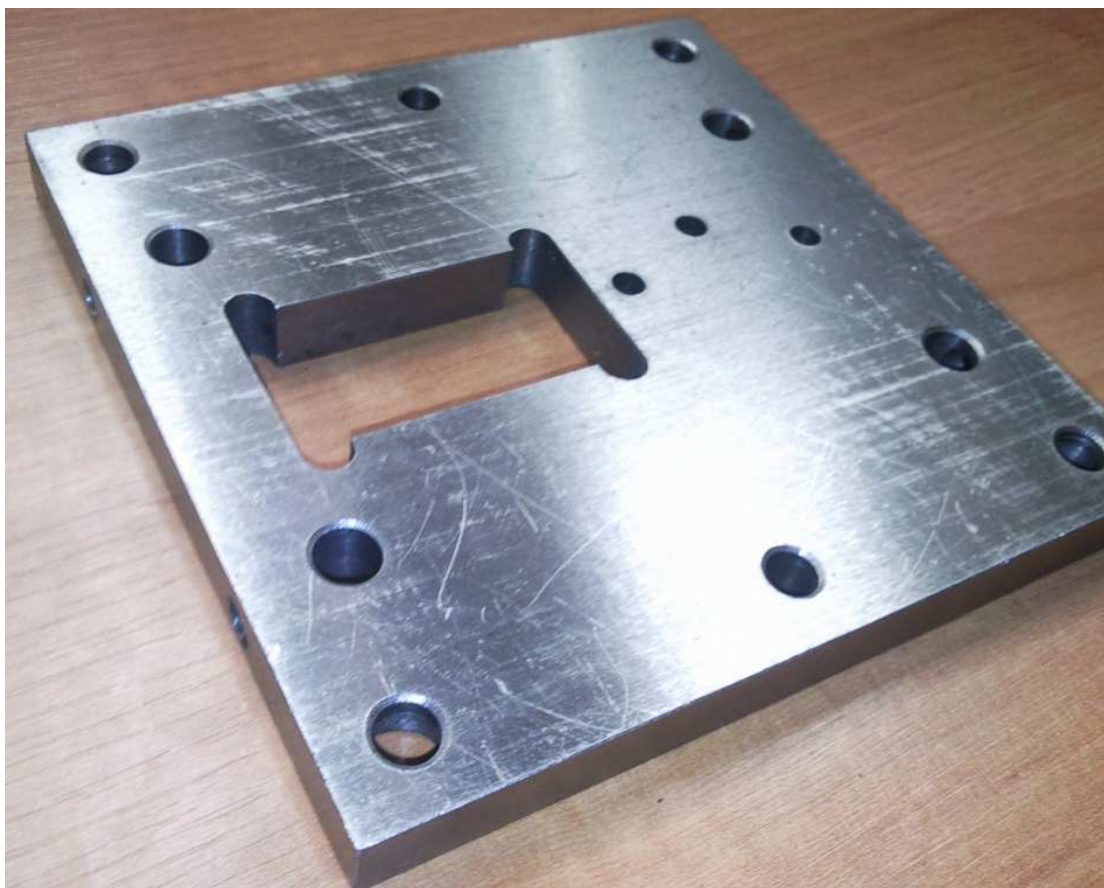
Obr. 3 Pohyblivá část prostřihovadla



Obr. 4 Pohled na střižnici, do střižné roviny

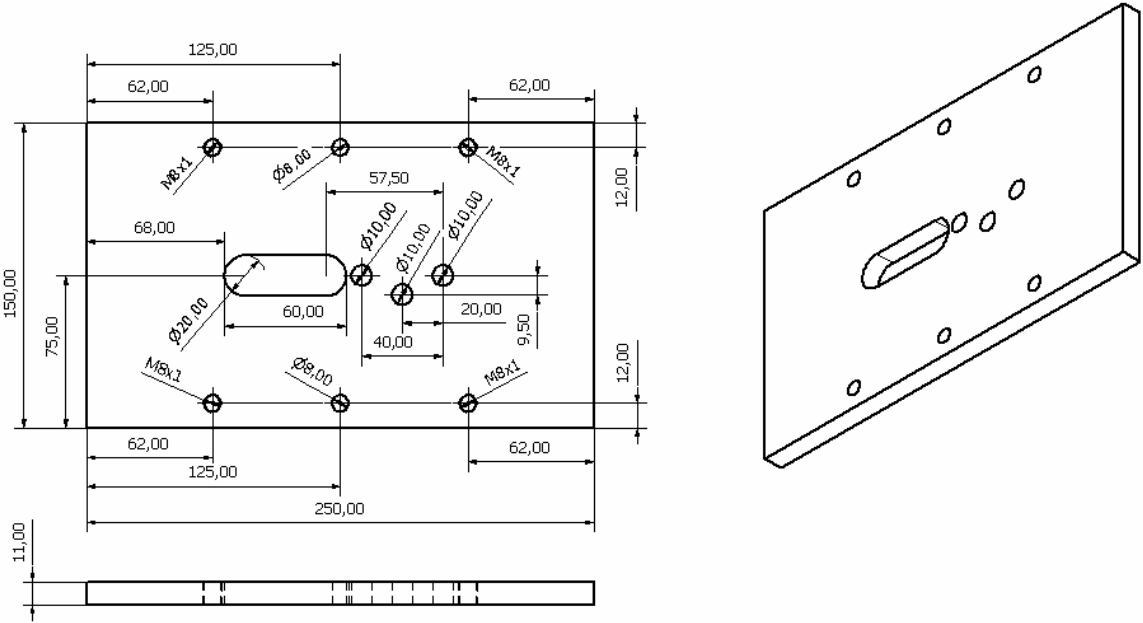


Obr. 5 Střížnice(vpravo) a vodící deska2 s drážkou pro vedení pásu plechu

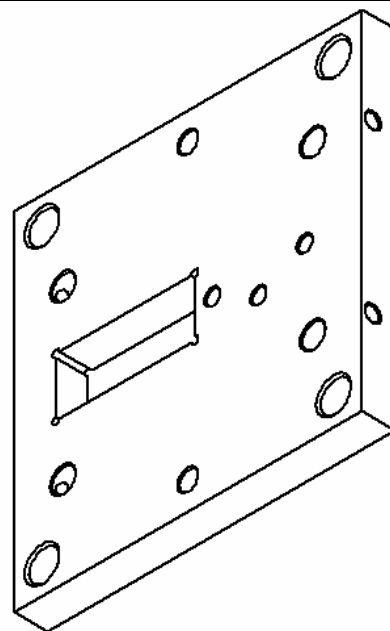
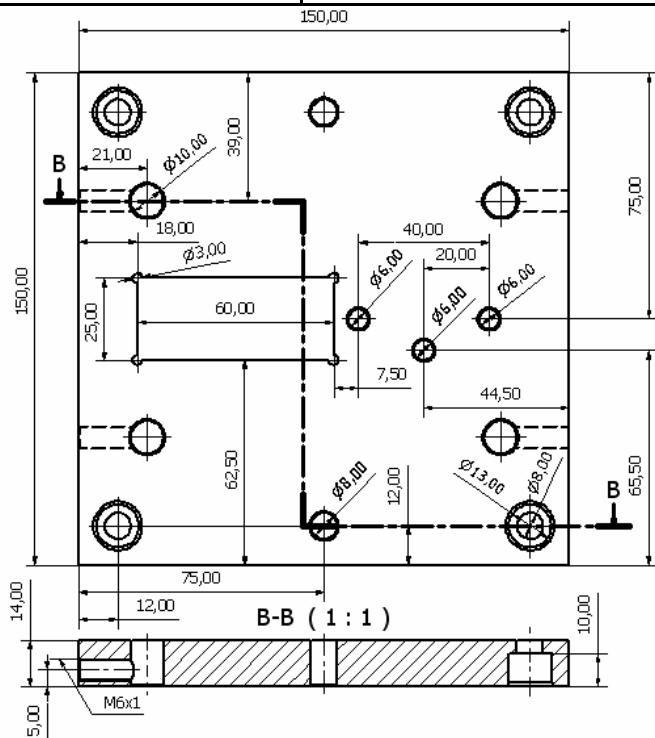


Obr. 6 Vodící deska1

PŘÍLOHA P II: RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP

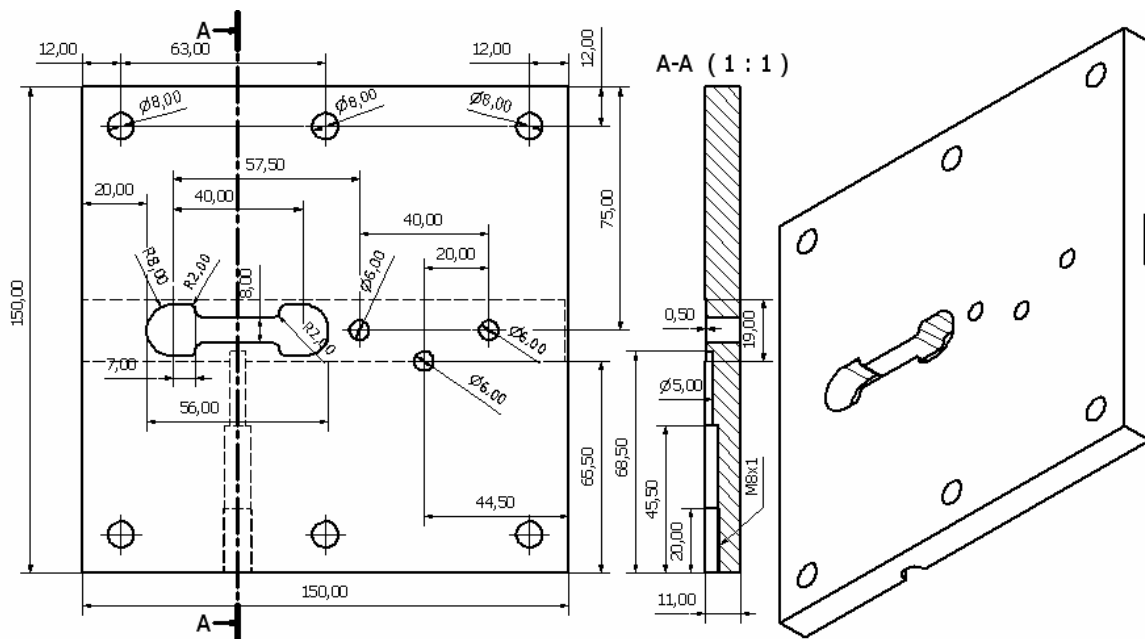
UTB Zlín	výrobní technologický postup			
Vypracoval:	Petr Klajn			
Název součásti:	Základová deska			
Číslo součásti:	BP-PI-TZ-01			
				
č. operace	pracoviště	popis práce	stroj, nástroj, měřidlo	poznámka
1	I	řezání	CNC Laserový řezací stroj	Ferona a.s.
2	II	frézování	univerzální frézka FA4AV	
3	II	vrtání	sloupová vrtačka BK-20	
4	II	broušení	rovinná bruska BPH 320 A/1000	
5	II	ruční práce		výroba závitů
6	II	kontrola rozměrů	posuvné měřidlo Somet	

UTB Zlín	výrobní technologický postup
Vypracoval:	Petr Klajn
Název součásti:	Vodící deska1
Číslo součásti:	BP-PI-TZ-02



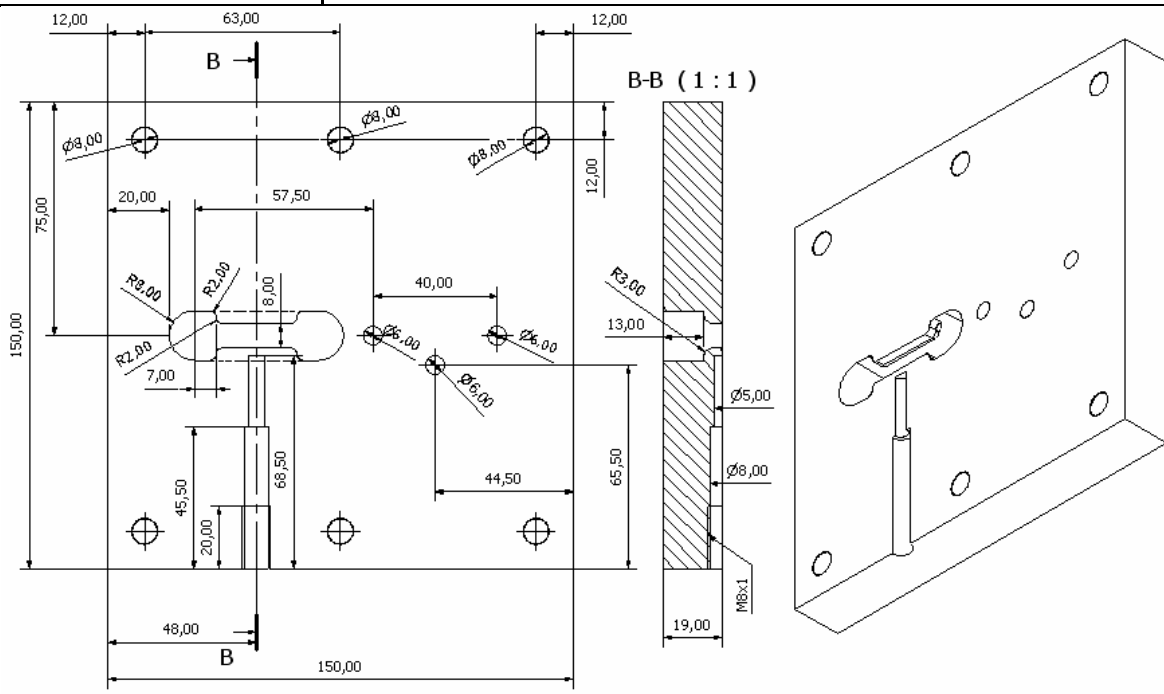
číslo operace	pracoviště	popis práce	stroj, nástroj, měřidlo	poznámka
1	I	řezání	CNC Laserový řezací stroj	Ferona a.s.
2	II	frézování	univerzální frézka FA4AV	
3	II	vrtání	sloupová vrtačka BK-20	
4	II	broušení	rovinná bruska BPH 320 A/1000	
5	II	ruční práce		výroba závitů
6	II	kontrola rozměrů	posuvné měřidlo Somet	

Vypracoval:	Petr Klajn
Název součásti:	Vodící deska2
Číslo součásti:	BP-PI-TZ-03



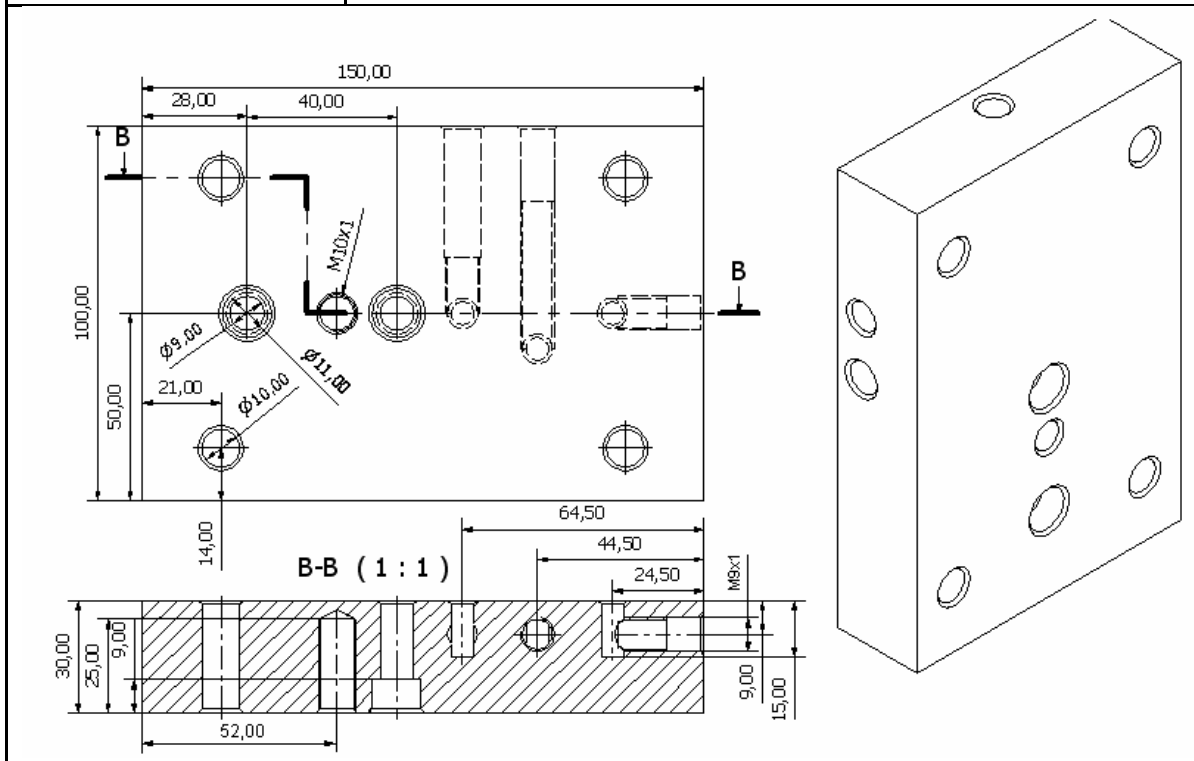
č. operace	pracoviště	popis práce	stroj, nástroj, měřidlo	poznámka
1	I	řezání	CNC Laserový řezací stroj	Ferona a.s.
2	II	frézování	univerzální frézka FA4AV	
3	III	frézování	NC frézka FP 2 NC	
4	II	vrtání	sloupová vrtačka BK-20	
5	II	broušení	rovinná bruska BPH 320 A/1000	
6	II	ruční práce		výroba závitů
7	II	kontrola rozměrů	posuvné měřidlo Somet	

UTB Zlín	výrobní technologický postup
Vypracoval:	Petr Klajn
Název součásti:	Střižnice
Číslo součásti:	BP-PI-TZ-04



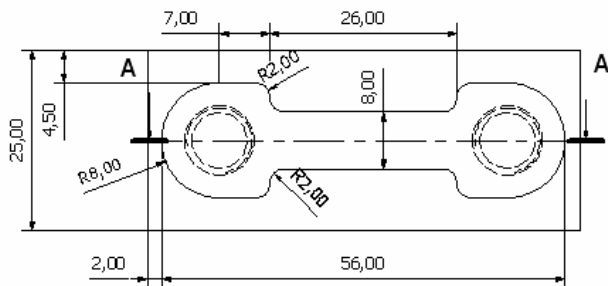
č. operace	pracoviště	popis práce	stroj, nástroj, měřidlo	poznámka
1	I	řezání	CNC Laserový řezací stroj	Ferona a.s.
2	II	frézování	univerzální frézka FA4AV	
3	III	frézování	NC frézka FP 2 NC	
4	II	vrtání	sloupová vrtačka BK-20	
5	II	broušení	rovinná bruska BPH 320 A/1000	
6	IV	kalení		kalírna Chytil
7	II	broušení	rovinná bruska BPH 320 A/1000	
8	II	broušení	Dremel 4000-1/65	
9	II	ruční práce		výroba závitů
10	II	kontrola rozměrů	posuvné měřidlo Somet	

UTB Zlín	výrobní technologický postup
Vypracoval:	Petr Klajn
Název součásti:	Upínací deska
Číslo součásti:	BP-PI-TZ-06

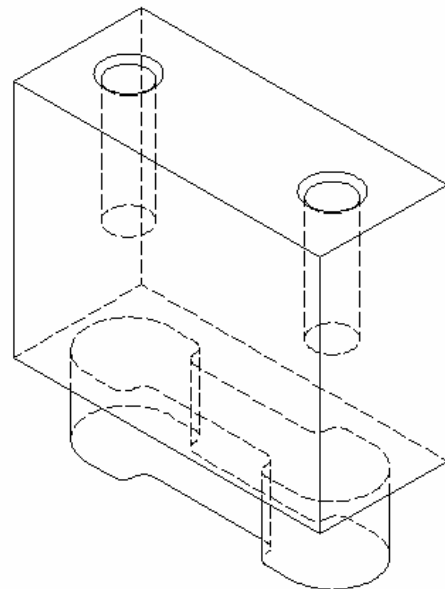
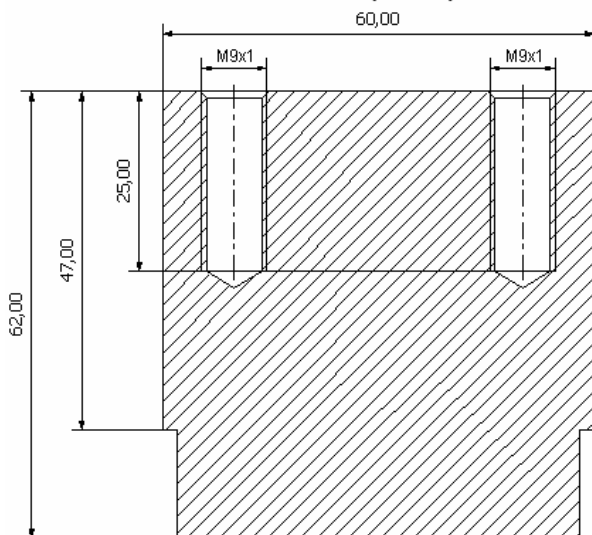


číslo operace	pracoviště	popis práce	stroj, nástroj, měřidlo	poznámka
1	I	řezání	CNC Laserový řezací stroj	Ferona a.s.
2	II	frézování	univerzální frézka FA4AV	
3	II	vrtání	sloupová vrtačka BK-20	
4	II	broušení	rovinná bruska BPH 320 A/1000	
5	II	ruční práce		výroba závitů
6	II	kontrola rozměrů	posuvné měřidlo Somet	

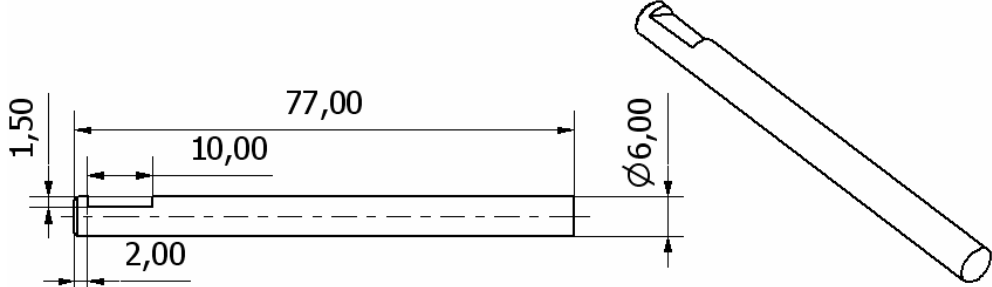
UTB Zlín	výrobní technologický postup
Vypracoval:	Petr Klajn
Název součásti:	Střížník obvodu
Číslo součásti:	BP-PI-TZ-07



A-A (2 : 1)

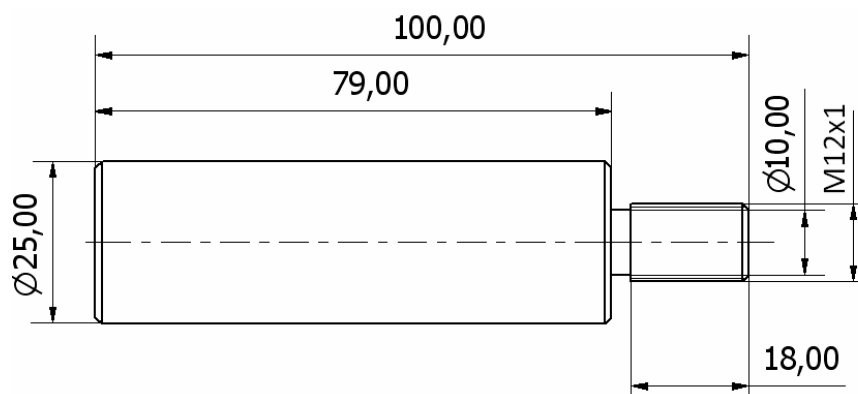


číslo operace	pracoviště	popis práce	stroj, nástroj, měřidlo	poznámka
1	I	řezání	rámová pila	
2	II	frézování	univerzální frézka FA4AV	
3	II	broušení	rovinná bruska BPH 320 A/1000	
4	III	kalení		kalírna Chytil
5	II	broušení	rovinná bruska BPH 320 A/1000	
6	II	ruční práce		výroba závitů
7	II	kontrola rozměrů	posuvné měřidlo Somet	

UTB Zlín	výrobní technologický postup			
Vypracoval:	Petr Klajn			
Název součásti:	Střižník díry			
Číslo součásti:	BP-PI-TZ-08			
				
č. operace	pracoviště	popis práce	stroj, nástroj, měřidlo	poznámka
1	I	řezání	rámová pila	
2	II	frézování	univerzální frézka FA4AV	
3	II	soustružení	univerzální soustruh SPA-500P	
4	II	broušení	rovinná bruska BPH 320 A/1000	
5	IV	kalení		kalírna Chytil
5	II	kontrola rozměrů	posuvné měřidlo Somet	

UTB Zlín	výrobní technologický postup			
Vypracoval:	Petr Klajn			
Název součásti:	doraz			
Číslo součásti:	BP-PI-TZ-09			
číslo operace	pracoviště	popis práce	stroj, nástroj, měřidlo	poznámka
1	I	řezání	rámová pila	
2	II	soustružení	univerzální soustruh SPA-500P	
3	II	ruční práce		výroba závitů
4	II	kontrola rozměrů	posuvné měřidlo Somet	

UTB Zlín	výrobní technologický postup
Vypracoval:	Petr Klajn
Název součásti:	stopka
Číslo součásti:	BP-PI-TZ-10



číslo operace	pracoviště	popis práce	stroj, nástroj, měřidlo	poznámka
1	I	řezání	rámová pila	
2	II	soustružení	univerzální soustruh SPA-500P	
3	II	ruční práce		výroba závitů
4	II	kontrola rozměrů	posuvné měřidlo Somet	

**PŘÍLOHA P III: SEZNAM PŘILOŽENÉ VÝKRESOVÉ
DOKUMENTACE**

Pozice	Název výkresu	Číslo výkresu
1	Základová deska	BP-PI-TZ-01
2	Vodící deska1	BP-PI-TZ-02
3	Vodící deska2	BP-PI-TZ-03
4	Střížnice	BP-PI-TZ-04
5	Vodící čep	BP-PI-TZ-05
6	Upínací deska	BP-PI-TZ-06
7	Střížník obvodu	BP-PI-TZ-07
8	Střížník díry	BP-PI-TZ-08
9	Doraz	BP-PI-TZ-09
10	Stopka	BP-PI-TZ-10
11	Výstřížek	BP-PI-TZ-11

