

Konstrukce a výroba postupového střížného nástroje

Zdeněk Janáč

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zdeněk Janáč**
Osobní číslo: **T15113**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Konstrukce a výroba postupového střížného nástroje**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte rešerši na dané téma**
- 2. Navrhněte konstrukční řešení nástroje pro postupové stříhání**
- 3. Stanovte technologický postup výroby nástroje**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 213 s.**
2. **BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. Výrobní inženýrství a technologie. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014, 173 s. ISBN 978-80-7454-471-2.**
3. **TSCHAETSCH, H. Metal Forming Practise [online]. New York : Springer Berlin Heidelberg, 2006, ISBN 3-540-33216-2.**
4. **KALPAKJIAN, Serope, Steven R. SCHMID a K. S. Vijay SEKAR. Manufacturing engineering and technology. 7th ed. in SI units /. Jurong, Singapore: Pearson Education South Asia, c2014, xxviii, 1180 s. ISBN 978-981-06-9406-7.**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 19. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



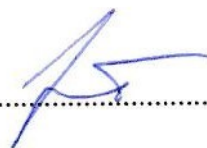
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

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 24.4.2018



.....

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 vzdělávacímu 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). Odpírá-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 užit 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

Bakalářská práce se zaměřuje na konstrukci a následnou výrobu postupového střížného nástroje na konkrétní díl. V teoretické části je popsána teorie tváření, metody tváření a rozdělení jednotlivých operací. Jsou uvedeny metody stříhání pomocí střížných nástrojů a druhy střížných nástrojů. V závěru teoretické části se práce zabývá způsoby obrábění materiálu při výrobě nástrojů. V praktické části je popsána funkce plechového výlisku. Jedná se o díl dodávaný do odvětví elektrotechnického průmyslu. Uvedeny jsou požadavky na jeho přesnost a materiál, ze kterého je vyráběn. V další části je přiblížena konstrukce nástroje, následná výroba a odzkoušení na stroji. Závěr práce obsahuje vyhodnocení celého projektu.

Klíčová slova: postupový střížný nástroj, tváření, stříhání

ABSTRACT

Bachelor thesis focuses on construction and following production of progressive cutting tool for a particular part. Theoretical part of the thesis describes theory of forming, methods of forming and division of specific operations. Methods of cutting, which are using mentioned cutting tools, are identified, as well as types of cutting tools. The end of theoretical part deals with ways of working on a material during production of those tools. Practical part of the thesis aims to describe function of a sheet mold. This type of the mold is used to be delivered to a field of electrical industry. Requirements for its accuracy and production material are mentioned as well. Next part provides more detailed information about construction of the tool, following production and testing on a machine. The conclusion of this bachelor thesis contains evaluation of the entire project.

Keywords: progressive cutting tool, forming, cutting

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Ondřeji Bílkovi, PhD. Za odborné vedení práce, ochotně poskytnuté rady a soustavnou pozornost, kterou mi věnoval při vypracování.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TVÁŘENÍ	12
1.1 DĚLENÍ TVÁŘENÍ	13
1.1.1 Tváření dle teploty materiálu	13
1.1.2 Tváření dle tepelného efektu	13
1.1.3 Tváření podle tvářecí síly	13
1.1.4 Technologické operace tváření	14
1.1.5 Tváření dle geometrie materiálu	14
2 PLOŠNÉ TVÁŘENÍ	15
2.1 STŘÍHÁNÍ.....	15
2.1.1 Fáze stříhání	16
2.1.2 Střížná síla	16
2.1.3 Střížné operace	19
2.1.4 Střížná vůle.....	20
2.2 OHÝBÁNÍ.....	21
2.2.1 Ohýbací síla.....	22
2.2.2 Odpružení materiálu při ohýbání	22
2.2.3 Operace ohýbání.....	23
2.3 TAŽENÍ	24
2.3.1 Výpočet tažení z přístřihu	25
2.3.2 Tažná síla	26
2.3.3 Operace tažení	28
2.4 DALŠÍ METODY PLOŠNÉHO TVÁŘENÍ.....	29
2.4.1 Kroužlení.....	29
2.4.2 Hydroform.....	29
2.4.3 Hydromechanické tažení	30
2.4.4 Tváření pryží	31
2.4.5 Wheelon	31
2.4.6 Elektromagnetické tváření	32
2.4.7 Tváření výbuchem.....	32
3 LISOVACÍ NÁSTROJE	33
3.1 STŘIŽNÉ NÁSTROJE.....	33
3.1.1 Jednoduché střížné nástroje.....	33
3.1.2 Postupové střížné nástroje	35
3.1.3 Střížné nástroje sloučené.....	37
3.1.4 Sdružené lisovací nástroje.....	38
3.2 OHÝBACÍ NÁSTROJE	40
3.2.1 Konstrukce ohýbacích nástrojů	40
3.3 TAŽNÉ NÁSTROJE	42
3.3.1 Konstrukce tažných nástrojů	43
4 VÝROBA STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ	44

4.1	RUČNÍ OBRÁBĚNÍ	44
4.2	STROJNÍ OBRÁBĚNÍ.....	44
4.2.1	Soustružení.....	45
4.2.2	Vrtání a vyvrtávání.....	46
4.2.3	Frézování.....	46
4.2.4	Broušení	47
4.2.5	Elektroerozivní metody obrábění	48
5	SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....	49
II	PRAKTICKÁ ČÁST	50
6	CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	51
7	POPIS A FUNKCE VÝROBKU	52
7.1	POŽADAVKY NA TVAR A PŘESNOST VÝROBKU.....	53
7.2	MATERIÁL VÝROBKU	53
7.3	ROZVINUTÝ TVAR	54
8	KONSTRUKCE STŘIŽNÉHO NÁSTROJE	55
8.1	NÁSTŘIHOVÝ PLÁN.....	55
8.1.1	I. varianta nástřihového plánu	56
8.1.2	II. varianta nástřihového plánu.....	58
8.1.3	Volba nástřihového plánu	59
8.2	NÁVRH NÁSTROJE	60
8.2.1	Horní část nástroje.....	60
8.2.2	Spodní část nástroje.....	62
8.3	STŘIŽNÁ SÍLA	64
8.4	STÍRACÍ SÍLA	66
8.5	PROTLAČOVACÍ SÍLA	66
8.6	CELKOVÁ STŘIŽNÁ SÍLA	66
8.7	STŘIŽNÁ VŮLE.....	67
8.8	TĚŽIŠTĚ STŘIŽNÝCH SIL.....	67
8.9	NORMALIZOVANÉ SOUČÁSTI	68
8.10	VOLBA MATERIÁLU	68
9	VÝROBA NÁSTROJE	71
9.1	CNC OBRÁBĚNÍ.....	71
9.2	TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ	72
9.3	BROUŠENÍ	73
9.4	ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ.....	73
9.5	MONTÁŽ.....	74
10	ZKOUŠKA NÁSTROJE A ZAVEDENÍ DO SÉRIOVÉ VÝROBY	76
	ZÁVĚR	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	79
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	80
	SEZNAM OBRÁZKŮ	82
	SEZNAM TABULEK.....	84
	SEZNAM PŘÍLOH.....	85

ÚVOD

Tváření, neodmyslitelná část strojírenské výroby. Kovové materiály se tvářely ručním zpracováním již od počátku, kdy byly objeveny. Současné technologie jsou čím dál dokonalejší a díky plnohodnotnému procesu řízení výroby lze vytvářet tvarově složité a technologicky náročné díly. CNC řízení strojů, možnost simulace a dokonalejší výpočetní technika již ničím neomezuje konstruktéry ve všech odvětvích průmyslu.

Nejproduktivnější metodou dělení plechového materiálu je stříhání. Automobilový, elektro-technický i letecký průmysl, v každém odvětví je potřeba produktivně a rychle vyrábět velké množství dílů za poměrně nízkou cenu. V tomto ohledu jsou střížné nástroje nepostradatelné pro svoji produktivitu. Konstruktéři na celém světě mají za úkol pohlížet na daný výrobek z hlediska ekonomiky. Často přizpůsobují konečný tvar právě tak, aby bylo možno využít těchto technologií.

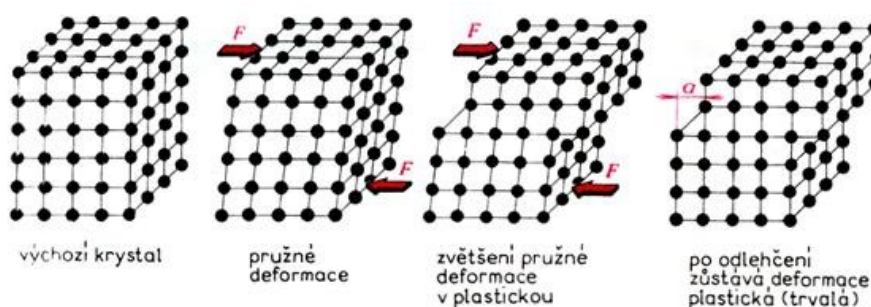
Bakalářská práce v teoretické části popisuje způsoby tváření kovových materiálů, jejich dělení na stříhání, ohýbání a tažení. Praktická část se zaměřuje na použití technologie postupového stříhání na konkrétní výrobek, který se sériově vyrábí. Popisuje způsob, jakým jsem postupoval při návrhu a konstrukci nástroje a problematiku lisování za studena. Současně jsem na celou věc pohlížel nejen z pohledu konstruktéra ale i technologa výroby, proto je součástí práce výrobní postup.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TVÁŘENÍ

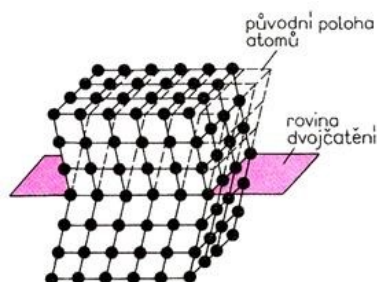
Tváření je jedna z nejdůležitějších technologických operací ve strojírenské výrobě. Jedná se o jednu z nejproduktivnějších metod výroby. Podstatou je působení sil na materiál, při kterém dochází ke stálé změně objemu a deformaci. Cílem je změnit tvar polotovaru na požadovaný bez jeho dalšího porušení. Jedná se o beztržkovou technologii.

Je-li materiál namáhán vnějšími silami, dochází k deformacím jeho krystalické mřížky, která se tímto působením zvětšuje nebo zmenšuje. Pokud jednotlivé atomy změni svoji polohu pouze v malém rozsahu, nastane pouze pružná (elastická) deformace, kdy se atomy při přerušení působení sil ještě vrací do své původní polohy. V případě, že je působení vnějších sil větší a napětí vzrůstá nad určitou hodnotu meze kluzu, dojde k deformaci trvalé neboli plastické. Atomy se pohybují v kluzných rovinách atomové mřížky pomocí kluzu jedné vrstvy po druhé. Pohyb je umožněn díky dislokacím v materiálu, což je nejdůležitější vlastnost pro vznik trvalé deformace. Kromě toho, že dochází ke změně tvaru zrn tím, že se začnou prodlužovat, se mění i orientace mřížky, která je z nahodilé deformace usměrněna do stálé polohy. [2]



Obr. 1 Schéma pružné a plastické deformace [2]

Plastická deformace může vzniknout i jiným způsobem než posouváním kluzných rovin a to dvojčatěním (tvorbou dvojčat), kde dochází k natočení části mřížky do roviny kluzu. Natočí se část krystalické mřížky v rovině dvojčatění a deformuje se pouze tato část. [2]



Obr. 2 Schéma dvojčatění [2]

1.1 Dělení tváření

Tváření lze dělit z několika různých hledisek.:

1.1.1 Tváření dle teploty materiálu

O tom, při jaké teplotě je materiál tvářen, nerozhoduje teplota tvářecí, ale teplota rekrystalizační. Pro tváření za studena je teplota pod rekrystalizační teplotou, při tváření za tepla nad rekrystalizační teplotou. U každého materiálu se rekrystalizační teplota liší, proto nelze určit u všech materiálů stejnou.

Na základě teploty materiálu je tváření rozděleno na:

- Tváření za tepla
- Tváření za studena

1.1.2 Tváření dle tepelného efektu

Při tváření se část energie mění v teplo, která se z části akumuluje v materiálu a z části odchází do okolí. Nejčastějším procesem je polytropický proces, při kterém se zvyšuje teplota tvářeného materiálu a zbytek je odváděn do nástroje a do okolí.

Dle tepelného efektu dělíme tedy na tváření:

- Izotermické
- Adiabatické
- Polytropické

1.1.3 Tváření podle tvářecí síly

Tváření působením síly rozdělujeme z hlediska druhu a rychlosti působící síly. Jednou z možností je působení síly statické a plynulé, což je typické u hydraulických zařízení. Dalším způsobem je zpracování rázem, kterého se využívá u výstředníkových lisů a kovářských bucharů.

Rozdělení účinkem tvářecí síly:

- Tváření statickým tlakem
- Dynamické tváření

1.1.4 Technologické operace tváření

Jednotlivé operace tváření se liší způsobem jejich využití. Můžou se lišit i dle požadavku na zpracování materiálu na jeho dělení, přetváření na jiný tvar nebo pouze jeho konečnou úpravu. Proto tyto technologické operace lze rozdělit na:

- Stříhání
- Ohýbání
- Tažení
- Protlačování
- Kování
- Válcování
- Ražení
- Kalibrování

Mezi další druhy těchto technologií je kromě jiných i lisování práškového materiálu a tváření reaktoplastů. [1]

1.1.5 Tváření dle geometrie materiálu

Pokud při tváření materiálu nedochází ke změně jeho tloušťky, jedná se o tváření plošné. Mezi tyto operace patří ohýbání, kde se mění směr materiálu v místech ohybu. Dalšími způsoby je tažení nebo stříhání. Objemové tváření mění tvar materiálu ve všech směrech. Nejtypičtějším je zpracování technologií kování, kde se z rozehrátého polotovaru přetváří materiál podle formy, do které je za pomoci lisu uzavřen. Dalšími druhy objemového tváření jsou válcování nebo tažení kruhových profilů.

2 PLOŠNÉ TVÁŘENÍ

Významnou částí strojírenské výroby je plošné tváření. Z větší části k němu dochází za studena, kdy je teplota pod teplotou rekrystalizační, ve výjimečných případech i za tepla. Při tomto zpracování je možno dosahovat mnohem přesnějších rozměrů než u objemového tváření. Velkou výhodou je i zachování nízké váhy výrobků při zachování tuhosti a pevnosti, která je zaručena i při zachování tloušťky materiálu. Při jednotlivých operacích může docházet k oddělování, přemísťování nebo tvarování materiálu. Z tohoto hlediska se jedná o operace:

- Stříhání
- Ohýbání
- Tažení
- Tvarování

Polotovarem je plech, materiál o stejné tloušťce v celé ploše formátu. Ve srovnání s objemovým tvářením nedochází k takovému využití materiálu, protože je nutností vytvořit nejprve polotovary neboli přístřihy, které se teprve následně zpracovávají. Při procesech plošného tváření se nemění mechanické vlastnosti.

Velkou výhodou plošného tváření je využití v sériové výrobě. Technologie zpracování jsou úspěšně pro svoji nenáročnost zařazovány do výrobních procesů. Vstupní náklady na pořízení zpracovatelských strojů nejsou tak vysoké jako u jiných technologií.

2.1 Stříhání

Stříhání je jedna z nejdůležitějších a nejrozšířenějších operací plošného tváření ve strojírenské výrobě. Jedná se o oddělování materiálu za pomoci nástrojů, které mají zpravidla vyšší tvrdost než oddělovaný materiál.

V malosériové výrobě nebo pro potřeby údržby či úprav tvaru je možné využít stříhání ruční, kde je možné dělit plechy o menší síle materiálu. Nutností je použití značné síly k oddělení materiálu, kde je potřebná síla závislá především na konstrukci nůžek a velikosti páky. Mezi nejběžnější nástroje pro ruční stříhání patří ruční a pákové nůžky.

Strojní stříhání je pro svoji vysokou produktivitu využíváno v lisovnách a dělírňách materiálu. Materiál se připravuje na další zpracovávání z připravených hutních polotovarů již v hutích, kde se připravují polotovary na další zpracovávání.

V lisovnách kovů je za pomoci střížných nástrojů možné ve velmi krátkém intervalu vyrábět velké série různých dílů. Ty jsou určeny pro další zpracování, nebo jsou připraveny pro další operace tváření. Celý proces může být pak rozdělen na jednotlivé operace dle druhu použitého nástroje a účelu dané operace.

2.1.1 Fáze stříhání

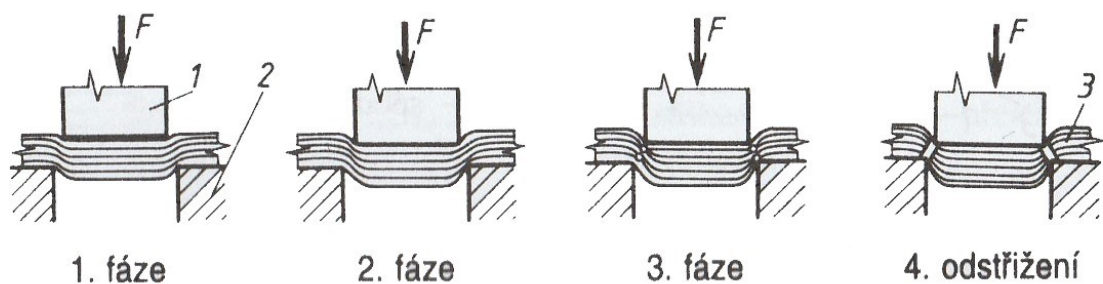
Stříhání dle jeho průběhu lze rozdělit do jednotlivých fází.:

V první fázi, která je označována jako oblast pružných deformací, se materiál ohýbá a je za pomoci střížníku tlačěn do střížnice. Dle druhu materiálu se jedná o vniknutí střížníku do 5 až 8 % materiálu.

Druhá fáze je oblastí plastických deformací, při které se střížník vtláčuje do materiálu a napětí ve střížnici překračuje mez kluzu. Deformace je již trvalá a dosahuje se meze pevnosti ve stříhu.

V třetí fázi dochází ke vzniku trhlin v materiálu, které se při stále hlubším vniku střížníku zvětšují a tím dochází k oddělení materiálu. Je překonána mez pevnosti ve stříhu.

Odstřížení materiálu je posledním krokem, kdy už je materiál úplně oddělen. [2]



Obr. 3 Fáze stříhání [2]

2.1.2 Střížná síla

Síla potřebná k oddělení materiálu se odvíjí od tvaru nožů, směru působení a konstrukci stříhadla. Nástroje jsou tedy nůžky nebo střížné nástroje – stříhadla.

U stříhání rovnoběžnými noži jsou nože rovnoběžné s materiálem, nevýhodou je potřebná okamžitá velká střížná síla. Průstřih materiálu probíhá rázem.

Velikost střížné síly při použití ve střížných nástrojích je v tomto případě dána vztahem:

$$F_s = k \cdot S \cdot \tau_{ps} \quad (1)$$

k – koeficient součinitele otupení (1,1 – 1,3)

S - plocha stříhaného průřezu ($S = l \cdot t$)

τ_{ps} – pevnost materiálu ve stříhu ($\cong 0,8 \cdot R_m$)

Namáhání materiálu při stříhání je kombinované. V úvahu se bere i otupení nožů, v tomto případě je maximální střížná síla se zvětší o 15 až 30 % a je vyjádřena:

$$F_{max} = (1,15 \text{ až } 1,30) \cdot S \cdot \tau_{ps} \quad (2)$$

Střížná práce rovnoběžných nožů:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot F_{Smax} \cdot t \cdot \lambda \quad (3)$$

Stříhání šikmými noži je výhodné vzhledem k tomu, že se snižuje celková potřebná síla. Materiál je oddělován postupně, prodlužuje se však délka, která je potřebná k oddělení materiálu.

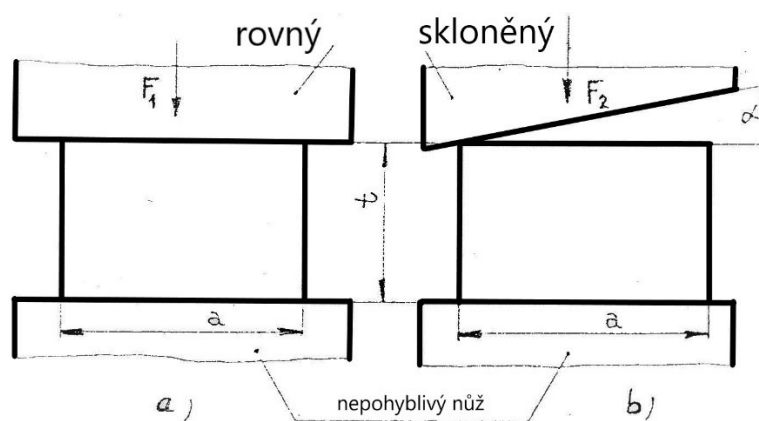
Maximální síla při stříhání šikmými noži:

$$F_S = k \cdot \frac{t^2}{2 \cdot \text{tg} \alpha} \cdot \tau_{ps} \quad (4)$$

t – tloušťka materiálu

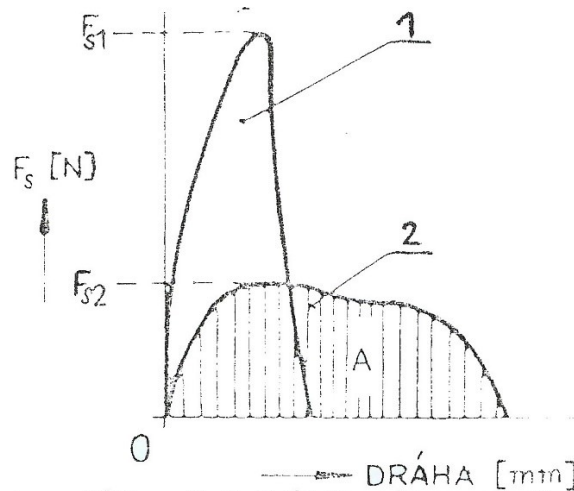
α – úhel sklonu nožů – $2^\circ \leq \alpha \leq 5^\circ$

h – dráha stříhu



Obr. 4 Stříhání a) rovnoběžnými noži b) skloněnými noži

Z diagramu průběhu síly vyplývá, že při použití šikmých nožů při stejné síle a délce je potřebná menší síla, než při stříhání noži rovnoběžnými. Zároveň je dráha stříhu u rovnoběžných nožů kratší.

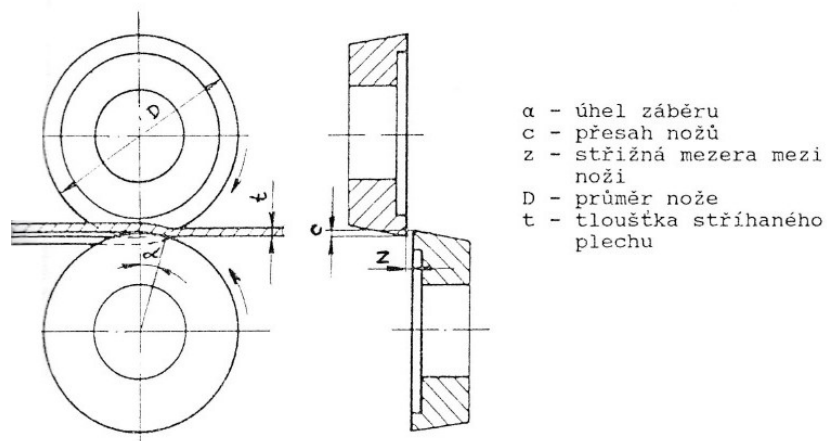


Obr. 2.9 Průběh síly a dráhy při stříhání
 1 - rovnoběžné nože
 2 - skloněné nože

Obr. 5 Průběh síly a dráhy při stříhání [6]

Použití šikmých nožů není vždy výhodnější, protože vystřížený materiál je značně zdeformovaný postupným dělením. Nejplatnější je při dělení profilů, kdy je potřebné postupné oddělování průřezu. [6]

Kotoučové nože jsou ve styku s materiálem bodově v rovině plechu. Při tomto způsobu nedochází k rázům, odstříhování materiálu je postupné, směr je možný měnit a je závislý na dráze pohybu, proto lze vytvářet i tvarové součásti. Nože rotují kolem svého uložení.

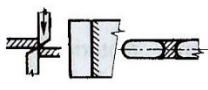
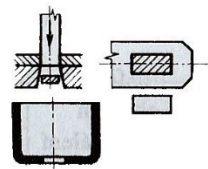
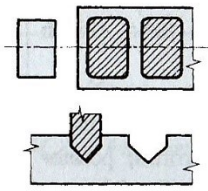
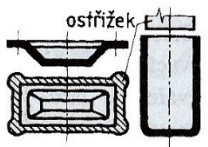
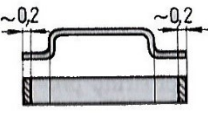
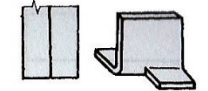
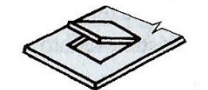


Obr. 6 Princip stříhání kotoučovými noži [6]

U tohoto způsobu dělení materiálu se může lišit úhel naklonění nožů proti sobě, odvíjí se především od tloušťky materiálu. Vhodnější je úhel co nejmenší možný, pokud by byl příliš velký a dojde-li k překročení úhlu záběru, musí se plech při stříhu přitlačovat.

2.1.3 Střížné operace

Stříhání lze rozdělit dle způsobu využití střížných operací. Každá z následujících operací se liší především druhem nástrojů pro daný druh operace.

Skupina	Název práce	Charakteristika operace	Vyobrazení	Název nástroje	Název výrobku
Plošné tváření – oddělování materiálu Stříhání	Prosté stříhání	Rozdělování materiálu, např. pásů, tabulí, tyčů		Nůžky, stříhadlo	Výstřížek
	Děrování	Vytváření děr různých tvarů. Vystřižená část tvoří odpad		Děrovadlo	Výstřížek
	Vystřihování	a) Zhotovení výstřížků různého tvaru oddělením od materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřižená část tvoří výstřížek b) Oddělování částí v okraji materiálu. Vystřižená část tvoří odpad		Stříhadlo	Výstřížek
	Ostříhování	Oddělování přebytečného materiálu z výtažků, protlačků, výstřížků, výkovek apod.		Stříhadlo	Výstřížek
	Přistřihování	Dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch		Stříhadlo	Výstřížek
	Nastřihování	Částečné nastřihnutí materiálu v okraji tak, že není úplně oddělen		Stříhadlo	Výstřížek
	Prostřihování	Částečné nastřihnutí materiálu v libovolném tvaru uvnitř výstřížku		Stříhadlo	Výstřížek

Obr. 7 Přehled střížných operací [5]

2.1.4 Střížná vůle

Důležitým parametrem u střížných nástrojů je střížná vůle. Jakost stříhané plochy a velikost střížné síly mají vliv na určení střížné vůle. Při správné vůli dojde k oddělení materiálu, pokud není zvolena správně, nedojde k prostřížení nebo se naopak materiál protrhne do střížnice. Nesprávná vůle opotřebovává výrazným způsobem střížník i střížnici a zvyšuje sílu potřebnou k oddělení materiálu. Vůle se vždy volí na konkrétní tloušťku materiálu tak, aby byl celý proces co nejbezpečněji proveden. Běžně se stanovuje v procentech v závislosti na tloušťce a pevnosti ve stříhu daného materiálu. V tabulce je uveden přehled velikosti střížné vůle pro kovové materiály [8]

Tab. 1 Přehled střížné vůle pro kovové materiály [4]

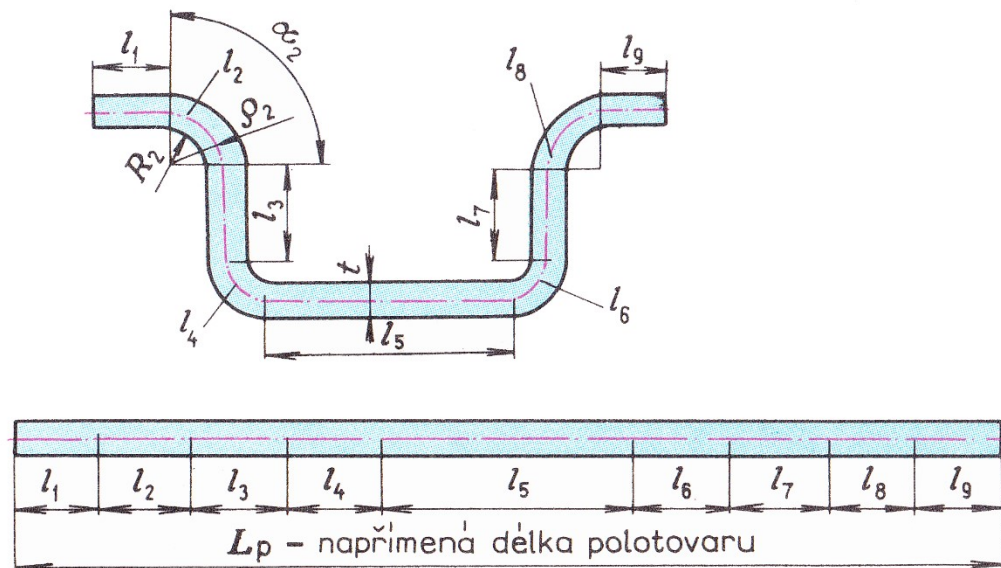
Tloušťka materiálu [mm]	Mez pevnosti R_m [MPa]					
	do 400		400 až 600		nad 600	
	v [%]	v [mm]	v [%]	v [mm]	v [%]	v [mm]
0,1	3-5	0,003-0,005	5-7	0,005-0,007	7-9	0,007-0,009
0,2		0,006-0,010		0,010-0,014		0,014-0,018
0,3		0,009-0,015		0,015-0,021		0,021-0,027
0,4		0,012-0,020		0,020-0,028		0,028-0,036
0,5		0,015-0,025		0,025-0,035		0,035-0,045
0,6	4-6	0,024-0,036	6-8	0,036-0,048	8-10	0,048-0,060
0,8		0,032-0,048		0,048-0,064		0,064-0,080
1,0		0,040-0,060		0,060-0,080		0,080-0,10
1,2		0,048-0,072		0,072-0,096		0,096-0,12
1,5		0,060-0,090		0,090-0,120		0,12-0,15
1,8	5-7	0,090-0,126	7-9	0,126-0,162	9-11	0,162-0,198
2,0		0,10-0,140		0,140-0,180		0,180-0,220
2,5		0,125-0,175		0,175-0,225		0,225-0,275
3,0		0,150-0,210		0,210-0,270		0,270-0,330
3,5		7-10		0,245-0,350		9-12
4,0	0,280-0,40		0,360-0,480	0,440-0,560		
4,5	0,315-0,45		0,505-0,540	0,595-0,630		
5,0	0,350-0,50		0,45-0,60	0,55-0,7		
6,0	10-13		0,60-0,780	12-15	0,72-0,90	
7,0		0,70-0,910	0,84-1,05		0,98-1,19	
8,0		0,80-1,040	0,96-1,20		1,12-1,36	
9,0		0,90-0,170	1,08-1,35		1,26-1,53	
10,0		1,0-1,300	1,20-1,50		1,40-1,70	

2.2 Ohýbání

Ohýbáním se označuje trvalá deformace materiálu, při které dochází ke změně tvaru součásti na požadovaný tvar bez změny velikosti jeho průřezu. Aby byla změna trvalá, je nutné dosáhnout velikosti ohybového napětí nad mez kluzu R_e . Není možné překročit mez pevnosti v tahu R_m , protože by došlo k úplnému nebo částečnému oddělení materiálu. [7]

Ve většině případů dochází k ohýbání za studena, pouze v momentech, kdy má materiál velký průřez, dochází k ohýbání za tepla.

V oblasti středního průřezu materiálu je neutrální osa. Jedná se o tu část průřezu, ve které během ohýbání není napětí a která se ani neprodlužuje ani nezkracuje, je pouze posunována k vnitřní straně ohybu. Neutrální osa není stejná s osou těžiště. Velmi podstatná je při výpočtu rozvinutého tvaru ohýbané součásti před ohybem. Může se stát, že v závislosti na použitých nástrojích nebude spočítaný rozvinutý tvar správný. To lze ověřit zkušebním ohybem součásti a následným provedením korekcí na rozvinu. [2]



Obr. 8 Stanovení délky rozvinutého tvaru z neutrální osy [2]

Strojní ohýbání je aplikováno na ohraňovacích lisech nebo v ohýbacích nástrojích ve výstředníkových a hydraulických lisech. Typ upínání i konstrukce nástrojů se mírně liší. U ohraňovacích lisů je pohyb beranu řízen servo-elektricky nebo hydraulicky pomocí řídicích systémů a lze ho lépe ovlivňovat, než u výstředníkových lisů. Moderní systémy dovolují

nastavit hned několik parametrů najednou. Programové prostředí je rozděleno do jednotlivých sekcí a umožňuje vkládat několik ohybů s různými délkami ramen a úhly ohybu. Z těchto důvodů jsou ohraňovací lisy mnohem efektivnější než výstředníkové lisy.

2.2.1 Ohýbací síla

Pro jednoduchý ohyb je nástrojem ohybnice ve tvaru V. Ta může mít různý úhel, šířku i přechodové radiusy. Šířka ohybnice se volí v závislosti na tloušťce materiálu. Síla, potřebná pro ohyb tvaru V, je definována následujícími vztahem:

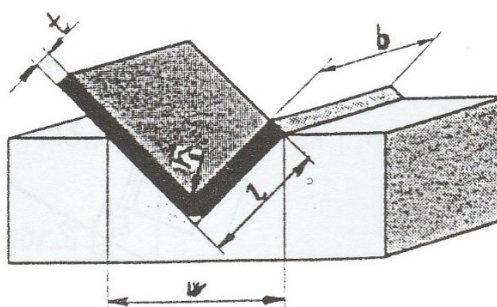
$$F_0 = \frac{1,2 \cdot b \cdot t^2 \cdot R_m}{w} \quad (8)$$

w – šířka ohybnice [mm]

b – šířka ohýbaného plechu [mm]

t – tloušťka plechu [mm]

R_m - mez pevnosti v tahu [MPa]



Obr. 9 Ohyb tvaru V [4]

Při ohýbání do tvaru V je minimální délka ohýbaného ramene:

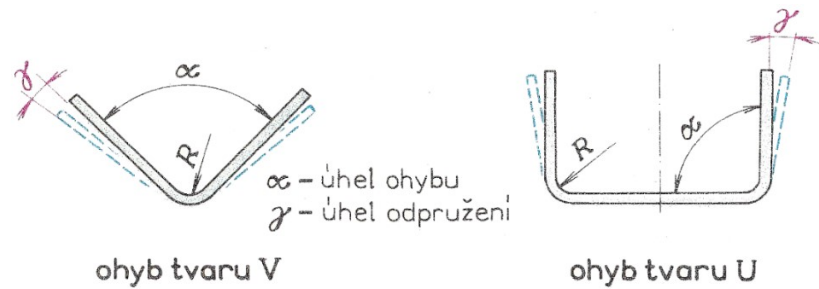
$$l_{min} = R + 3 \cdot t \quad (9)$$

kde R je ohybový radius ohybníku [2]

2.2.2 Odpružení materiálu při ohýbání

Při ohýbání je nutné počítat i se zpětným odpružením materiálu, které je způsobeno pružnou deformací materiálu v okolí neutrální osy. Velký vliv na odpružení má použitý radius ohybu, ohýbaný materiál a způsob ohýbání. Omezit lze tím, že se materiál ohne na větší hodnotu úhlu, než je požadovaný. Tato korekce se liší v závislosti na druhu materiálu. U ohýbání v nástrojích se využívá ještě další operace pro odstranění odpružení a to kalibrace,

kdy se již ohnutý tvar vloží do kalibračního nástroje, který už jen dotváří finální podobu výlisku.



Obr. 10 Znárodnění zpětného odpružení a úhlu ohybu [2]

Odpružení materiálu je ovlivněno i použitým rádiusem ohybníku. Pro jednotlivé druhy materiálu s uvedenou pevností v tahu se v závislosti na síle materiálu mění i úhel odpružení.

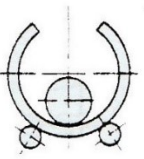


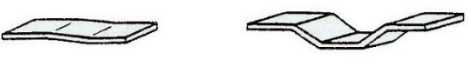

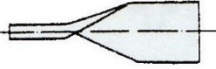
Tab. 2 Hodnoty úhlu odpružení [2]

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

2.2.3 Operace ohýbání

Liší se způsobem použitých nástrojů a požadavky na dosažení požadovaného tvaru.

<p>Prosté ohýbání</p>	<p>Tváření plochy rovinné v plochy různé vůči sobě orientované vytvářením ostrých nebo oblých hran</p>
<p>Ohraňování</p>	<p>Ohýbání plechu na jednoúčelových, tzv. ohraňovacích lisech</p>

<p><i>Zakružování</i></p> 	<p>Tváření rovinné i členité plochy v plochu válcovou, kuželovou nebo části těchto ploch</p>
<p><i>Lemování</i></p> 	<p>Ohýbání okraje rovinné nebo prostorové plochy k získání ozdobného vzhledu, odstranění ostrých hran apod.</p>
<p><i>Obrubování</i></p> 	<p>Vyztužování okraje rovinné nebo prostorové plochy ke zvýšení jakosti okraje, vytvoření okraje pro závěsy apod.</p>
<p><i>Osazování (prosazování)</i></p> 	<p>Ohnutí promáčknutím v okraji nebo uvnitř rovinné plochy</p>
<p><i>Drápkování</i></p> 	<p>Pevné spojení předehtnutých okrajů plechů tím, že se do sebe vzájemně zaklesnou a společně doohnou</p>
<p><i>Zkrucování</i></p> 	<p>Natáčení plochého nebo profilovaného polotovaru nebo výkovku vzhledem k sousední části kolem společné osy o určitý úhel</p>

Obr. 11 Přehled operací ohýbání [7]

2.3 Tažení

Tažení patří k nejnáročnějším operacím plošného tváření. Plochý polotovar plechu – výstřížek – je tvarován do podoby dutého prostorového tělesa. Výrobkem je výtažek, který má ve většině případů po obvodu přídavek na odstřížení na finální tvar. Touto technologií se vyrábí duté nádoby nejrůznějších tvarů nebo karoserie aut. Proto i v dnešní výrobě má velký význam hlavně pro svoji opakovatelnou přesnost. Výhodou výrobků vytvořených tažením je jejich tuhost při relativně malé hmotnosti. Tvářený plech musí být dostatečně tažný. Výtažky hlubších rozměrů musí být taženy postupně, na několik kroků, protože v tomto případě by

mohlo dojít k nežádoucímu efektu, a to utržení dna výtažku. Z těchto důvodů se využívá více tahů s více tažníky a tažnice. [3]

2.3.1 Výpočet tažení z přístřihu

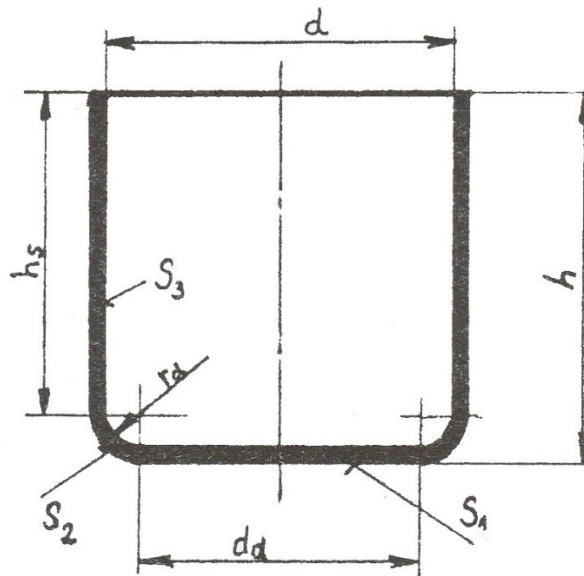
Při tažení plochého přístřihu jsou parametry výtažku pro první tah:

d -vnitřní průměr [mm]

h -výška [mm]

r_d -poloměr dna [mm]

t -tloušťka plechu [mm]



Obr. 12 parametry výtažku [7]

V první fázi se určuje výchozí průměr přístřihu:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi}} \cdot S_c \quad (10)$$

kde S_c je povrch výtažku v mm^2

V dalším kroku se určí poměrná tloušťka polotovaru:

$$\frac{t}{D} \cdot 100 \quad (11)$$

Hodnota součinitele pro tažení lze zjistit z tabulky hodnot:

Tab. 3 Tabulka hodnot pro tažení z přístřihu [7]

Číslo tahu	Součinitel tažení	Poměrná tloušťka polotovarů $\frac{t}{D} \cdot 100$ [%]					
		2,0–1,5	1,5–1,0	1,0–0,6	0,6–0,3	0,3–0,15	0,15–0,08
1.	$m_0 = \frac{d_1}{D}$	0,5	0,53	0,55	0,58	0,60	0,63
2.	$m_1 = \frac{d_2}{d_1}$	0,75	0,76	0,78	0,79	0,80	0,82
3.	$m_2 = \frac{d_3}{d_2}$	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,84
4.	$m_3 = \frac{d_4}{d_3}$	0,80	0,82	0,82	0,83	0,85	0,86
5.	$m_4 = \frac{d_5}{d_4}$	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88

Z odpovídající hodnoty se určí součinitel tažení. V dalším kroku se provede výpočet potřebných kroků pro vytažení a základní parametry tažného nástroje.

Počet tahů n:

$$n = l + \frac{\log d - \log(m_0 \cdot D)}{\log m_1} \quad (12)$$

Vnější průměr výtažku:

$$d_0 = d + 2 \cdot t \quad (13)$$

V poslední fázi se určí průměr tažnice:

$$d_m = d + (2,4 \text{ až } 2,6) \cdot t \quad (14)$$

a zaoblení její hrany:

$$r_m = (8 \text{ až } 10) \cdot t \quad (15)$$

Tímto postupem se provádí předběžný výpočet polotovaru výtažku a tvaru nástroje pro jeden tah. [7]

2.3.2 Tažná síla

Vlivem tažení může docházet působením síly k nežádoucím účinkům, jako je ztenčování tloušťky výtažku a ztenčení svislých stěn. Zároveň se mohou tvořit na okrajích materiálu vlny. Tyto nežádoucí jevy ovlivňuje druh materiálu, jeho tloušťka a stupeň deformace. Při tažení hlubších výtažků lze eliminovat účinky použitím přidržovače.

Pro určení síly tažení musí nástroj překonat tření na nástroji a zároveň sílu přidržovače.

$$F_{ct} = F_t + F_p \quad (16)$$

F_t – síla tažná [N]

F_p – síla přidržovače [N]

Pro výpočet tažné síly platí vztah:

$$t = l \cdot t \cdot \sigma_{Pt} \cdot k_{ta} \quad (17)$$

Kde hodnota k_{ta} je hodnota součinitele tažení. [3]

Síla přidržovače ovlivňuje i tažnou sílu a je závislá na velikosti tažené plochy. Lze ji určit ze vztahu:

$$F_p = S \cdot p \quad (18)$$

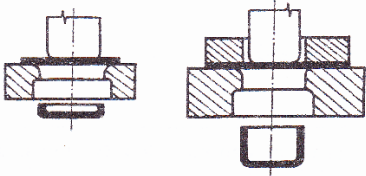
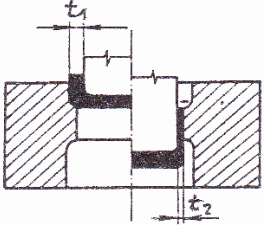
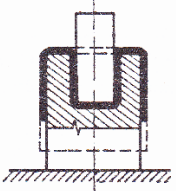

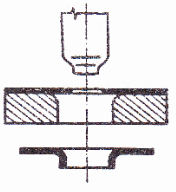
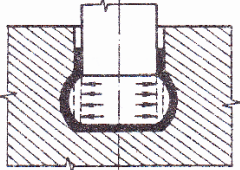
Hodnota S určuje plochu polotovaru v mm^2 . Potřebný tlak přidržovače se volí na základě druhu a tloušťky materiálu.

Tab. 4 Tabulka doporučených tlaků pro přidržovače [3]

Materiál	p (MPa)
Hlubokotažná ocel do tloušťky 0,5 mm Hlubokotažná ocel nad tloušťku 0,5 mm	2,5 až 3 2 až 2,5
Hliník	0,8 až 1,2
Měď	1,2 až 1,8
Mosaz	1,5 až 2

2.3.3 Operace tažení

V tabulce je uveden přehled nejběžnějších operací tažení.

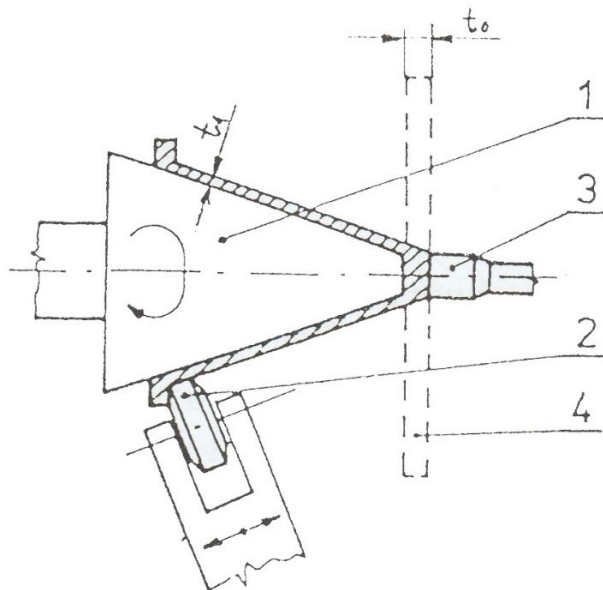
<p><i>Prosté tažení</i></p> 	<p>Tváření rovinného polotovaru na duté těleso bez podstatné změny tloušťky materiálu</p>
<p><i>Tažení se ztenčením stěny</i></p> 	<p>Změna rozměrů dutého polotovaru zmenšením příčného průřezu. Dochází k podstatné změně tloušťky stěny výtahu</p>
<p><i>Zpětné tažení</i></p> 	<p>Druhá nebo další tažná operace vykonávaná v obráceném směru k původnímu tažení</p>
<p><i>Žlábkování</i></p> 	<p>Vytlačení mělkých prohlubín ke zvýšení tuhosti polotovaru</p>
<p><i>Protahování</i></p> 	<p>Protahování okraje materiálu po vnějším nebo vnitřním obvodu tak, aby se vytvořila kolmá válcová plocha</p>
<p><i>Rozšiřování</i></p> 	<p>Zvětšování průměru dutého polotovaru v jeho části</p>

Obr. 13 Přehled operací tažení [7]

2.4 Další metody plošného tváření

2.4.1 Kroužlení

Mezi další metody tváření patří kroužlení. V kovotlačitelském stroji dochází ke zmenšování tloušťky materiálu, čímž se zmenšuje i jeho stěna. Tímto způsobem se vyrábí dutá rotační tělesa, na které je postupně přitlačován kovový nebo dřevěný tvarový model. Často se tímto způsobem vyrábí hlavně nádoby, jejichž hrdlo má menší průměr, než je průměr tělesa nádoby. Nástroj z tohoto důvodu musí být dělený, aby bylo možné ho následně vyjmout. [1]

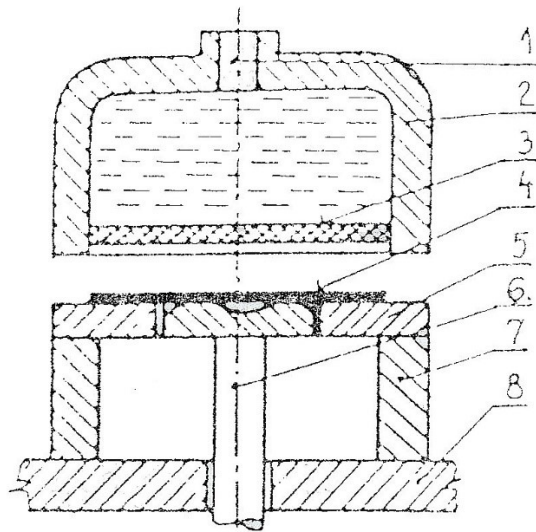


Obr. 14 Princip kroužlení

- 1 – kovová forma, 2 – tlačná kladka,
3 – přitlačná příruba, 4 - plech, [6]

2.4.2 Hydroform

Jednou z metod využívajících vlastností kapalin je hydroform. U této metody se využívá vlastnosti nestlačitelnosti kapalin. Nástroj je v tomto případě kov a hydraulická kapalina. Ta je zadržována ve skříni nástroje membránou. Životnost membrány je omezena na určitý počet cyklů.

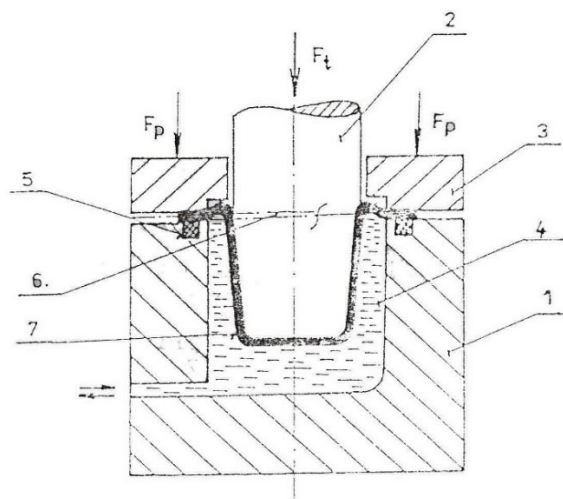


Obr. 15 Hydroform

1 – tažnice, 2 – tažník, 3 - přidržovač,
 4-tažná dutina, 5 – drážka, 6 – plech,
 7 – výtažek [6]

2.4.3 Hydromechanické tažení

Hydromechanické tažení je vhodné pro hluboké tažení nebo materiály hůře tažitelné, jako je titan. Kombinuje se zde tažník z pevného materiálu a tažnice naplněná kapalinou.

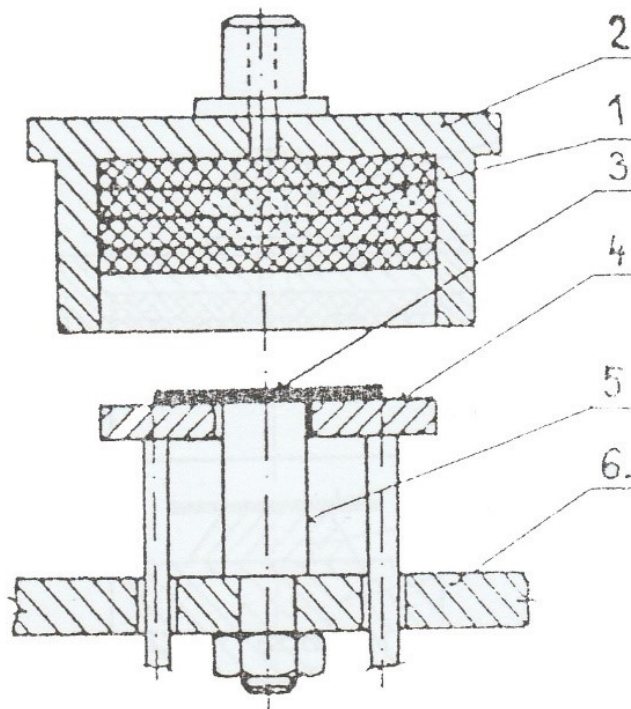


Obr. 16 Hydromechanické tažení

1 – tažnice, 2 – tažník, 3 - přidržovač,
 4-tažná dutina, 5 – drážka, 6 – plech, 7 – výtažek [6]

2.4.4 Tváření pryží

Jiným podobným způsobem je tváření pryží Marform nebo Guerin. Zde je využíváno elasticity pryže, která při stlačení může podle použitého nástroje pod plechem vystřihovat, ohýbat nebo tvarovat díl dle požadavku. Maximální tloušťka materiálu u této metody je 1,5mm. Použití takových nástrojů nejčastěji v malosériové, prototypové nebo kusové výrobě. I u tohoto způsobu je životnost pryže jen na určitý počet cyklů, než dojde k jejímu porušení.



Obr. 17 Metoda MARFORM

1 – Pryž, 2-pouzdro, 3-plech,

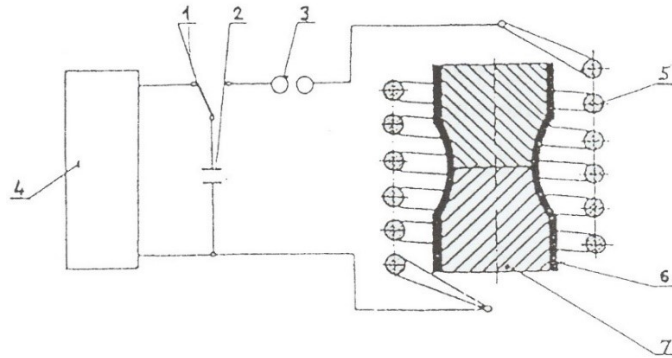
4-přidržovač, 5 – tažník, 6 – stůl lisu [6]

2.4.5 Wheelon

Kombinací pryžové metody s kapalinovou je metoda Wheelon, ve které je pryžový vak naplněn hydraulickou kapalinou a při uzavření formy tvaruje součást podle spodní části nástroje.

2.4.6 Elektromagnetické tváření

Elektromagnetické tváření využívá odpudivých účinků nesouhlasných magnetických polí mezi cívkou a materiálem. Vybitím proudu v cívce se indukuje proud opačného smyslu. Velkou výhodou je, že lze takto tvářet materiály jak nemagnetické tak i vodivé.

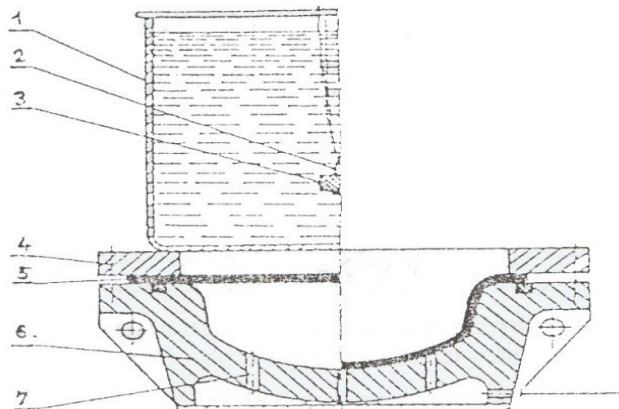


Obr. 18 Elektromagnetické tváření

1 – přepínač, 2 - kondenzátor, 3 - kontakty,
4 - napájení, 5 – cívka, 6 – díl, 7 - kalibr [6]

2.4.7 Tváření výbuchem

Tváření výbuchem je jedním ze způsobů, kdy za použití velké energie dochází vlivem tlakové vlny k tváření. Médium, které přenáší tlak je voda, písek nebo hlína. Tvar výlisku je přesný, a to z důvodu velké tvářecí rychlosti. Velikost výlisku prakticky není ničím omezena. Využívá se pro svoji energetickou náročnost jen v kusové výrobě. [6]



Obr. 19 Tváření výbuchem v kapalině

1–nádobu, 2-rozbuška, 3-výbušnina, 4-přidržovač,
5 – plech, 6 – lisovnice, 7 - ovzdušnění [6]

3 LISOVACÍ NÁSTROJE

Operace lisování jsou přesně definovány nástrojem, pomocí kterého je díl tvářen. Celá technologie tváření, která je největší součástí strojírenské výroby, by bez těchto nástrojů nemohla existovat. Přesnost výroby nástrojů se přímo odráží v ekonomice výroby a přesnosti daného vylisku. Velká část vylisků může po dokončení povrchových úprav nebo i bez nich být přímo použita na montáži. Lisovací nástroje z hlediska ekonomiky výroby patří k nákladným položkám při kalkulaci cen vylisku. Počáteční investice do materiálů a konstrukce nástroje jsou nejdůležitějšími parametry, které následně rozhodnou o životnosti nástroje a efektivitě výroby. Proto je běžnou praxí sdružování více operací do jednoho nástroje.

Lisovací nástroje se upínají na lisy. Tyto stroje jsou na obsluhu jednodušší, proto klesá nárok na náročnost zaškolení obsluhy. Nejčastěji jsou v lisovnách kovů umístěny lisy výstředníkové. U nich je možné nastavit výšku zdvihu a po spuštění lisu proběhne jeden pracovní zdvih beranu lisu. Horní část nástroje je upnuta upínací stopkou a spodní část pomocí upínek ke stolu lisu. Ve stolu lisu je otvor, který umožňuje připojení vyhazovací pružiny, nebo jí propadávají hotové vylisky.

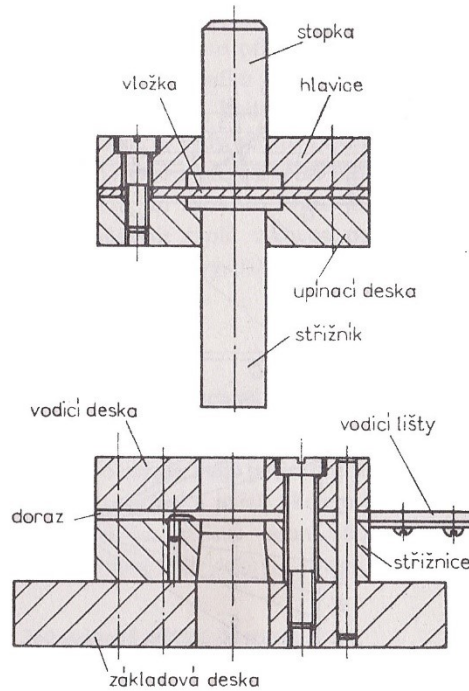
3.1 Střížné nástroje

Nástroji pro stříhání je možné vyrobit díly o přesnosti IT12 až IT14, nástroje osazené vodícími sloupky v přesnosti IT9 až IT11 a speciální nástroje až IT6. [7]

Střížné nástroje lze rozdělit dle jejich konstrukce na nástroje jednoduché, postupové a sdružené a sloučené. [3]

3.1.1 Jednoduché střížné nástroje

Tyto nástroje jsou zpravidla určeny jen pro jednu operaci stříhání. Střížné nástroje jsou konstruovány s předem určenou střížnou vůlí na konkrétní operaci, jen pro jednu tloušťku plechu. Výslednice střížných sil je umístěna na ose stopky lisu tak, aby docházelo k přenosu sil do osy stříhu. U děrování dochází k výrobě otvoru požadovaného tvaru do výrobku s konečným obvodem, liselem tak nepropadá vylisek, ale odpad.



Obr. 20 Jednoduché stříhadlo [3]

V horní části nástroje je uložen střížník. Pro zmenšení střížné vůle se střížníky tvarově upravují, toto řešení však není vždy vhodné. Způsobů jeho uložení je několik, mezi nejčastější patří temování v jeho horní části, upevnění pomocí závitu nebo využití osazení razníku a uložení v kotevní desce. Nad kotevní deskou je uložena kalená deska menšího tloušťky, do které se střížník opírá a zabraňuje jeho zatlačování do upínací desky. Nad kalenou deskou je upínací deska, ve které je závit pro upnutí stopky do lisu.

Ve spodní části nástroje je hlavní částí střížnice, ve které je dopředu odečtena řezná vůle. Může být vyrobena přímo s vystřihovaným tvarem z nástrojové oceli a zakalena, což není ekonomicky výhodné vzhledem k jejímu opotřebení nebo případnému prasknutí. Proto jsou některé střížné desky vyráběny z oceli konstrukční a v nich je vložena kalená střížnice, která se v případě poškození vyměňuje. Ve střížnici je vyroben požadovaný tvar, který se vyrábí do 3-4 mm hloubky a pod touto úrovní je technologický úkos pro propadnutí odpadu z materiálu nebo vystřihnutého tvaru. Pod ní je deska základová, která se upíná ke stolu lisu upínkami. Polotovary je před stříháním nutné nějak ustavit, pro tyto účely se používají dorazy. Pokud je polotovarem stříhaný pás plechu ve větší délce, jsou součástí nástroje i vodící lišty. Aby bylo možné ustavit střížník do osy střížné desky, je součástí sestavy vodící deska. Ta je pomocí kolíků a šroubů sestavena se střížnicí a základovou deskou. Nejpoužívanějšími

šrouby pro montáže sestav jsou válcové šrouby s vnitřním šestihranem. Vodící deska má zároveň i funkci stírání materiálu.

Pokud je od nástroje vyžadována větší přesnost výstřižku, je celý nástroj montován do tělesa s vodícími sloupky. To zajišťuje maximální opakovanou přesnost výstřižku. Těleso je osazeno vodícími sloupky a vodícími pouzdry, ty jsou proti sobě velmi přesně uloženy. V pohyblivé části tělesa mohou být ukotveny jak sloupky, tak i pouzdra, záleží na požadovaném způsobu stříhání.

3.1.2 Postupové střížné nástroje

Jedná se o nástroje vycházející svou konstrukcí z jednoduchých stříhadel. Během jednoho zdvihu beranu lisu je na polotovaru plechového pásu provedeno více operací a v posledním kroku vždy vypadává hotový výstřižek. Pás postupuje nástrojem za pomoci obsluhy lisu nebo podavače jedním směrem, který nelze zaměnit. Je běžné, že u toho typu nástroje je více dorazů než jeden, z důvodu možnosti započítání operací v různých fázích. Mezi desky jsou vkládány načínací dorazy, které se využívají jen v prvních krocích nového pásu. Hlavní doraz, který je zároveň posledním před vystřihnutím finálního výstřižku, je umístěn na desce. Má tvar části vystřihovaného odpadu na pásu nebo je vkládán dorazový kalený kolík.

Podávání materiálu do nástroje může probíhat více způsoby. Pokud se jedná o lis s obsluhou, pás je posunován manuálně. Další možností je odvíjení z plechových svitků. Tímto způsobem je možné proces částečně automatizovat. Deformace plechového pásu při navinutí na svitek jsou odstraňovány částečným přerovnáváním před vstupem do nástroje. Nevýhodou v důsledku použití odvíjecího systému je, že vzniká nárok na větší prostor kolem lisu. Uplatnění takový systém nachází především ve velkosériové výrobě.

Konstrukčně je nástroj složen z více komponentů než jednoduché stříhadlo, což je dáno počtem kroků. Počet potřebných kroků se odvíjí od složitosti výrobku. Nejčastěji jsou v prvních krocích děrovány otvory a části obvodu výstřižku. Tyto nástroje je možné vyrobit i jako vícenásobné, nejčastěji jsou zrcadlově otočené v podélné ose nástroje. Typické jsou svým krokem postupu, který musí být vždy stejný. K zajišťování správného kroku jsou na nástroji dorazy (ve spodní části nástroje) a hledáčky (v části horní), umístěné nejčastěji na střížníku obvodu. Hledáček zapadá do vystřiženého otvoru a zafixuje polohu pásu před stříhem. Pro správnost polohy se zajišťuje použitím tělesa se sloupky. Umístění vodících sloupek je možné v ose nástroje, za pracovním prostorem desek nebo v úhlopříčce.

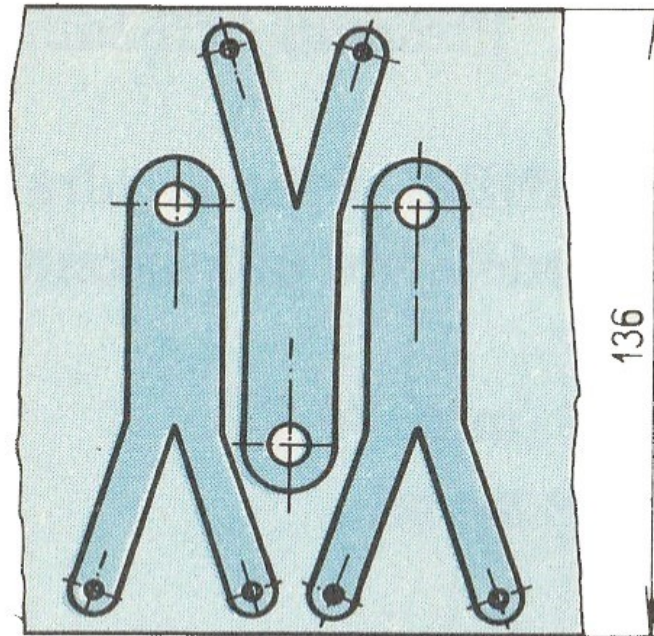
Ekonomicky důležitým parametrem je koeficient využití materiálu. U postupových nástrojů je nutné zvážit z hlediska jejich konstrukce co neoptimálnější rozvržení. Před započítáním hromadné výroby se vytváří nástřihový plán, kde se optimalizuje poloha výstřižků. [3]

Koeficient využití materiálu K_m lze stanovit dle vzorce:

$$K_m = \frac{S_v}{S_p} \cdot 100 \quad (19)$$

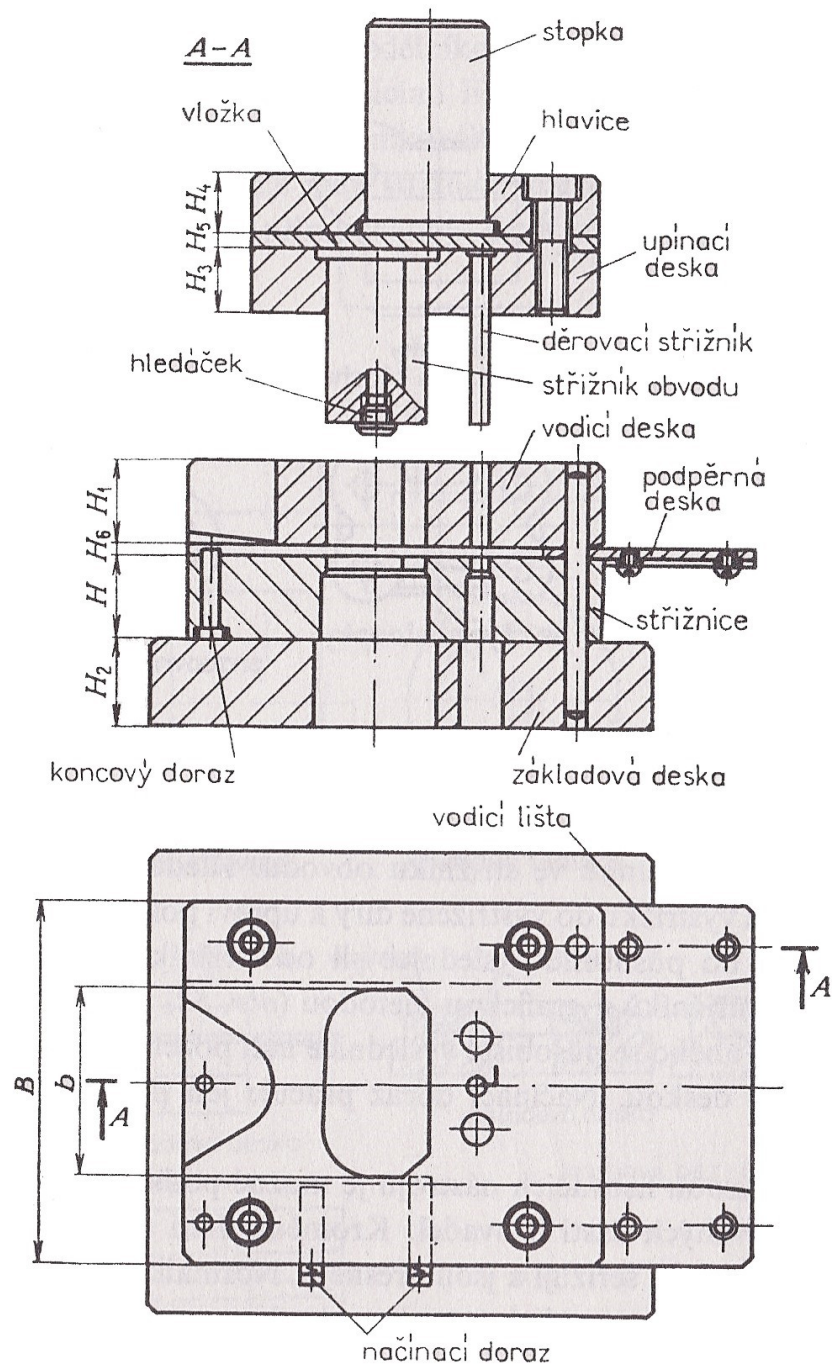
Kde S_v je plocha výstřižku včetně odpadu a S_p je plocha pásu [1]

Ekonomickou je výroba považována, pokud je koeficient $K_m \geq 70\%$



Obr. 21 Rozvržení výstřižku [2]

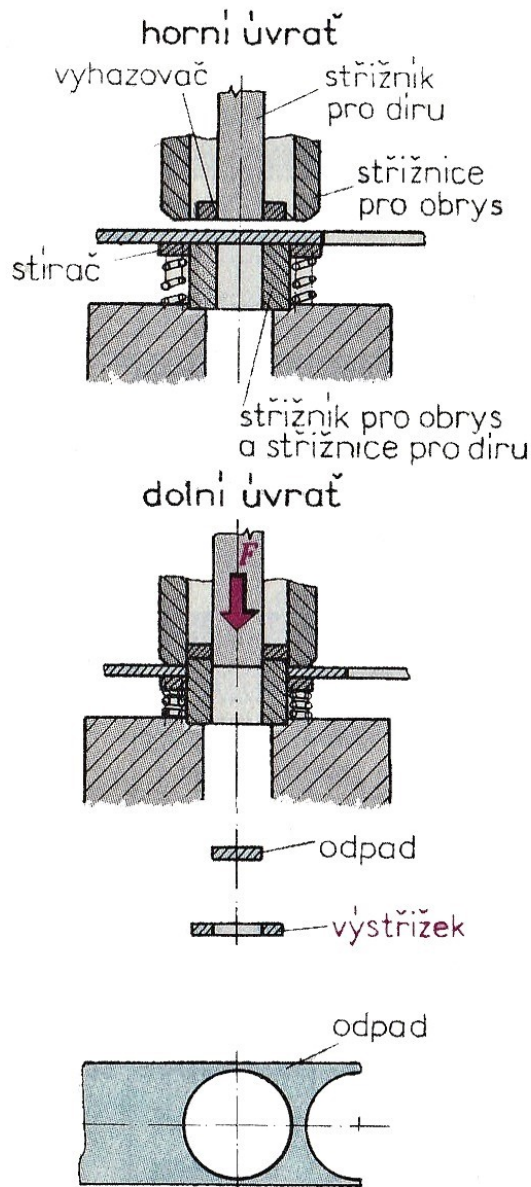
Při výrobě v postupovém nástroji je důležité správně odečíst řezné vůle. Při stříhání otvorů je střižník vyroben na požadovaný rozměr a střižnice větší o hodnotu řezné vůle. Obvod výstřižku je naopak vyroben tak, že střižník je menší o hodnotu řezné vůle než rozměry výstřižku a ve střižnici je požadovaný rozměr výstřižku.



Obr. 22 Postupový střížný nástroj [3]

3.1.3 Střížné nástroje sloučené

Tyto nástroje sjednocují více střížných operací v jednom zdvihu. Ve sloučeném nástroji je obvod i otvor vystřižen současně. Z nástroje jsou výstřížky zhotoveny ve velmi krátkém čase, důležitá je správná konstrukce jednotlivých součástí pro správný chod.



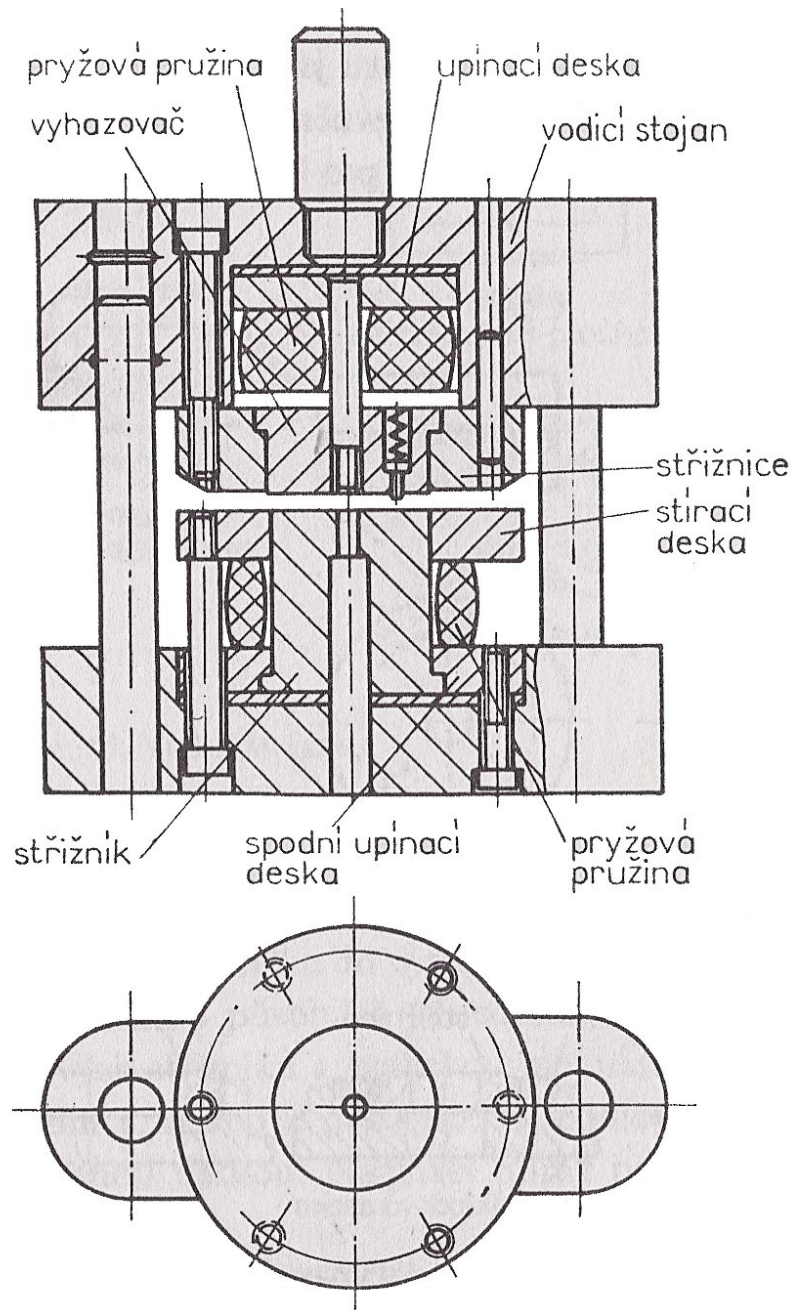
Obr. 23 Sloučený střížný nástroj [2]

Součástí nástroje je i stírač, což je ta část, která hotový výstřížek stáhne ze střížnice vnějšího obvodu. Potřebná střížná síla je větší, proto tato aplikace není vhodná pro plechy větší tloušťky. K úplnému stažení výstřížku je potřebná i správně určená stírací síla. [2]

3.1.4 Sdružené lisovací nástroje

Nástroje se používají pro přesnější výlisky. Uloženy jsou do sloupkových vodících těles, což zaručí přesnost polohy. Principem sdružených nástrojů je provedení všech operací na výlisku v jednom kroku. Polotovarem může být plechový pás nebo přístřih. Jednotlivé kroky v nástroji jsou uloženy nad sebou, proto je potřebný vyšší zdvih lisu. Najednou je tak možné

vystříhnout otvory uvnitř vylisku, jeho obvod a současně i zkombinovat s vytažením tvaru. Z hlediska konstrukce se jedná o složitější nástroje, protože je nutné sjednotit výšky a polohy jednotlivých kroků a zároveň tak i vyřešit systém stírání a odpružení jednotlivých součástí nástroje. [3]



Obr. 24 Sdržený střížný nástroj [3]

Pokud je polotovarem plechový pás, lze proces automatizovat stejným způsobem jako postupový nástroj, je však nutné vyřešit způsob odbírání hotových vylisků. Po provedení jednoho zdvihu beranu zůstává vylisek na spodní části nástroje, kde je odbírán obsluhou nebo automatizovaným systémem.

Na údržbu a přesnost výroby se jedná o nejnáročnější nástroj, každá součást musí mít pro správnou funkci požadované rozměry ve stanovených tolerancích. Nedodržení výrobních tolerancí znamená nefunkčnost nástroje.

3.2 Ohýbací nástroje

Hlavní součásti nástrojů pro ohýbání jsou ohybník a ohybnice. Ohybník je část pohyblivá, ohybnice část pevná. Celý nástroj se označuje jako ohýbadlo. Ohnutý díl se mění z polotovaru na výlisek. U ohýbání jsou vnitřní vlákna v materiálu stlačována a vnější se natahují.

Poloměr ohybu R by měl být zvolen vzhledem k odpružení materiálu co nejmenší možný, přímo však souvisí s tloušťkou ohýbaného materiálu. Vzhledem k tvárnosti je vhodné volit poloměr větší. Na druhou stranu by neměl být natolik malý, aby v materiálu způsobil trhliny. Osa ohybu by měla být vhodně umístěna, a to kolmo na směr vláken materiálu, aby se dalo předejít vzniku trhlin. Pokud je součást ohýbána z více stran, řeší se umístění materiálu 45° ke směru vláken.

Ohýbací nástroje na lisech jsou ve většině případů konstruovány pro ohyb jednoho úhlu. Jestliže je na výrobku více různých úhlů nebo i poloměrů ohybu, díl se ohýbá na ohraňovacím lisu. Pro kusovou výrobu je možné využít i ručního ohýbadla, kde se materiál tenkého průřezu ohne za pomoci otočné ohybové čelisti přes hranu ohýbací lišty.

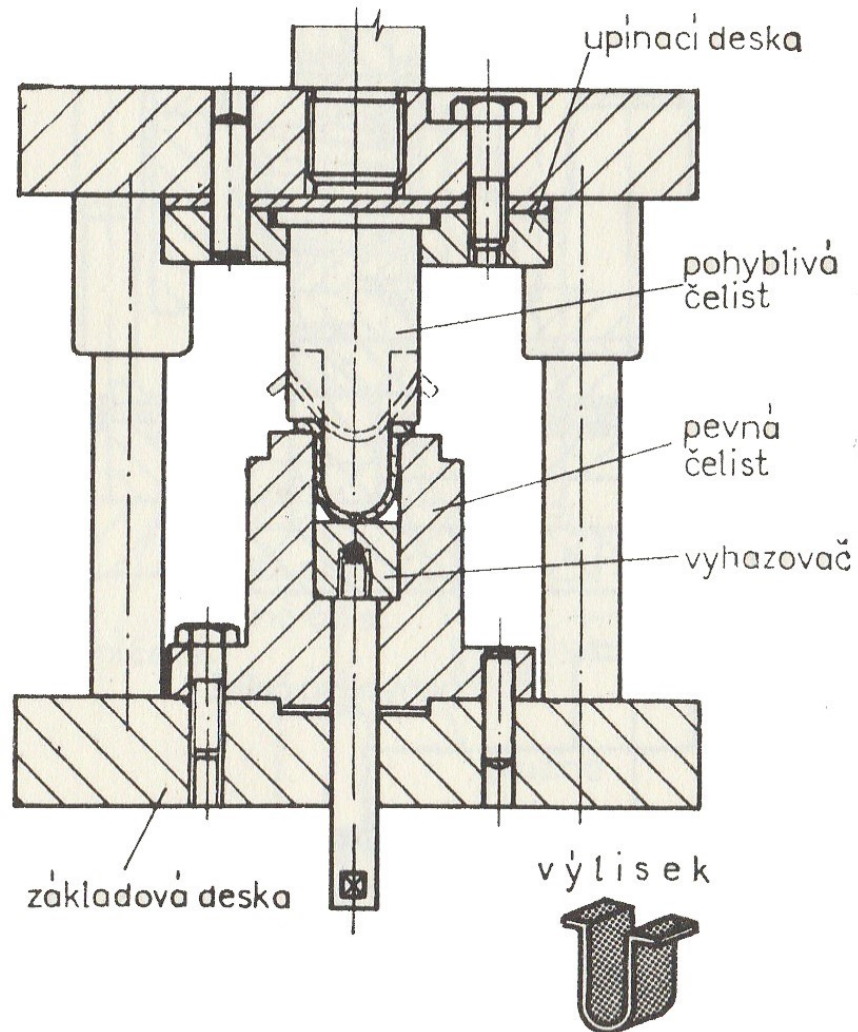
Ohybnice má ve většině případů tvar V, které může mít různý úhel od 30° do 88° . Na okrajích jsou přechodové rádiusy pro plynulý přechod do vnitřní části nástroje. Speciální nástroje pak mohou být i tvarované speciálně na profil, nebo mohou mít tvar pohyblivých válečků, které se za pomoci pružin vrací do původní polohy.

Ohybníky jsou přímé nebo zalomené. Pokud se jedná o složitější profil, mají lomený tvar. V jejich funkční části je ohybový rádius R . Aby si nástroje zachovaly potřebnou houževnatost, jsou laserově kaleny pouze funkční části ohybových rádiusů. [3]

3.2.1 Konstrukce ohýbacích nástrojů

Ohýbací nástroje jsou stejně jako střížné vyrobeny ze dvou částí, z nichž je obvykle horní část pohyblivá a spodní pevná. Ta je upnuta ke stolu upínkami, horní část je upnuta pomocí stopky k beranu lisu. Pro správnou polohu a vymezení vůle jsou nástroje uloženy do těles se sloupky. K určení správné polohy ohybu slouží nastavitelné posuvné dorazy.

U nástrojů pro ohýbání se určuje několik parametrů. Mezi ty hlavní patří poloměr zaoblení u ohybnice, ohýbací síla, celková vůle nástroje a úhel ohýbání. Ohýbací sílu přímo ovlivňuje druh ohýbaného materiálu, tloušťka materiálu, délka ohybu a ohýbaný úhel. Každý z těchto parametrů může změnit potřebnou ohýbací sílu, stejně jako šířka ohybnice a její přechodové rádiusy.

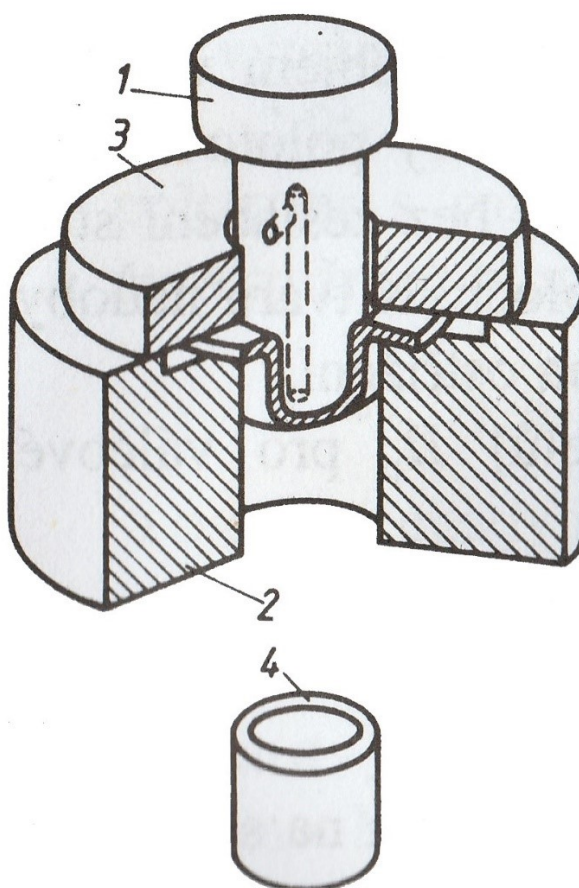


Obr. 25 Ohýbací nástroj [3]

Především u ohybů tvaru U se zavádí i systém vyhazování. Výlisek by zůstal po ohnutí bez vyhazovače uvnitř ohybnice a bylo by náročné jeho odejmutí. Pro tyto účely je proto zaveden vyhazovač, který je přimontován k pružině a ta zajistí vrácení vyhazovače do původní polohy. Aby při ohýbání nedocházelo k posunu polotovaru, je díl přitlačován přidržovačem. Ten není nutné montovat ve všech nástrojích, jen u těch, kde hrozí nebezpečí posunu otvorů vzhledem ke vzdálenosti od ohybu, nebo k nežádoucím deformacím okrajů výlisku. [3]

3.3 Tažné nástroje

Při tažení se polotovár změní v prostorový výtažek. Nástroje se nazývají tažidla, horní částí je tažník a spodní tažnice. Aby bylo zabráněno nežádoucímu vlnění okrajů a zachování tloušťky materiálu, využívá se při tažení přidržovače. Ten má za úkol držet plech v rovném tvaru, zatím co tažník postupně vtahuje do tažnice materiál. Přidržovač je tlačěn za pomoci pružin na plochu materiálu, uzavřeného mezi ním a tažnicí. Další důležitou funkcí přidržovače je stírání materiálu, při zpětném pohybu stáhne materiál z tažníku. U hlubších výlisků může dojít i ke ztenčení stěny. [3]



Obr. 26 Konstrukce tažidla [2]

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

Tažení nemusí probíhat jen na jednom nástroji v jednom kroku, ale i postupným tažením v pásu. Tímto způsobem je výtažek na několik kroků postupným tažením tvarován až do finální podoby, teprve v konečném kroku je odstřižen. [6]

3.3.1 Konstrukce tažných nástrojů

Pro ustavování kruhových výtažků se středovým otvorem se využívají hledáčky. Ty jsou umístěny do tažníku. Při najetí na polotovary plechu, kde je připraven otvor, zafixují počáteční polohu, aby nedocházelo k nesymetrii nebo k vytažení na jiném místě. U složitějších tvarů jsou na více místech a zajišťují správnou polohu při tažení.

Ve sdužených nástrojích dochází k tažení i vystřihnutí najednou, i tato konstrukce je možná, zvyšují se však nároky na požadovanou lisovací sílu.

Hlavní části nástrojů jsou kaleny, aby byly odolné proti otěru. Především v tažnici s opakujícím se počtem cyklů dochází k velkému tření povrchu. Po uzavření nástroje vymezená vůle způsobuje utěsnění vnitřního prostoru. Pro odstranění tohoto efektu je v nástroji vyroben odvzdušňovací otvor. Tažník je upevněn přímo ke stopce lisu nebo k upínací desce. Tažnice je upevněna kolíky a šrouby k základové desce, která je upnuta ke stolu. Přesnější vedení může zajišťovat stojánek se sloupky.

Tvar výlisku po prvotní výrobě nástroje je nutné otestovat. Často dochází k situaci, že se tažník i tažnice upravuje korekcemi tak, že se upravuje jejich tvar z důvodu odpružení materiálu.

U některých výlisků může nastat situace, že po vytažení především hlubšího tvaru zůstává v tažnici. V těchto případech se při konstrukci vkládá do nástroje ještě vyhazovací systém. Tvary vyhazovacího systému jsou upraveny tak, aby nedocházelo zpětným tlakem k nežádoucí deformaci výlisku. K vyhození výtažku je potřebná velká vyhazovací síla, proto jsou systémy opatřeny několika ocelovými nebo pryžovými pružinami.

Operace tažení usnadňuje správný systém mazání před započítím tažení. K hlubokým tahům jsou polotovary mazány grafitem, teflonem nebo jinými mazivy pro hladký průběh procesu a snížení tření.

4 VÝROBA STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ

Nezbytnou součástí v průběhu přípravy nového nástroje je jeho výroba. Při navrhování střížných nástrojů souvisí práce konstruktéra velmi úzce s prací technologa výroby, který navrhne výrobní postup jednotlivých součástí sestavy nástroje. Firmy, které vlastní lisovnu, mají ve většině případů i vlastní nástrojárnu, protože údržba nástrojů je nezbytnou součástí po celou dobu životnosti. Nástrojárny jsou běžně vybavovány jak konvenčními, tak stroji s numerickým řízením. Schopnost konkurovat jiným nástrojárnám znamená vyrobít součásti nástrojů co nejpřesněji, s minimálními náklady a v co nejkratším čase.

Vše začíná u vstupního materiálu, kdy se připraví rozměry výchozích polotovarů s přídatky na obrábění. Následně po vyskladnění na dělírně materiálu dochází k jeho přípravě pro obrábění.

Obrábět znamená odebírat třísku z materiálu, než je dosaženo požadovaných finálních tvarů a rozměrů. Základní dělení obrábění je na ruční a strojní. [5]

4.1 Ruční obrábění

I v době numericky řízených strojů nelze ruční obrábění při výrobě vyloučit. Přímou však kvalita takové výroby souvisí s manuální zručností pracovníků. Mezi základní ruční obrábění patří stříhání, ohýbání, řezání závitů nebo sekání. Ve většině případů po strojním obrobení dochází ještě ke kontrole všech částí a případně jejich ručním dokončením, které neumožňovalo dokončení přímo na stroji. Běžně se jedná o odjehlování dílů.

4.2 Strojní obrábění

Jedná se o nejužívanější způsob výroby přesných součástí. Základní soustava při výrobě je stroj-nástroj-obrobek.

Obrobkem je označován polotovar, který se bude obrábět nebo je z části obroben. Má tři oblasti, a to plochu obrobenu, obráběnou a plochu řezu. [5]

Nástroj se skládá z části upínací a řezné. Činná část nástroje je jeho břit. Může mít zvláštní tvar v důsledku druhu obrábění a geometrii nástroje. Každý nástroj má omezenou životnost břitu, který je potřeba ostřit, nebo v případě nástrojů s výměnnými destičkami vyměňovat.

4.2.1 Soustružení

Soustružení je druh obrábění rotačních součástí. V tomto případě rotuje obrobek kolem své osy v horizontální nebo vertikální poloze. Hlavními pohyby nástroje jsou příčná a podélná osa k ose obrobku. Rychlost rotačního pohybu součásti lze zjistit ze vztahu vyjadřující řeznou rychlost:

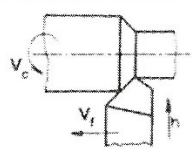
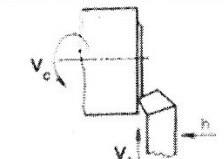
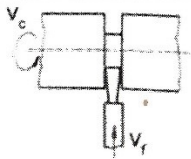
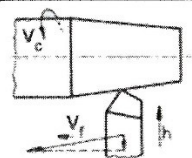
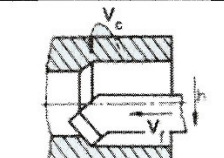
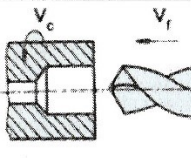
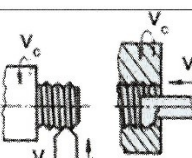
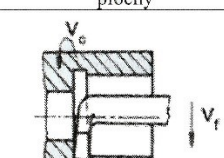
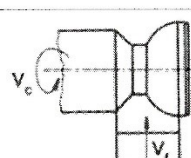
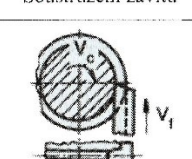
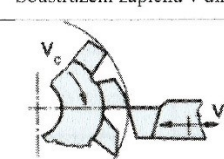
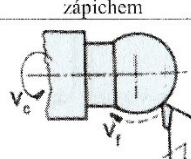
$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (20)$$

π – Ludolfovo číslo

D – průměr obrobku (mm)

n – počet otáček obrobku za minutu (min^{-1})

Obráběcím strojem je soustruh. Ten je opatřen hroty k upnutí obrobku nebo sklíčidly, případně jejich kombinací. K upínání nástrojů slouží nožová hlava. Numericky řízené stroje k rychlé výměně nástroje mají místo nožových hlav revolverové hlavy, které mají více nástrojových lůžek. [10]

 <p>Podélné soustružení válcové plochy</p>	 <p>Čelní soustružení rovinné plochy</p>	 <p>Rozpichování</p>
 <p>Soustružení kužele</p>	 <p>Soustružení vnitřní válcové plochy</p>	 <p>Vrtání díry na soustruhu</p>
 <p>Soustružení závitů</p>	 <p>Soustružení zápichu v díře</p>	 <p>Soustružení tvarové plochy zápichem</p>
 <p>Tangenciální soustružení klínové drážky</p>	 <p>Podsoustružení tvarové frézy</p>	 <p>Soustružení koule a válcové plochy</p>

Obr. 27 Možnosti výroby na soustruhu [1]

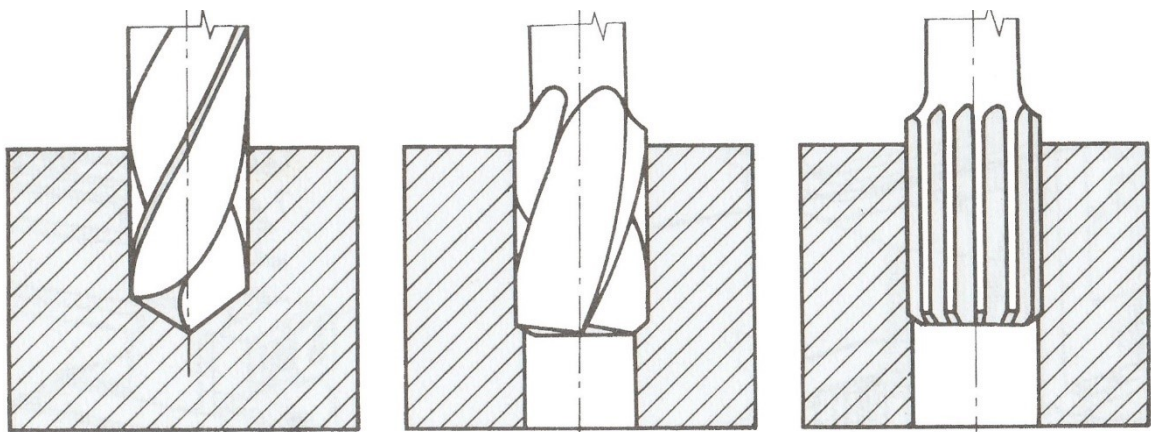
Základní práce na soustruhu jsou soustružení podélných ploch (válcových), příčných ploch (čelních) a upichování materiálu, což je oddělení od polotovaru. Dále je možné řezání závitů, vrtání a u nejmodernějších strojů i plnohodnotné frézování za pomoci dalších řízených os. [10]

4.2.2 Vrtání a vyvrtávání

Strojní obrábění kruhových otvorů dvoubřitým nástrojem – šroubovým vrtákem. Nástroj koná hlavní rotační pohyb a má definovaný vrcholový úhel, který se liší druhem zpracovávaného materiálu. Vedlejší pohyb koná posuv nástroje k obrobku.

Kromě vrtání lze na vrtačkách provádět vyhrubování a následné vystružení přesných otvorů, závitování, odjehlování a zahlubování otvorů.

Vyvrtávání je metoda obrábění, při které je již předvrtaný otvor dokončován na konečný rozměr. Jednobřítý nástroj, nejčastěji vyvrtávací tyč, koná současně rotační pohyb i posuv v materiálu. [10]



Obr. 28 Průběh vystružování otvoru [2]

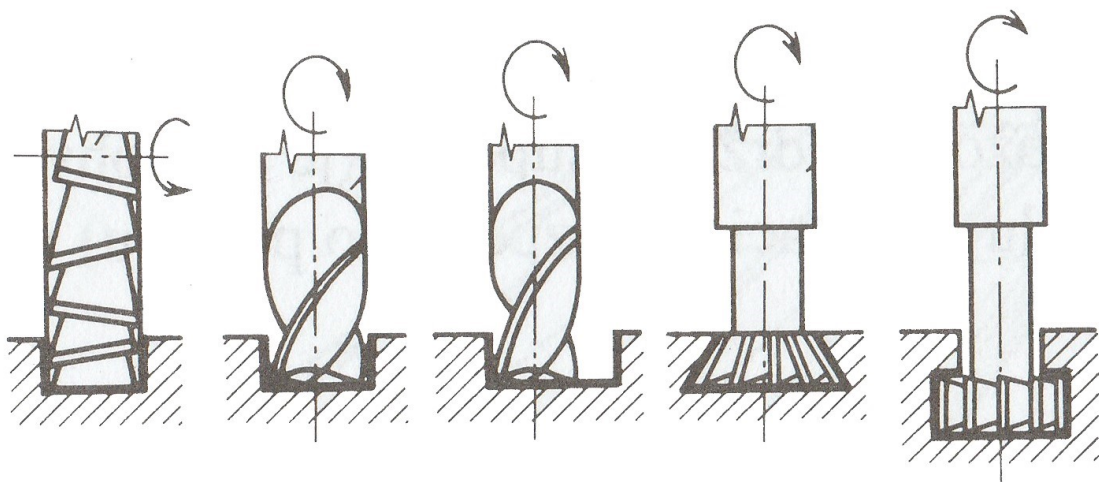
4.2.3 Frézování

Frézováním jsou obráběny rovinné i tvarové plochy nerotačních obrobků. Jedná se o nejpoužívanější druh obrábění společně se soustružením. Rotující hlavní pohyb koná nástroj, který má více břitů. Obrobek je upnut na stroji, pomocí upínek, svěráku, magnetu nebo jiným způsobem. Musí být zajištěn proti možnému posunutí nástrojem, což by mohlo vést k poškození obrobku i nástroje.

Nástrojem je fréza, několikabřítý nástroj, který může mít tvar válcový, kotoučový, tvarový i závitový. Tyto nástroje jsou vyrobeny z nástrojových ocelí a slinutých karbidů. Speciálním

případem jsou nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami. V tomto případě je těleso vyrobeno z rychlořezné oceli a osazeno plátky ze slinutých karbidů, řezné keramiky či materiálu, který kombinuje oba tyto materiály, tzv. cermetu. Neméně důležitou součástí je povlakování řezné části. Snižuje se tím opotřebení a zvyšuje životnost nástroje.

Stroje na obrábění frézováním se nazývají frézky. Kromě příčného a podélného pohybu stolu v porovnání se soustružením přibývá ještě jedna osa, pohyb vřetene v kolmém směru na obrobek. Takové uspořádání os platí u 3-osých strojů, u strojů víceosých dochází ještě k pohybu stolu, případně vřeteníku stroje. [5]



Obr. 29 Přehled fréz pro drážkování [2]

4.2.4 Broušení

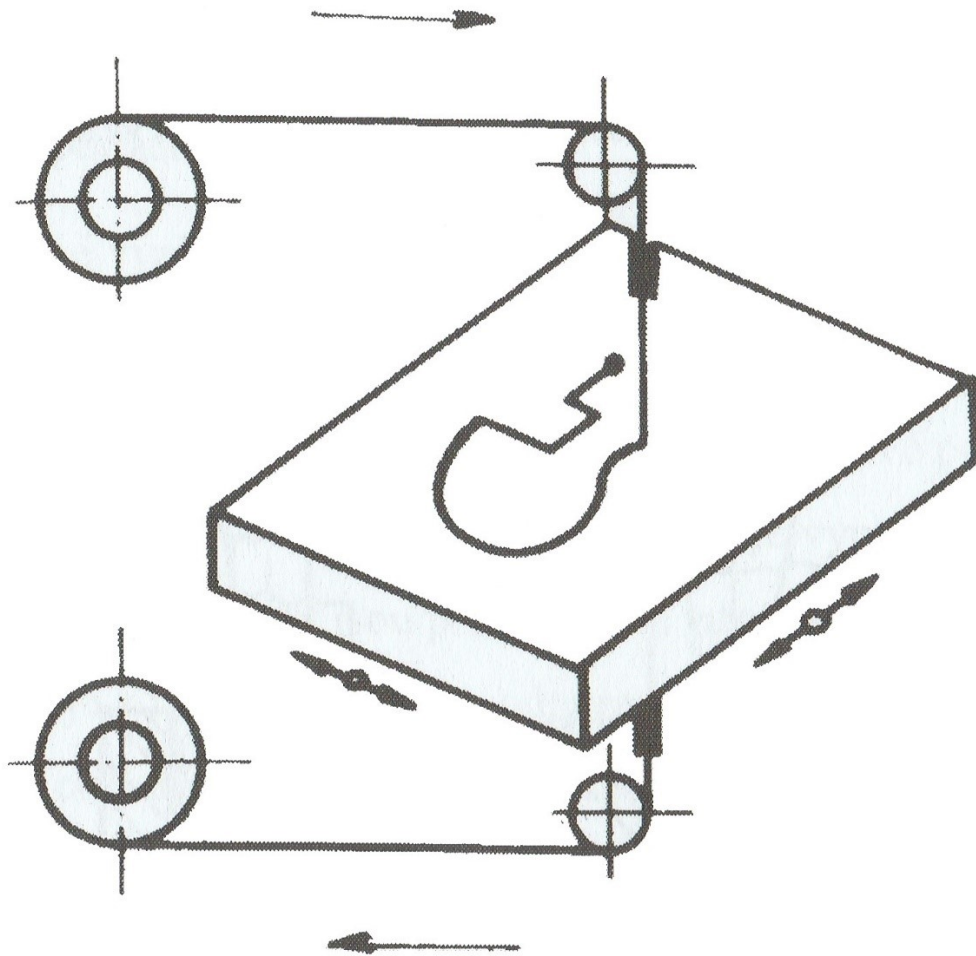
Po operacích frézování a soustružení následuje dokončovací operace broušení. Jedná se o obrábění za pomoci brousícího zrna, které obsahuje společně s pojivem brousící kotouč. Ten koná rotační pohyb. Tvar zrn a jejich poloha není přesně definována, a proto nemají jednotlivou geometrii břitu. Součásti jsou obráběny mnohem větší řeznou rychlostí než v případě frézování a soustružení, proto odchází většina tepla do obrobku. Zároveň velikost třísky je mnohonásobně menší. Obnovení brousící plochy kotouče po opotřebení se provádí diamantovým orovnávačem. Dokončovací operace lze aplikovat na rotační, tvarové i ploché součásti. [10]

4.2.5 Elektroerozivní metody obrábění

Působením účinku tlakového a tepelného působení elektrických výbojů dochází k odebrání materiálu. Doprava z místa řezu probíhá prouděním elektrolytu. V počáteční fázi jsou dvě elektrody v prostoru vyplněném dielektrickou kapalinou. Elektrody jsou napojeny na zdroj stejnosměrného napětí s určitým vnitřním odporem. Z povrchu součásti se pomocí elektrických výbojů odtavují a vypařují části materiálu.

Podle druhu eroze jsou v praxi využívány metody elektrojiskrové, elektrokontaktní a anodomechanické.

Elektroerozivní metody obrábění jsou důležitou součástí při výrobě nástrojů, velkou výhodou je možnost výroby již tepelně upravených materiálu bez ovlivnění případnými teplotními vlivy. [10]



Obr. 30 Elektrojiskrové vyřezávání [1]

5 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části jsem popsal základní principy tváření. V kapitole plošné tváření jsou popsány metody stříhání, ohýbání a tažení. Dále je popsáno dělení lisovacích nástrojů pro všechny tyto technologie a jejich použití na strojích. Cílem teoretické části bylo popsat metody tváření a přiblížit jejich princip a význam ve strojírenské výrobě.

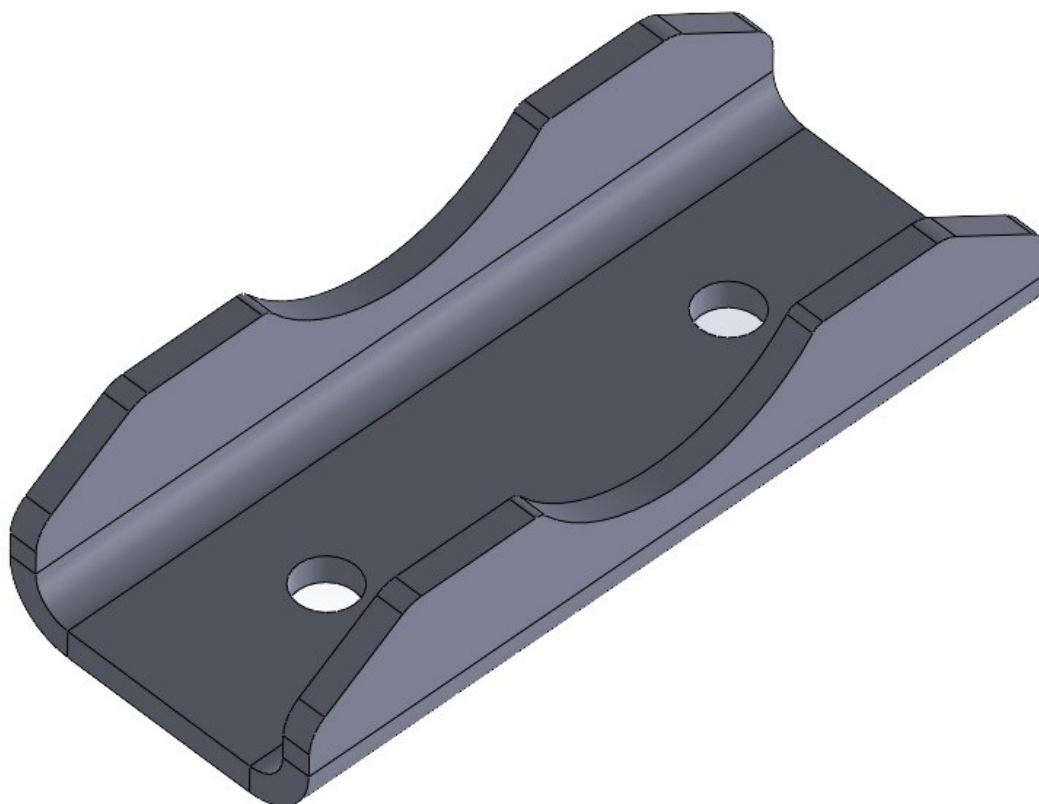
II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Následující praktická část bude věnována konkrétnímu výrobku, na který jsem konstruoval postupový střížný nástroj. Bude představen výrobek, jeho funkce, použitý materiál a volba technologie. V jednotlivých kapitolách jsou popsány jednotlivé kroky při postupu konstrukce nástroje až k hotovému výstřížku.

- Cílem mé bakalářské práce je zkonstruovat střížný nástroj na konkrétní díl, který byl popptán od zákazníka.
- Navrhnout takový nástroj, aby mohl zaručit pravidelné měsíční dodávky v požadované kvalitě.
- Vytvořit CAD modely, které by bylo možné předat výrobnímu oddělení.
- Ověřit na stroji funkčnost nástroje společně s obsluhou stroje a vyrobený díl zkontrolovat.

7 POPIS A FUNKCE VÝROBKU



Obr. 31 Model výrobku

Díl, který se bude vyrábět, má předpokládanou roční sérii výroby 150 000 kusů s plánem výroby na 5 let. Jedná se o součást dodávanou do jednoho z odvětví elektrotechnického průmyslu, založenou na dodávkách pro satelitní a telekomunikační techniku. Funkcí výrobku je tedy ukotvení různých druhů těchto prvků i za nepříznivých povětrnostních podmínek. Tomu je uzpůsoben jak tvar součásti, tak i finální povrchová úprava. Proto se nejprve v první fázi rozhoduje o tom, jakou technologií efektivně vyrábět. Možností je více, ale sériovost výroby a požadavek na dosažení nízké ceny výrobku rozhoduje o tom, dát přednost technologii lisování.

Pokud má být zvolena metoda co nejefektivnější, lze uvažovat o dvou metodách výroby, které jsou za dané situace k dispozici. Tou první by byl postupový střížný nástroj a ohýbací nástroj, vyrobit tedy dva oddělené nástroje. Druhou variantou je vyrobit nástroj blokový sdružený, který po vystřížení obvodu a otvorů díl zároveň i ohne. Nákladnost výroby blokového nástroje, jeho složitější údržba a náročnost na výrobu jsou důvodem, proč bude jako

vhodná varianta zvolena výroba dvou nástrojů. Tím se změní i průběh výroby, protože bude využito dvou strojů, přičemž na jednom ze strojů bude tvar vystřihován a na druhém ohýbán. Z tohoto důvodu volím při výrobě střížného nástroje metodu postupového stříhání. Jako jednodušší varianta by bylo možné vystřihnout pouze obdélníkové polotovary a odstříhovat z nich jednotlivé části, ale v sériové výrobě je tento postup nemožný, protože na každý jednotlivý úkos, rádius i otvory by byl vždy potřebný jeden nástroj.

7.1 Požadavky na tvar a přesnost výrobku

Tvar výrobku je přizpůsoben jeho následnému použití a je dán požadavkem zákazníka. Z hlediska přesnosti výroby je požadavek na dodržení tvaru nepředepsaných mezních úchylek v toleranci dle normy ČSN ISO 2768 mK. Tolerance otvorů je požadována v toleranci H12.

Po ohybu výstřižku následuje ještě omílání a následně povrchová úprava požadovaná zákazníkem, což je kataforéza.

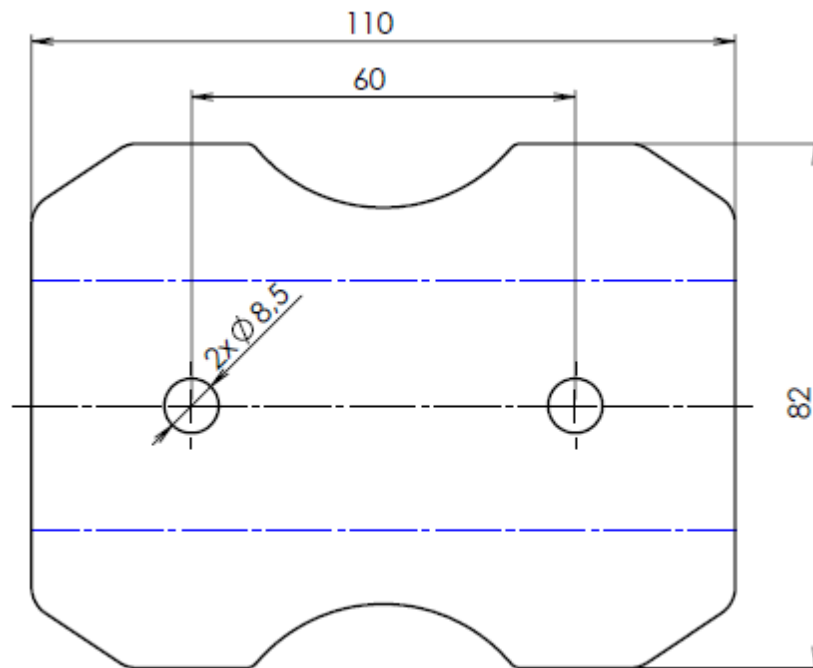
7.2 Materiál výrobku

Jako vstupní materiál bude použit ocelový plech jakosti S355MC, který je určen pro tváření za studena s vyšší mezí kluzu. Z hlediska tvařitelnosti se jedná o materiál vhodný i k ohýbání a ohraňování bez vzniku trhlin. Tloušťka materiálu bude 4 mm. Nakupovaný materiál bude ve formátu tabulí 2500 mm x 1250 mm, aby ho bylo možné dále dělit na tabulových nůžkách pro další zpracování.

Dodavateli materiálu byl zadán požadavek na balení plechů v balících o maximální hmotnosti 3 tuny tak, aby s nimi bylo možné bezpečně manipulovat pomocí manipulační techniky. Skladník má za úkol při vstupu zakázky vyskladnit materiál a dopravit ho do dělírný materiálu. Po rozbalení balíku plechu musí obsluha dělírný vizuálně zkontrolovat plechy na přítomnost možné koroze. Pokud by se vyskytla, bude celý balík vrácen dodavateli plechu a vyreklamován.

7.3 Rozvinutý tvar

Pro konstrukci postupového nástroje bude nutné znát rozvinutý tvar výrobku, který dále bude součástí návrhu nástroje. Pokud by byl spočítán nesprávně, znamenalo by to nefunkčnost nástroje a jeho oprava, což by značně navýšilo náklady na jeho výrobu. Před započítím sériové výroby bude ještě rozvinutý tvar ověřen a změřen po ohybu, aby rozměry odpovídaly tolerancím.



Obr. 32 Rozvinutý tvar

Rozvinutý tvar byl vytvořen rozvinutím 3D modelu v CAD softwaru Solidworks. Prostředí práce s plechovými výrobky po namodelování dílu umožňuje díl následně i rozvinout a pracovat s ním dále při návrhu velikosti desek. Zde bude ve skice určeno umístění tvaru a je vytvořen první návrh podoby střížné desky. Z této základní skicy budou vycházet rozměry ostatních desek.

8 KONSTRUKCE STŘIŽNÉHO NÁSTROJE

Po zpracování nabídky zákazníkovi a odeslání, je čas na reakci zákazníka, zda bude souhlasit. Ve většině případů se na začátku projektu upřesňují termíny dodávek a zajišťují se kroky k jejich dodržení. Pokud zákazník souhlasí, odešle objednávku s požadovaným termínem výroby nástroje a termínem dodání prvních vzorků. Poté následuje předání požadavku na konstrukční oddělení, které může začít s konstrukcí nástroje.

Konstrukce celého nástroje bude probíhat v softwaru Solidworks ve verzi Professional, což je 3D CAD software od francouzské společnosti Dassault Systemes. Jedná se o jeden z nejrozšířenějších softwarů pro konstrukci na světě s vlastní knihovnou spojovacího materiálu, což usnadňuje konstrukci při sestavování nástroje. Velkou výhodou je i možnost využití nástavbového modulu CAM systému integrovaného do Solidworks, kde v jednom prostředí je možné tvořit dráhy a NC kódy pro obráběcí stroje při výrobě nástroje.

Při konstrukci nástroje bude nutné znát tyto potřebné parametry:

- Nástřihový plán
- Celková střižná síla
- Střižná vůle
- Těžiště střižných sil pro určení polohy upínací stopky

Z těchto vypočtených hodnot bude možné nástroj zkonstruovat a zároveň je lze využít k návrhu stroje, na který se nástroj upne.

8.1 Nástřihový plán

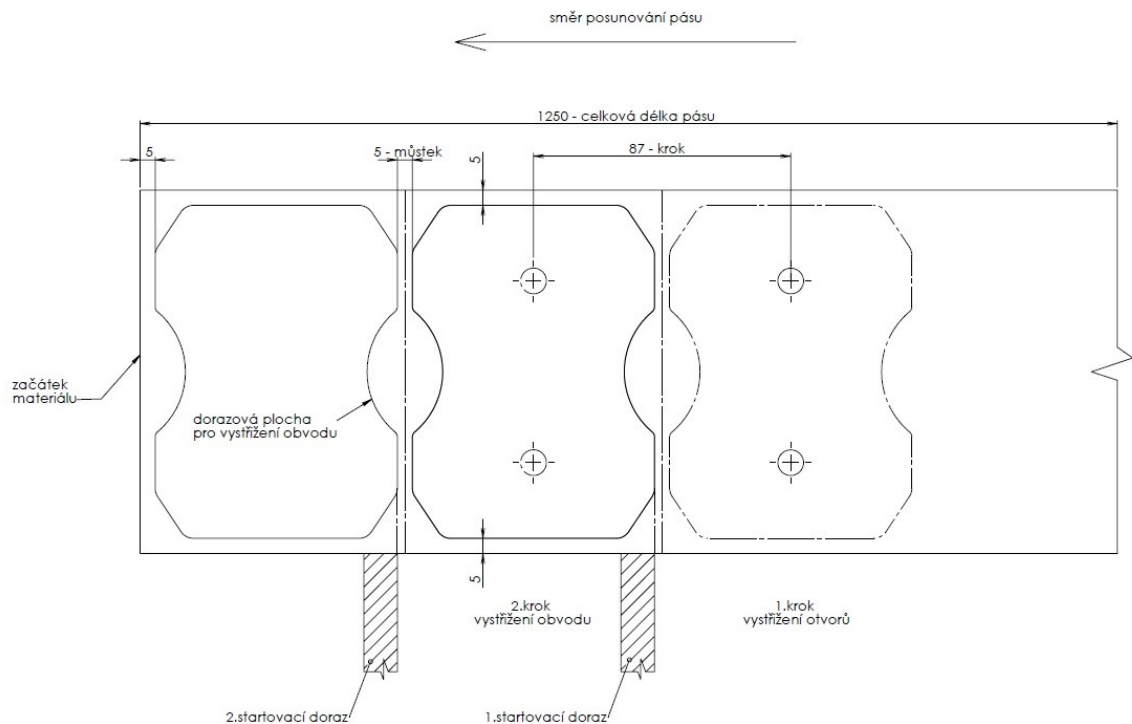
Před započítáním konstrukce celého nástroje je v počáteční fázi důležité správně zvolit polotovary a rozmístění výstřižku na polotovaru. U střižných nástrojů se tak výrazně ovlivňuje cena konečného výrobku, zvláště pak u takové série, jaká je předpokládána.

Polotovar pásu pak v nástroji souvisí se vzdáleností, jaká bude mezi vodíci lištami.

Velikost můstku i okraje plechu jsem shodně zvolil 5 mm, na základě tloušťky stříhaného materiálu.

Práce konstruktéra rozhodne o několika ekonomických aspektech, které můžou mít za následek ziskovost či neziskovost výroby. Z těchto důvodů budou navrženy dvě varianty výroby:

8.1.1 I. varianta nástřihového plánu



Obr. 33 Nástřihový plán – varianta I

Stanovení šířky pásu:

$$P = \check{s}_v + 2 \cdot f = 110 + 2 \cdot 5 = 120 \text{ mm}$$

Kde představují hodnoty:

\check{s}_v – šířka výstřižku [mm]

f – šířka okraje plechu [mm]

Polotovár pásu bude stříhán z tabulí 2500 mm x 1250 mm x 4 mm, šířka pásu bude 120 mm.

Zjištění počtu pásů z jedné tabule:

$$P_p = l_t \div P = 2500 \div 120 = 20,83$$

l_t – délka tabule [mm]

P – šířka pásu [mm]

Z jedné tabule plechu bude připraveno 20 kusů pásů.

Výpočet délky kroku:

$$k = l_v + e = 82 + 5 = 87 \text{ mm}$$

l_v – délka výstřížku [mm]

e – můstek [mm]

Délka jednoho kroku je 87 mm.

Počet kusů na pásu:

$$P_k = \check{S}_p \div k = 1250 \div 87 = 14,38$$

\check{S}_p – šířka pásu [mm]

k – délka kroku [mm]

Z jednoho pásu bude vystříženo 14 kusů výstřížků.

Koeficient využití materiálu:

Ze vztahu pro využití materiálu lze stanovit jeho koeficient a tím se zjistí, jestli je nástřihový plán vhodně zvolen i z ekonomického hlediska. Pro určení je nutné znát celkovou plochu výstřížku, včetně konstrukčního odpadu, což v tomto případě představují otvory. V CAD systému byla zjištěna celková plocha výstřížku 8141,56 mm². Celková plocha pásu 1250 mm x 120 mm je 150 000 mm². Koeficient využití materiálu lze zjistit ze vztahu:

$$K_m = \frac{S_v \cdot P_k}{S_p} \cdot 100 [\%]$$

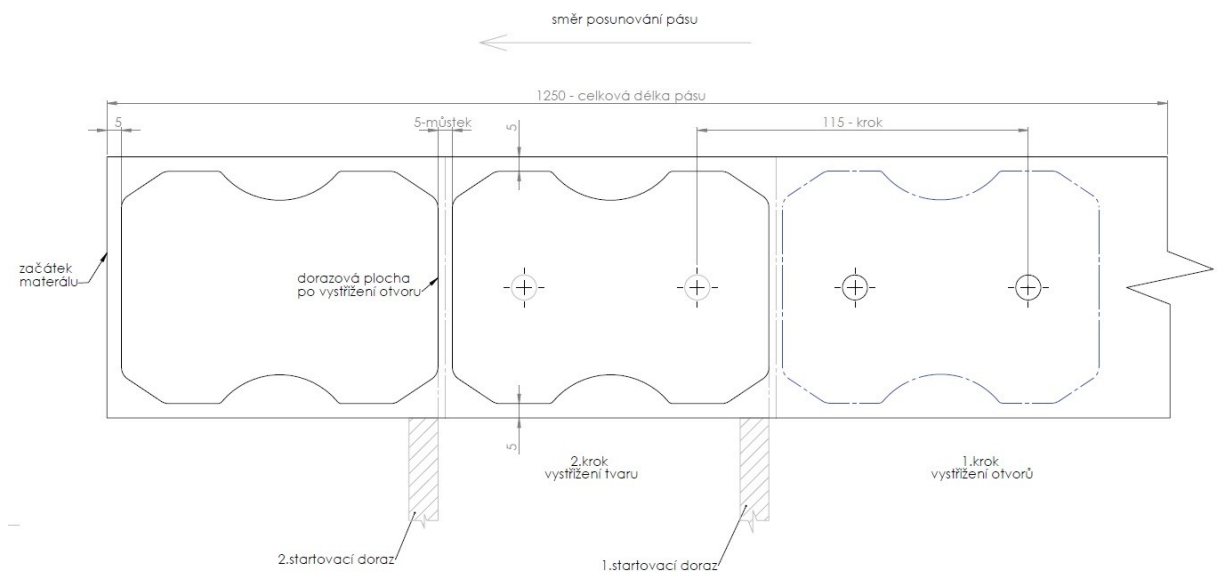
$$K_m = \frac{8141,56 \cdot 14}{150000} \cdot 100 [\%] = 75,99 \%$$

S_v – plocha výstřížku včetně konstrukčního odpadu [mm²]

S_p – plocha pásu [mm²]

P_k – počet kusů na pásu

8.1.2 II. varianta nástřihového plánu



Obr. 34 Nástřihový plán – varianta II

Stanovení šířky pásu:

$$P = \check{s}_v + 2 \cdot f = 82 + 2 \cdot 5 = 92 \text{ mm}$$

Kde představují hodnoty:

\check{s}_v – šířka výstřižku [mm]

f – šířka okraje plechu [mm]

Polotovar pásu bude stříhán z tabulí 2500 mm x 1250 mm x 4 mm, šířka pásu bude 92 mm.

Zjištění počtu pásů z jedné tabule:

$$P_p = l_t \div P = 2500 \div 92 = 27,17$$

l_t – délka tabule [mm]

P – šířka pásu [mm]

Z jedné tabule plechu bude připraveno 27 kusů pásů.

Výpočet délky kroku:

$$k = l_v + e = 110 + 5 = 115 \text{ mm}$$

l_v – délka výstřižku [mm]

e – můstek [mm]

Délka jednoho kroku je 115 mm.

Počet kusů na pásu:

$$P_k = \check{S}_p \div k = 1250 \div 115 = 10,87$$

\check{S}_p – šířka pásu [mm]

k – délka kroku [mm]

Z jednoho pásu bude vystřiženo 10 kusů výstřižků.

Koeficient využití materiálu:

Ze vztahu pro využití materiálu lze stanovit jeho koeficient a tím se zjistí, jestli je nástřihový plán vhodně zvolen i z ekonomického hlediska. Pro určení je nutné znát celkovou plochu výstřižku, včetně konstrukčního odpadu, což v tomto případě představují otvory. V CAD systému byla zjištěna celková plocha výstřižku 8141,56 mm². Celková plocha pásu 1250 mm x 92 mm je 115 000 mm². Koeficient využití materiálu lze zjistit ze vztahu:

$$K_m = \frac{S_v \cdot P_k}{S_p} \cdot 100 [\%]$$

$$K_m = \frac{8141,56 \cdot 10}{115000} \cdot 100 [\%] = 70,8 \%$$

S_v – plocha výstřižku včetně konstrukčního odpadu [mm²]

S_p – plocha pásu [mm²]

P_k – počet kusů na pásu

8.1.3 Volba nástřihového plánu

Neméně důležité při návrhu nástřihového plánu je i zvážit další postup výroby. Navrhovaný díl bude v následující operaci ohýbán, i z tohoto důvodu nelze zanedbat směr vláken materiálu, který by ovlivnil ohýbání. Zvolit špatný směr vláken by mělo za následek praskání materiálu v ohybu a tím výrobu neshodných výrobků. Pokud by se na takovou závadu přišlo až při testování nástroje bylo by velmi nákladné nástroj upravit, v nejhorším případě by se musel vyrábět celý nový.

Za ekonomickou je výroba považována, pokud je koeficient $K_m \geq 70 \%$. Lze tedy konstatovat, že ekonomicky i technologicky jsou nástřihové plány vytvořeny správným způsobem.

Při porovnání obou variant nástřihového plánu volím variantu č. I, která mnohem lépe využije materiál. Zároveň se shoduje s následným postupem výroby a požadavkem na zachování směru válcování materiálu.

8.2 Návrh nástroje

Postupový nástroj se bude skládat ze dvou částí rozdělených v dělicí rovině. Aby bylo možné rozebrat nástroj kvůli přebroušení a údržbě, bude určen nulový bod, ze kterého budou všechny desky vycházet. Od tohoto nulového bodu budou kótovány i všechny výkresy a před výrobou každé desky bude označena vyražením značky v místě nulového bodu na desce. To v budoucnu zajistí, že nedojde k otočení desky a nástroj i po zpětném složení bude opět funkční.

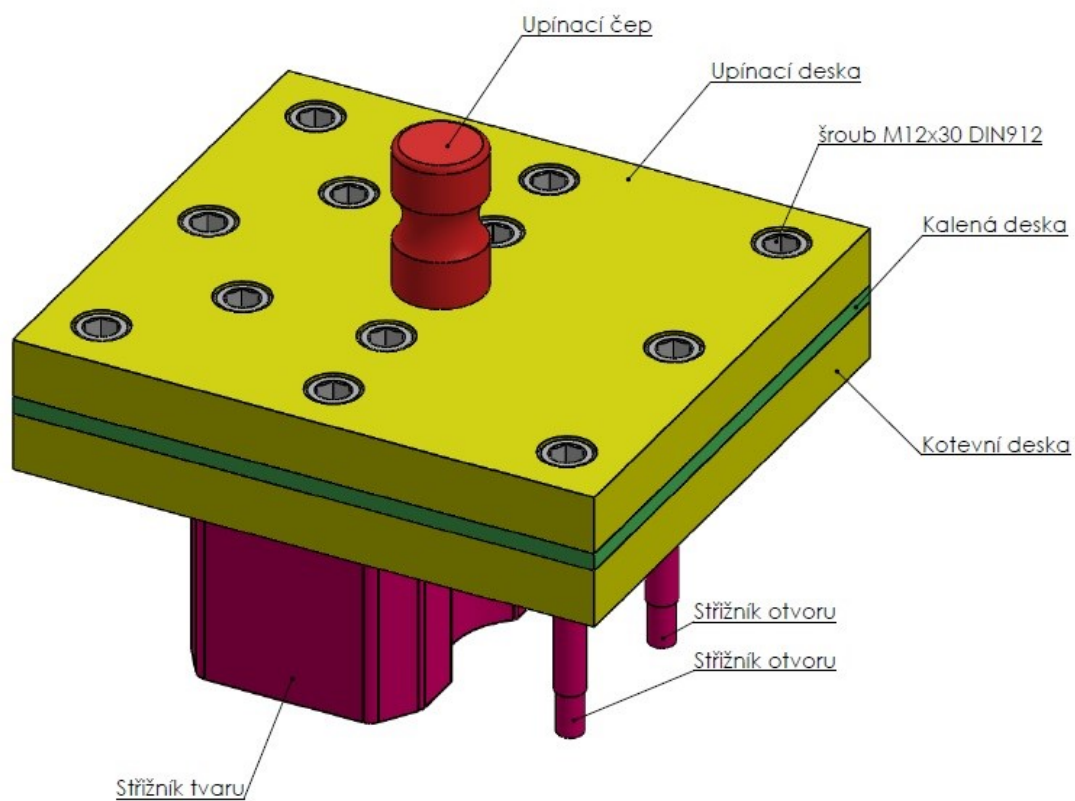
Nástroj bude rozdělen na spodní a horní část a k nim budou specifikovány jednotlivé součásti.

8.2.1 Horní část nástroje

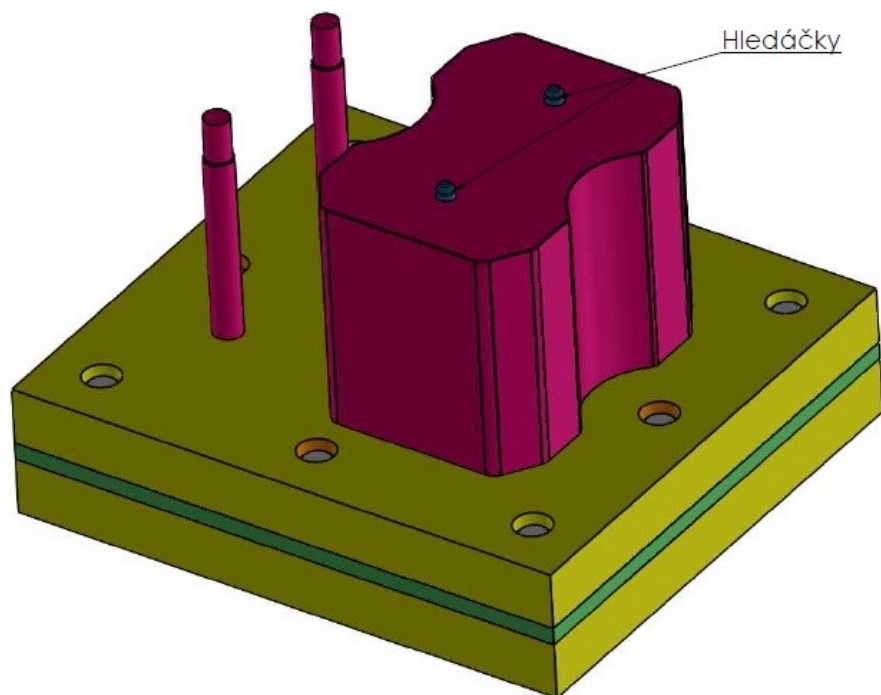
V horní části nástroje bude upínací deska, za kterou se nástroj upíná přes upínací čep k beranu lisu. Ten je k desce uchycen pomocí závitu M20. V desce jsou zahloubeny otvory pro imbusové šrouby tak, aby hlavy šroubů byly zapuštěny v desce a deska byla zapřena o beran lisu.

Pod upínací deskou bude deska z kaleného materiálu. Do této desky se opírají střižníky, aby nedošlo k protlačení kalených střižníků do upínací desky.

Střižníky budou uloženy v desce kotevní, kde je vyřezán jejich tvar a proti vytažení z horní části se spojí pomocí šroubů s upínací deskou. Ve střižníku tvaru budou pro zajištění správné polohy kroku ještě umístěny dva hledáčky, které budou vjíždět do otvorů vždy před vystřižením tvaru a tím fixovat správnou polohu polotovaru v nástroji.

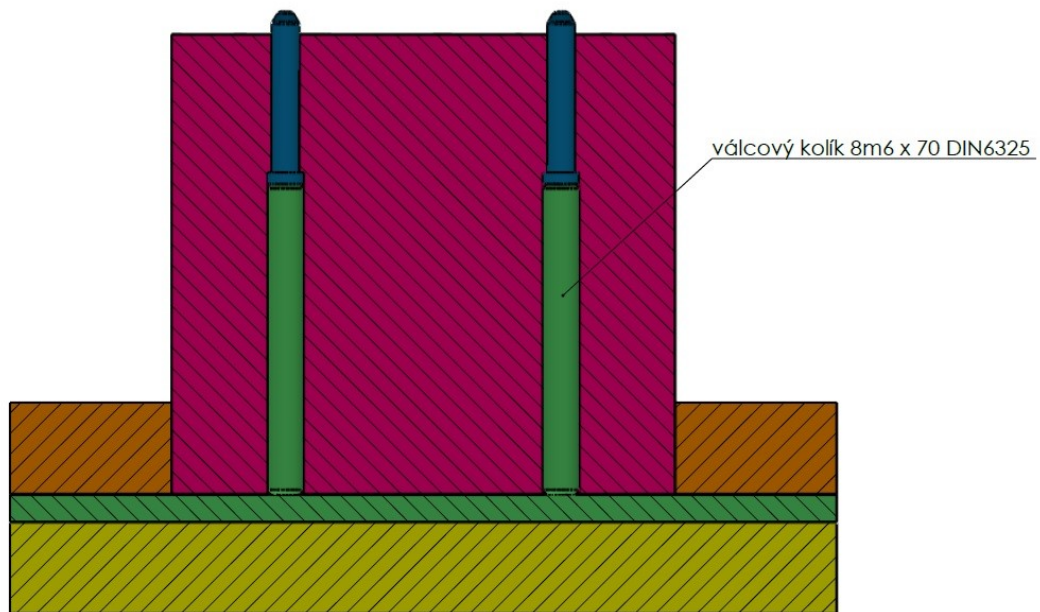


Obr. 35 Horní část nástroje – pohled 1



Obr. 36 Horní část nástroje – pohled 2

Ukotvení hledáček ve střížníku obvodu bude za pomoci kalených kolíků, které se budou opírat o kalenou desku. Proti vytažení z nástroje jsou zajištěny ještě osazením.



Obr. 37 Ukotvení hledáček ve střížníku

8.2.2 Spodní část nástroje

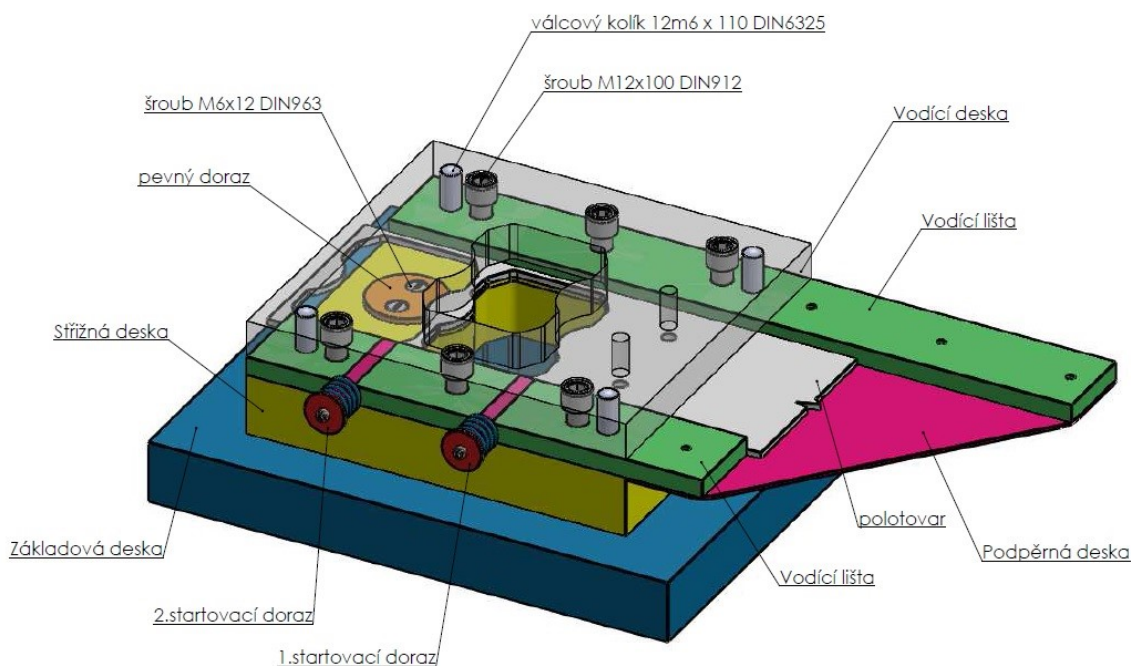
Spodní část nástroje bude složena ze základové desky, která bude upnuta ke stolu lisu pomocí upínek. Celá sestava desek je přišroubována právě k této desce. Někdy je nahrazována jen základovými lištami. Má za úkol dát střížné desce opěrnou plochu a vytvořit prostor k upnutí k lisu.

Na ní bude hlavní část celého nástroje, a to střížná deska. Jedná se o tu část nástroje, která se bude opotřebovávat, především střížné hrany. Pokud by nebyla správně zkonstruována a dostatečně pevná, dojde k jejímu prasknutí. Proto se klade důraz i na rozmístění otvorů na desce tak, aby nebyly blízko jiných otvorů nebo tvaru a při vystřížení nedošlo k porušení desky.

Střížná deska je dále osazena vodíci lištami, které vedou polotovar pásu plechu. Pod nimi bude z pravé strany ještě přimontována podpěrná deska pro vedení polotovaru nástrojem.

Vodící deska zajistí správnou polohu razníků a řezné desky a tím souměrnou řeznou vůli po celém obvodu stříhání.

Celá sestava takto bude smontována šrouby a slícována pomocí válcových kolíků.

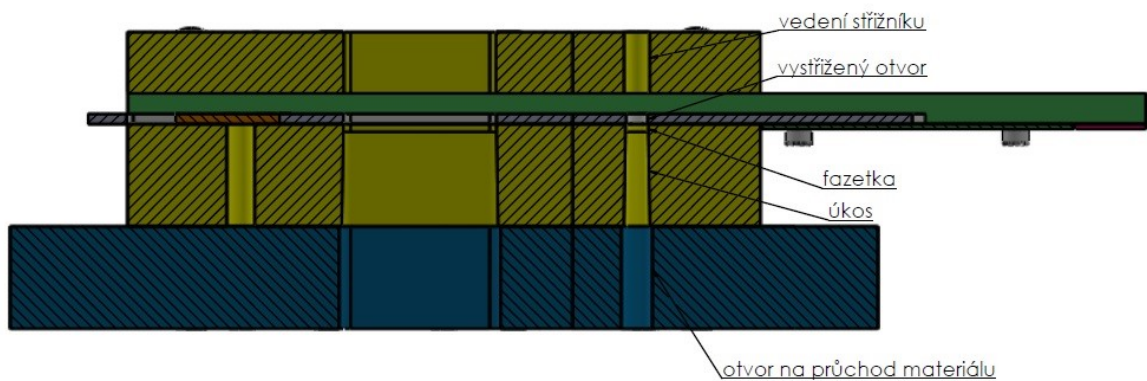


Obr. 38 Spodní část nástroje

Obsluha povede polotovár, který představuje pás plechu vodícími lištami. Na začátku operace musí vložit pás do nástroje a zatlačit pravý startovací doraz, tím vystřihne otvory. Posune pás o jeden krok, který zajistí levým startovacím dorazem a v ten moment dojde k vystřížení prvního kusu na polotovaru, který propadne základovou deskou pod lis do připravené přepravní bedny.

Dále obsluha pás posunuje na připravený tvarový doraz, pevně přimontovaný k řezné desce. Zkušený pracovník, který denně postupovými nástroji stříhá, již tento princip zná, proto není nutné žádné podrobnější proškolení. Taktéž směr, kterým se pás posunuje, je u všech konstruovaných postupových nástrojů ve firmě stejný.

Ve střížné desce bude nutné vyřezat fazetku a úkos. Je důležité zajistit, aby vystřihnutý materiál propadával do připravené bedny a nedocházelo k jeho zasekávání v řezné hraně desky nebo v desce základové.



Obr. 39 Řez spodním nástrojem

Jak lze vidět na obr. 39, v řezu po vystřížení otvoru je pod fazetkou úkos, aby materiál ihned odpadl a prošel tak i základovou deskou.

Fazetka je ta část řezné desky, která je válcová a střížníky musí proniknout až pod ni, aby došlo k propadnutí materiálu.

Na obr. 39 je znázorněno řešení pro otvory, stejně tak bude řešena i konstrukce pro vystřížení tvaru.

Střížná deska bude ta část celého nástroje, která se bude opotřebovávat, proto volím fazetku o výšce 4 mm. Přebroušováním čelní plochy bude ubývat, ale 4 mm je dostatečná výška na několik přeostržení nástroje. Úkos pod fazetkou v nástroji zvolím 1° , což je dostatečné na propad materiálu k otvoru v základové desce, který je ještě o 1 mm větší, než je rozměr pod střížnou deskou. Tím je zajištěno, že materiál propadne do připravené bedny.

Startovací dorazy budou vyřešeny mechanismem západky a pružiny. Ve vodící liště se vyfrézuje drážka, do které zapadne doraz po zatlačení pružiny. Současně funguje i jako jeho vedení.

Dalším dílem, který bude potřeba vyrobit mimo obě sestavy, bude krycí plech. Ten se vyrobí z perforovaného plechu, aby bylo vidět na součásti nástroje. Má za úkol zabránit vniku ruky do prostoru pohybu nástroje. K výrobě bude využito technologie laserového vypalování a ohraňování.

8.3 Střížná síla

Pro další postup bude nutné spočítat střížnou sílu potřebnou k prostřížení materiálu. Na této hodnotě závisí především při volbě stroje, na který bude nástroj upnut. Pro zjištění je potřebné znát pevnost v tahu daného materiálu S355MC což je 430-550 MPa.

Pro výpočet střížné síly nejprve zjistíme délky střížných hran:

Síla stříhaného materiálu je 4 mm.

Délka hran střížníku otvoru:

$$l_1 = 8,7 \cdot \pi = 27,33 \text{ mm}$$

$$S_1 = l_1 \cdot t = 27,33 \cdot 4 = 109,32 \text{ mm}^2$$

π – Ludolfovo číslo

l_1 – obvod střížníku otvoru [mm]

t – tloušťka materiálu [mm]

Délka střížníku tvaru – zjištěno pomocí měření v CAD modelu:

$$l_2 = 360,69 \text{ mm}$$

$$S_2 = l_2 \cdot t = 360,69 \cdot 4 = 1442,76 \text{ mm}^2$$

π – Ludolfovo číslo

l_2 – obvod střížníku tvaru [mm]

t – tloušťka materiálu [mm]

Výpočet střížné síly:

$$F_s = k \cdot S \cdot \tau_{ps}$$

$$\tau_{ps} = 0,8 \cdot 550 = 440 \text{ Mpa}$$

$$F_{s1} = k \cdot S_1 \cdot \tau_{ps} = 1,2 \cdot 109,32 \cdot 440 = 57721 \text{ N}$$

$$F_{s2} = k \cdot S_2 \cdot \tau_{ps} = 1,2 \cdot 1442,76 \cdot 440 = 761777 \text{ N}$$

$$F_s = 2 \cdot F_{s1} + F_{s2} = 2 \cdot 57721 + 761777 = 877219 \text{ N}$$

k – součinitel otupení (1,1 až 1,3)

S – plocha střížníku [mm²]

τ_{ps} – pevnost ve stříhu [MPa]

Pro výpočet celkové střížné síly musí být vypočteny ještě hodnoty stírací síly a protlačovací síly. Koeficienty součinitelů stírání a protlačování budu vybírat z tabulky hodnot součinitelů.

Tab. 5 Hodnoty součinitelů pro stírání a protlačování [4]

Druh materiálu a jeho tloušťka	c_1	c_2
Ocel do 1 mm	0,02 – 0,12	0,05
1 – 5 mm	0,06 – 0,16	až
nad 5 mm	0,06 – 0,07	0,08
Mosaz	0,06 – 0,07	0,04
Slitiny Al	0,09	0,02 – 0,04

8.4 Stírací síla

Dle vzorce bude vypočítána stírací síla potřebná ke stírání materiálu. Součinitel stírání volím 0,09.

$$F_{st} = F_s \cdot c_1 = 877219 \cdot 0,09 = 78950 \text{ N}$$

F_s – střižná síla [MPa]

c_1 – součinitel stírání

8.5 Protlačovací síla

Protlačovací síla bude určena na základě vzorce:

$$F_{pr} = F_s \cdot c_2 = 877219 \cdot 0,07 = 61405 \text{ N}$$

Součinitel protlačování volím 0,07.

F_s – střižná síla [MPa]

c_2 – součinitel protlačování

8.6 Celková střižná síla

Celková střižná síla bude součtem síly střižné, stírací a protlačovací.

$$F_c = F_s + F_{st} + F_{pr} = 877219 + 78950 + 61405 = 1017571 \text{ N} = 1017,76 \text{ kN}$$

Celková střižná síla je 1017,76 kN. Převodový poměr kN na tuny je 1 tuna = 9,8067 Kilonewtonů. Po převodu kN na tuny je hodnota 103,78 tuny. Nástroj bude upnut na lis

LEN160C, který je k dispozici a splňuje potřebné parametry. Jeho jmenovitá tvářecí síla je 160 tun, což je k prostříhnutí materiálu dostačující.

8.7 Střížná vůle

Pro určení střížné vůle bude použita hodnota z tabulky velikosti střížné vůle pro kovové materiály. Pro sílu materiálu 4 mm s mezí pevnosti 400 až 600 MPa je hodnota střížné vůle 9–12 % z tloušťky materiálu. Volím tedy hodnotu 10 % síly materiálu, což je 0,4 mm. Vycházel jsem z tabulky č.1 z kapitoly 2.1.4 Střížná vůle.

Rozdíl v určení střížné vůle otvoru a tvaru závisí na správném odečtení nebo přičtení této hodnoty na střížnicích a střížné desce.

Obvod tvaru dílu, což je rozměr, který je po vystříhnutí požadován, bude mít stejný rozměr i ve střížné desce. Střížná vůle bude tedy odečtena na obvodu střížníku tvaru.

U otvorů bude požadovaný rozměr na střížníku a ve střížné desce bude přičtena střížná vůle na rozměru otvoru ve střížné desce.

8.8 Těžiště střížných sil

V postupovém nástroji bude probíhat současně vystřížení obvodu i otvorů. Střížná síla musí působit v ose lisu. Sníží se tak možnost vzniku nepřesnosti výstřížku a většího opotřebování nástroje. Poloha stopky bude určena výpočtem těžiště v ose X a Y:

Obvod střížníku otvoru: $o_1 = 27,33 \text{ mm}$

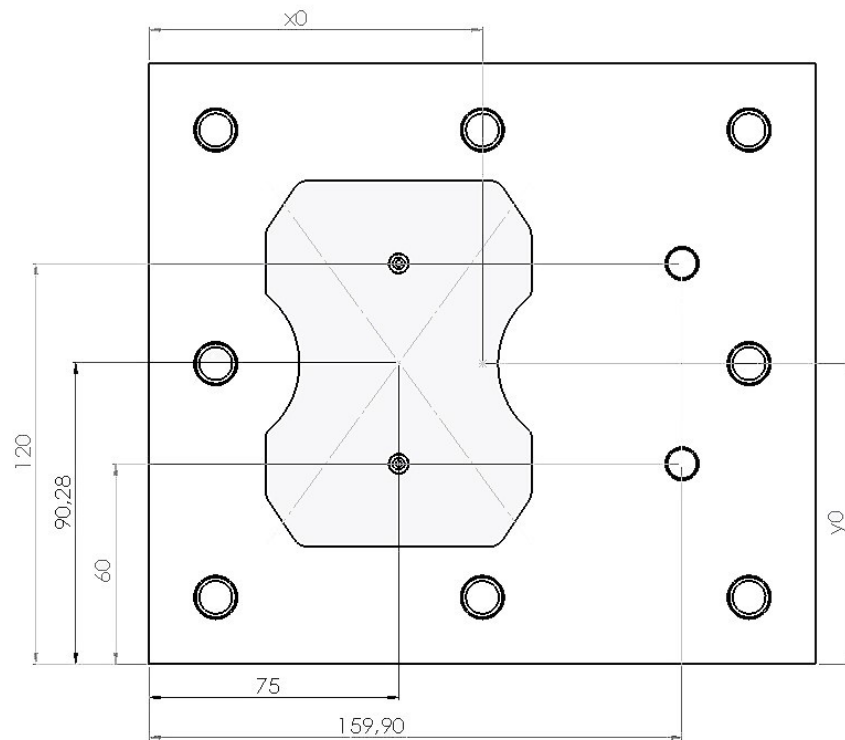
Obvod střížníku tvaru: $o_2 = 360,69 \text{ mm}$

$$x_0 = \frac{2 \cdot (x_1 \cdot o_1) + x_2 \cdot o_2}{2 \cdot o_1 + o_2} = \frac{2 \cdot (159,9 \cdot 27,33) + 75 \cdot 360,69}{2 \cdot 27,33 + 360,69} = \frac{8740,134 + 27051,75}{415,35} \\ = 86,17 \text{ mm}$$

$$y_0 = \frac{y_1 \cdot o_1 + y_2 \cdot o_2 + y_3 \cdot o_1}{2 \cdot o_1 + o_2} = \frac{60 \cdot 27,33 + 90,28 \cdot 360,69 + 120 \cdot 27,33}{2 \cdot 27,33 + 360,69} \\ = \frac{1639,8 + 32563,09 + 3279,6}{415,35} = 90,24 \text{ mm}$$

$$S = [86,17 ; 90,24] \text{ mm}$$

Poloha těžiště stopky je tedy určena na těchto souřadnicích.



Obr. 40 Polohy těžiště

8.9 Normalizované součásti

V nástroji bude použito normalizovaných součástí, které jsou běžně dostupné a lze je zakoupit i v požadovaných rozměrech a tolerancích. Pro tento nástroj jsem zvolil normy od rakouské společnosti Meusburger, která je jedním z předních dodavatelů těchto součástí.

Bude se jednat především o desky, ze kterých bude celý nástroj sestaven.

8.10 Volba materiálu

Materiál by měl být zvolen co nejvhodněji k účelu střížného nástroje, aby celkově nástroj neprodražoval, ale zároveň aby všechny důležité součásti nástroje splňovaly požadavky dané technologií a nepodléhaly nadměrnému opotřebení. Proto byl zvolen materiál, který je běžně dodáván vyžítán ke snížení pnutí, čímž minimalizuje vznik možných deformací při obrábění.

V horní části nástroje volím pro upínací desku a kotevní desku materiál 1.0038. Nejedná se o součásti namáhané, z tohoto důvodu běžná konstrukční ocel. Mezi desky bude vložena kalená deska z materiálu 1.2379, ta bude následně zakalena na 60 HRC a zabrání vtláčování střížníků do upínací desky.

Materiál střížníku tvaru volím 1.2379. Jedná se o nástrojovou ocel vhodnou pro práci za studena. Její předností je výborná odolnost proti opotřebení a tlakovému namáhání. Na střížník tvaru bude objednan jako polotovar kvádr.

Střížníky otvorů budou válcové s následným přebroušením průměru v části stopky na požadovaný rozměr. Jedná se o nakupované díly vyrobené z materiálu 1.3343.

E 5540
Střížník s válcovou hlavou

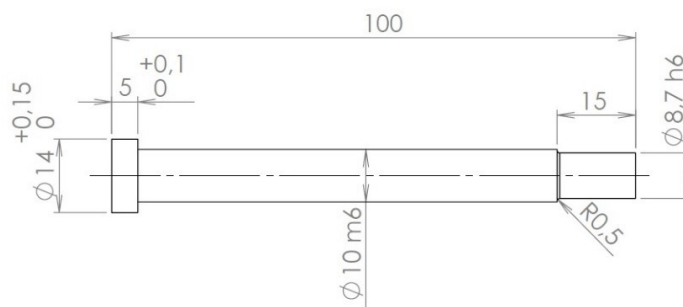
Mat.: 1.3343 (HSS) = DIN ISO 8020 Form A

d1 10

R	l3	d3	d1	l	Nr./No.	EUR/1
0,3	5	13	10	63	E 5540/10x 63	14,40
				71	E 5540/10x 71	14,40
				80	E 5540/10x 80	14,40
				90	E 5540/10x 90	16,20
				100	E 5540/10x100	18,20
				120	E 5540/10x120	20,30

Obr. 41 Výběr střížníku z katalogu Meusburger [9]

Střížníky otvoru jsou běžně k dostání v požadovaném rozměru a s požadovanými vlastnostmi jako je materiál, tvrdost a houževnatost. Otvory, které budou vystřihovány, mají průměr 8,5 mm. Díl bude následně povrchově upravován, což znamená, že je nutné předpokládat zmenšení otvoru. Z tohoto důvodu bude vystřihován otvor o 0,2 mm na průměru větší. Z nakoupeného střížníku bude upravena jen koncová část na rozměr 8,7 mm tak, aby mohl být použit tento normalizovaný díl. Použitím normalizovaných součástí se zkracuje čas potřebný na výrobu a tepelné zpracování, je to jeden ze způsobů, jak zrychlit výrobu nástroje a snížit náklady.



Obr. 42 Střížník po úpravě

Ve spodní části nástroje volím na základovou desku opět konstrukční ocel 1.0038, tato část nástroje nemá střížné hrany a bude základnou ke střížné desce. Vodicí deska i vodicí lišty budou vyrobeny taktéž z oceli 1.0038.

Na střížnou desku bude použit opět materiál 1.2379 pro své vynikající vlastnosti při použití u střížných nástrojů. Deska bude po vyvrtání otvorů a závitů zakalena a až po zakalení do ní bude elektroerozivním řezáním vyřezán tvar s fazetkou a úkosem. Tento postup se osvědčil především z důvodu, že pokud již deska nebude tepelně zpracována, nedojde k takovým deformacím jako při odebraném materiálu. Zároveň i otvory pro kolíky budou pouze předvrtány a vyřezány až na drátové rezačce, což zajistí, že rozteč kolíkových otvorů nebude nijak posunuta. Otvory pro šrouby a zahloubení pro hlavy šroubu jsou vyráběny s vůlí.

Velkou výhodou je dodání kvalitního obrobeneho materiálu. Dodavatel uvádí, že všechny jeho dodávaný materiál je normalizačně vyžihán. Tloušťka materiálu je broušena a kompletně ofrézován je i obvod. Takto dodaný materiál výrazně urychlí celkovou výrobu nástroje. Surový neobrobený materiál může být v počátku vstupu považován za levnější, ale jen do určitého momentu, než je obroben do takové fáze jako takto nakoupený. Pak se můžou celkové náklady předvýroby vyšplhat na mnohem větší částky, než je nákup normalizovaných desek.

9 VÝROBA NÁSTROJE

Po dokončení konstrukce bude následovat předání dat a 3D modelu sestavy výrobnímu oddělení, které tímto získá potřebná data ke zhotovení. Materiál je nakoupen v požadované kvalitě a desky jsou již frézovány na vnější rozměry, proto nebude nutné frézovat surový materiál, což výrazně zrychlí výrobu a zároveň i ekonomicky ovlivní cenu výsledného nástroje.

9.1 CNC Obrábění

Prvním místem, kde započne výroba je CNC obráběcí centrum. K dispozici jsou 3 vertikální centra s těmito parametry:

Tab. 6 Parametry strojů Akira-Seiki

	Akira-Seiki SV760	Akira-Seiki SV1050	Akira-Seiki SV1350
rozjezd X/Y/Z	762x435x520 mm	1050x540x560 mm	1350x640x660 mm
Rozměr stolu	910 x 400 mm	1200 x 480 mm	1500 x 600 mm
Max. zátěž stolu	1000 kg	1300 kg	2300 kg
Max. otáčky vřetene	12 000 ot./min.	10 000 ot./min.	12 000 ot./min.
Výkon motoru	22,5 kW	32 kW	32 kW
Rychloposuv X/Y/Z	48 / 48 / 36 m/min	48 / 48 / 36 m/min	36 / 36 / 30 m/min
Výměník nástrojů	28 nástrojů	36 nástrojů	36 nástrojů

Tyto stroje zvládají vrtání, frézování a všechny běžné operace obrábění. Jsou řízeny pomocí systému Mitsubishi, který umožňuje souvislé řízení všech tří os.

K programování bude využito provázanosti CAD/CAM systému. Do CAD systému Solidworks je integrován ve stejném prostředí i CAM systém HSMWorks, což s velkou výhodou umožňuje práci v jednom systému. Pokud by se stalo, že konstruktér by musel nějakým způsobem upravit některou část nástroje, systém zareaguje a upraví po přepočítání dráhy nástrojů. Díky tomuto spojení existuje velmi dobrá komunikace mezi konstrukčním oddělením a technologií. Z CAM systému bude vygenerován přes postprocesor ISO kód s drahami pro obráběcí stroj. Úkolem obsluhy stroje před započátkem výroby bude vždy na dané součásti

zajistit správné upnutí nástrojů do předem určených pozic vygenerovaných programem. Nezbývá tedy i správné a bezpečné upnutí polotovaru na stroji tak, aby nedošlo k nepřesnostem při výrobě a zaměření nulového bodu polotovaru a nástrojů. K účelu měření nástrojů bude využita obrobková sonda TS27 od společnosti Renishaw a k měření umístění obrobku ve stroji obrobková dotyková sonda Renishaw OMP60.



Obr. 43 vertikální obráběcí centrum Akira-Seiki

Obsluha po zaměření spustí požadovaný program, který vykoná operace zadané technologií. V případě výroby nástroje se bude jednat o operace 2,5D jako jsou vrtání, závitování, vystružování otvorů nebo kapsování.

Pro potřeby elektroerozivní obrábění k vyřezání tvarů budou na deskách vyrobeny startovací otvory pro drát.

9.2 Tepelné zpracování

Poté, co byly na deskách obrobena všechna potřebná otvory a tvary a byl ponechán přídavek na broušení, bude následovat jejich expedice na tepelné zpracování. Desky z konstrukční oceli 1.0038 budou připraveny na odeslání na elektroerozivní obrábění. Desky, vyrobeny z nástrojových ocelí, především deska střižná a střižníky, budou tepelně zpracovány. Řezná deska i střižníky vyrobeny z materiálu 1.2379 budou zakaleny na 60 +1 HRC. Na těchto součástech byl ponechán přídavek na broušení, protože při tepelném zpracování je předpoklad menších deformací materiálu. Zároveň byl ponechán i přídavek na přeřezání lícovaných otvorů.

9.3 Broušení

Po návratu desek vyrobených z nástrojové oceli zpět z kalírny bude následovat jejich přebroušení na brusce na plocho. Dojde tím k přerovnění nepřesností vzniklých během kalení. Po přebroušení desek bude následovat jejich předání na pracoviště elektroerozivního řezání. Desky jsou již označeny nulovým bodem od počátku výroby, ale ještě dojde k označení stran, aby nedošlo k záměně při zpětné montáži a dalším broušení.



Obr. 44 Označení desek po broušení

9.4 Elektroerozivní obrábění

Elektroerozivní obrábění je důležitou součástí výroby střížných nástrojů. Neovlivňuje tepelně materiál a jedná se o vysoce přesnou metodu výroby. Pokud není pracoviště vybaveno strojem na startovací otvory, musí se startovací otvory vyrobit na CNC obráběcích strojích pomocí vrtání. Drát musí procházet celou tloušťkou materiálu.

Tvary v řezné desce jsou vyřezávány drátovou rezačkou až v poslední fázi po přebroušení desek a jejich návratu z tepelného zpracování. Jsou vyřezány i desky z konstrukční oceli, ve kterých jsou také tvary, což je např. deska vodící. Jednoznačně se tím určuje poloha otvorů

i tvarů, které vychází všechny z jednoho nulového bodu, což zajišťuje co nejpřesnější vazbu mezi deskami a tím co nejvyšší možnou přesnost.

Střížník bude vyřezán drátovým řezáním z polotovaru zakaleného kvádrů se startovacím otvorem a s předřezanými závity pro upnutí do upínací desky.

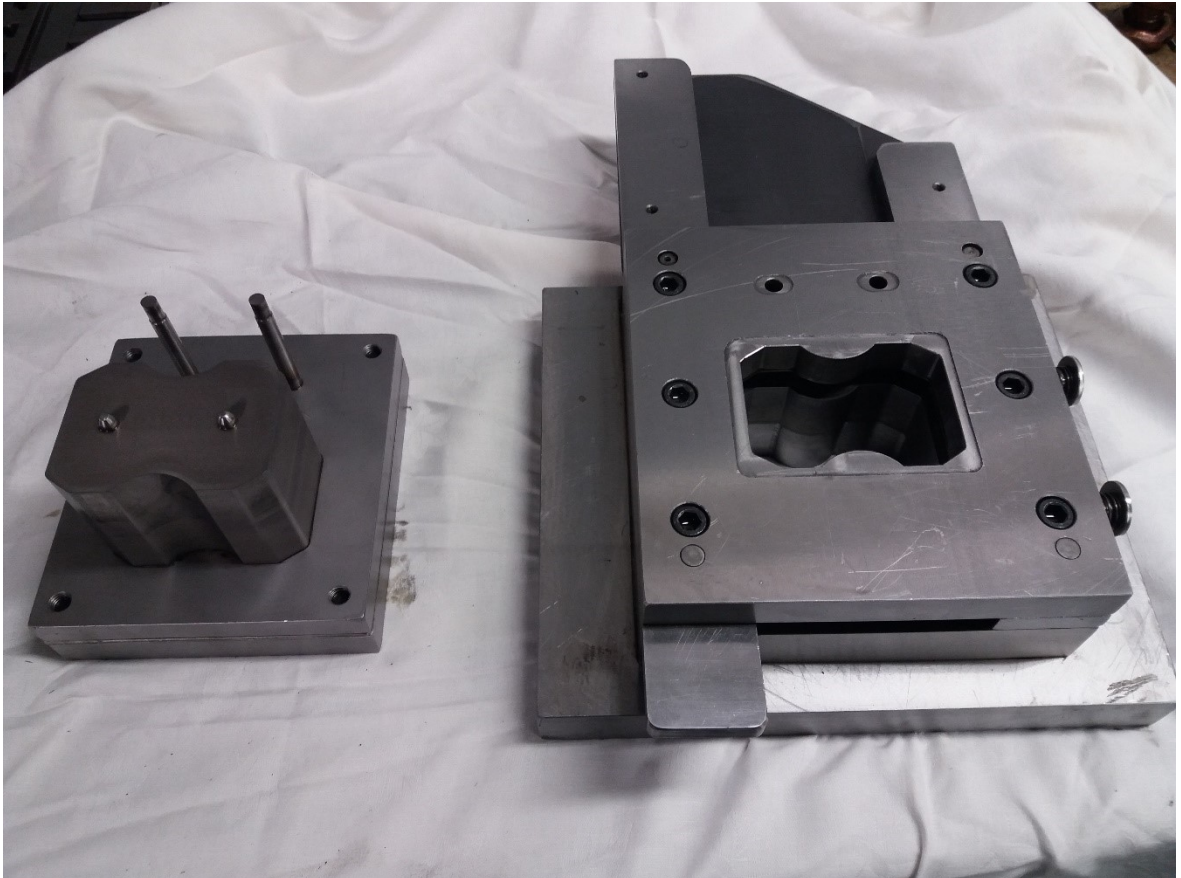


Obr. 45 Střížníky

9.5 Montáž

Před montáží se zkontrolují všechny desky, jestli odpovídají výkresové dokumentaci. Následují dokončovací operace jako je ožehlení hran a leštění otvorů. Tady záleží na zručnosti a zkušenosti pracovníků nástrojárny, aby nástroj dokončili. Když jsou všechny potřebné desky připraveny, následuje jejich montáž.

Pomocí spojovacího materiálu se jednotlivé části smontují k sobě. Nejprve horní a spodní část samostatně a pak následuje jejich kompletace. Správnou polohu desek při montáži zajistí válcové kolíky. Následuje kontrola všech součástí a vůlí tak, aby odpovídali předepsaným rozměrům. Pokud je vše v pořádku, nástroj je tímto připraven na odzkoušení prvního kusu.

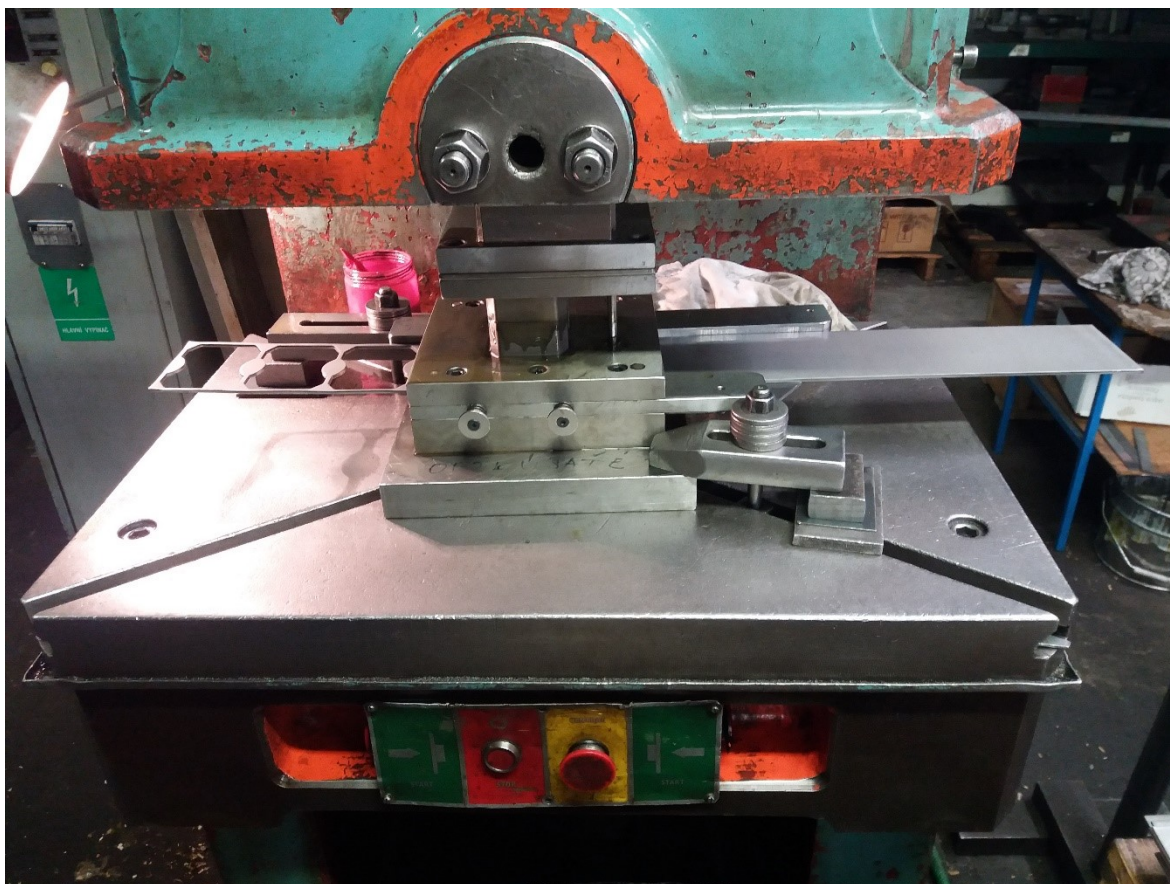


Obr. 46 Smontované součásti nástroje

Před sestavením nástroje do sebe montážní pracovník ještě namaže plochy střížníků a otvory ve vodící desce, aby nedocházelo k zadírání materiálu tam, kde je minimální vůle. Obsluha lisu provádí mazání i v průběhu lisování, proto jsou na vodící desce vyfrézovány mazací drážky, ve kterých zůstává olej.

10 ZKOUŠKA NÁSTROJE A ZAVEDENÍ DO SÉRIOVÉ VÝROBY

Jakmile je zkompletovaný nástroj upnut na lis, spodní část nástroje pomocí upínek a horní část pomocí upínacího čepu, bude následovat zkouška funkčnosti. Nástroj na první vystříhnutí může otestovat pouze zkušený pracovník, který zná problematiku lisování a chování těchto nástrojů. Musí vědět, jak se nástroj pohybuje a pracovat s ním tak, aby nijak nedošlo k ohrožení jeho bezpečnosti. Při testování nebyl na nástroji krycí plech, ale pro zabezpečení obsluhy byla použita světelná závora. Ihned po odzkoušení prvních kusů s ověřením funkčnosti byly na nástroj krycí plechy namontovány a umístěny štítky, že se jedná o nebezpečný nástroj, tak jak ukládá norma.



Obr. 47 Nástroj upnutý na lis

Obsluha z pravé strany vloží připravený polotovár, který představuje pás plechu a zatlačí na první startovací doraz. Po sešlápnutí pedálu lisu dojde k vystřížení otvorů, poté pracovník posune pás o jeden krok na druhý startovací doraz, znovu sešlápně pedál a dojde k vystřížení tvaru. Další posunutí pásu už dorazí na pevný doraz, až vystříhá celý pás a odloží jej jako odpad do připravené přepravní bedny.

Po vystříhnutí prvního kusu dojde k jeho přeměření a kontrole hran. Výstřížek bude kontrolován jak po vizuální stránce, tak i jeho rozměry, aby bylo možné odeslat vzorky k zákazníkovi.



Obr. 48 Výstřížek

Pokud všechny rozměry výstřížku odpovídají výkresové dokumentaci, otestuje se výstřížek ještě v ohýbacím nástroji, kde už je k dispozici finální díl bez povrchové úpravy. Ten lze odeslat k zákazníkovi na kontrolu na jeho kontrolním pracovišti.



Obr. 49 Výstřížek po ohybu

ZÁVĚR

Od prvního kontaktu se zákazníkem a předání obchodního oddělení na konstrukci mi bylo umožněno zkonstruovat postupový střížný nástroj na tento výrobek. Mým cílem, jakožto konstruktéra a technologa, bylo vytvořit CAD modely a zkonstruovat funkční nástroj, což se podařilo ověřit jak na stroji, tak následně po kontrole u zákazníka. Na nástroj byly po odzkoušení namontovány krycí plechy, aby nemohlo dojít k poranění obsluhy a byla dodržena maximální bezpečnost práce. Byl splněn termín výroby nástroje i termín dodání vzorku. Byl popsán postup, jakým probíhá konstrukce nástroje, jeho součásti i část jeho výroby, kde se dále pracovalo s modelem, který jsem konstrukcí vytvořil. Následně byla popsána montáž nástroje a testování na stroji.

Poté, co zákazník zkontroloval výlisek na souřadnicovém měřicím přístroji, došlo k podepsání rámcové smlouvy a spuštění sériové výroby. Bylo dohodnuto dodávání bez povrchové úpravy. Požadované dávky jsou vyráběny v časových intervalech na základě požadavků a zároveň byl dojednán i časový prostor na nezbytnou údržbu nástroje. Celý postup výroby od dodání materiálu dodavatelem byl zanesen do technologického postupu, kterým se řídí celý proces výroby na jednotlivých pracovištích. Poznatků z konstrukce tohoto nástroje nadále využívám ke konstrukci dalších střížných nástrojů. Zkušenosti takto získané, jsou nezbytným přínosem, který stále vytváří nové možnosti při různých konstrukčních řešeních a umožňuje mi se nadále zabývat problematikou strojírenské výroby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. Výrobní inženýrství a technologie. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014, 173 s. ISBN 978-80-7454-471-2.
- [2] HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2. 2.*, upr. vyd. Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-7183-244-8.
- [3] LENFELD, P. *Technologie II: Tváření kovů* [online]. Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm
- [4] DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4747-9.
- [5] HLUCHÝ, Miroslav a Jan KOLOUCH. *Strojírenská technologie 1. 4.*, rev. vyd. Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-26-5.
- [6] DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.
- [7] DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Ladislav ŽÁK. *Technologie tváření: návody do cvičení*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2881-3.
- [8] NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1980.
- [9] Normálie | Formařina Nástrojařina Stojírenství | Meusburger. *Normálie | Formařina Nástrojařina Stojírenství | Meusburger* [online]. Copyright © 2018 by [cit. 10.03.2018]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/>
- [10] KALPAKJIAN, Serope, Steven R. SCHMID a K. S. Vijay SEKAR. *Manufacturing engineering and technology*. 7th ed. in SI units. Jurong, Singapore: Pearson Education South Asia, c2014, xxviii, 1180 s. ISBN 978-981-06-9406-7.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CNC	[Central Numeric Control] – číslicové řízení počítačem
CAD	[Computer Aided Design] – počítačem podporované projektování
CAM	[Computer Aided Manufacturing] – počítačová podpora obrábění
TS27	Optická nástrojová sonda
HRC	Zkouška tvrdosti podle Rockwella
OMP	[Optical Machine module] – optická obrobková sonda
NC	[Numeric control] – číslicové řízení
IT	Stupeň přesnosti
F_s	Střížná síla
k	koeficient součinitel otupení (1,1 – 1,3)
t	Tloušťka materiálu
R	Ohybový rádius
S_c	Povrch výtažku
F_{ct}	Síla tažení
R_m	Mez pevnosti v tahu
K_m	Koeficient využití materiálu
S_v	Plocha výstřížku
S_p	Plocha pásu
V_c	Řezná rychlost
\check{s}_v	Šířka výstřížku
f	Šířka okraje plechu
l_t	Délka tabule
l_v	Délka výstřížku
e	Můstek

$\check{S}p$	Šířka pásu
Sv	Plocha výstřížku včetně konstrukčního odpadu
Pk	Počet kusů na pásu
l_1	Obvod střížníku otvoru
l_2	Obvod střížníku tvaru
c_1	Součinitel stírání
c_2	Součinitel protlačení
Fst	Stírací síla
Fpr	Protlačovací síla
y_0	Poloha stopky v ose Y
x_0	Poloha stopky v ose X
o_1	Obvod střížníku otvoru
o_2	Obvod střížníku tvaru

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma pružné a plastické deformace [2].....	12
Obr. 2 Schéma dvojčatění [2].....	12
Obr. 3 Fáze stříhání [2].....	16
Obr. 4 Stříhání a) rovnoběžnými noži b) skloněnými noži [6].....	17
Obr. 5 Průběh síly a dráhy při stříhání [6].....	18
Obr. 6 Princip stříhání kotoučovými noži [6].....	18
Obr. 7 Přehled střížných operací [5].....	19
Obr. 8 Stanovení délky rozvinutého tvaru z neutrální osy [2].....	21
Obr. 9 Ohyb tvaru V [4].....	22
Obr. 10 Znázornění zpětného odpružení a úhlu ohybu [2].....	23
Obr. 11 Přehled operací ohýbání [7].....	23-24
Obr. 12 Parametry výtažku [7].....	25
Obr. 13 Přehled operací tažení [7].....	28
Obr. 14 Princip kroužlení [6].....	29
Obr. 15 Hydroform [6].....	30
Obr. 16 Hydromechanické tažení [6].....	30
Obr. 17 Metoda MARFORM [6].....	31
Obr. 18 Elektromagnetické tváření [6].....	32
Obr. 19 Tváření výbuchem v kapalině [6].....	32
Obr. 20 Jednoduché stříhadlo [3].....	34
Obr. 21 Rozvržení výstřižku [2].....	36
Obr. 22 Postupový střížný nástroj [3].....	37
Obr. 23 Sloučený střížný nástroj [2].....	38
Obr. 24 Sdružený střížný nástroj [3].....	39
Obr. 25 Ohýbací nástroj [3].....	41
Obr. 26 Konstrukce tažidla [2].....	42
Obr. 27 Možnosti výroby na soustruhu [1].....	45
Obr. 28 Průběh vystružování otvoru [2].....	46
Obr. 29 Přehled fréz pro drážkování [2].....	47
Obr. 30 Elektrojiskrové vyřezávání [1].....	48
Obr. 31 Model výrobku.....	52
Obr. 32 Rozvinutý tvar.....	54

Obr. 33 Nástřihový plán – varianta I.....	56
Obr. 34 Nástřihový plán – varianta II.....	58
Obr. 35 Horní část nástroje – pohled 1.....	61
Obr. 36 Horní část nástroje – pohled 2.....	61
Obr. 37 Ukotvení hledáček ve střížníku.....	62
Obr. 38 Spodní část nástroje.....	63
Obr. 39 Řez spodním nástrojem.....	64
Obr. 40 Polohy těžiště.....	68
Obr. 41 Výběr střížníku z katalogu Meusburger [9].....	69
Obr. 42 Střížník po úpravě.....	69
Obr. 43 Vertikální obráběcí centrum Akira-Seiki.....	72
Obr. 44 Označení desek po broušení.....	73
Obr. 45 Střížníky.....	74
Obr. 46 Smontované součásti nástroje.....	75
Obr. 47 Nástroj upnutý na lis.....	76
Obr. 48 Výstřižek.....	77
Obr. 49 Výstřižek po ohybu.....	77

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Přehled střižné vůle pro kovové materiály [4].....	20
Tab. 2 Hodnoty úhlu odpružení [2].....	23
Tab. 3 Tabulka hodnot pro tažení z přístříhu [7].....	26
Tab. 4 Tabulka doporučených tlaků pro přidržovače [3].....	27
Tab. 5 Hodnoty součinitelů pro stírání a protlačování [4].....	66
Tab. 6 Parametry strojů Akira-Seiki.....	71

SEZNAM PŘÍLOH

P1 Elektronická data – 3D model ve formátu .stp (CD)