

Návrh a konstrukce střížného nástroje

Jakub Šerý

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub Šerý**
Osobní číslo: **T12760**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh a konstrukce střížného nástroje**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování teoretické studie technologie tváření
2. Výpočtový návrh postupového střížného nástroje
3. Konstrukce sestavy nástroje ve zvoleném 3D programu
4. Zpracování výkresové dokumentace

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Luboš Rokyta**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **10. února 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, 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 15.5.2014

.....

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

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

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

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

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

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

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

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). 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 užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

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

ABSTRAKT

Cílem této práce je návrh střížného nástroje pro zadaný výrobek z tenkostěnného materiálu.

V teoretické části jsou popsány základní pojmy z oblasti tváření kovů se zaměřením na oblast tváření kovů – stříhání.

Praktická část popisuje návrh střížného nástroje, výpočty a popis jeho funkce.

Střížný nástroj byl navržen v 3D modelovacím programu Catia V5R19, včetně výkresové dokumentace.

Klíčová slova: tváření kovů, stříhání, postupový střížný nástroj

ABSTRACT

The aim of thesis is to devise a cutting tool for the given product which is made from thin-walled material.

The theoretical part describes basic terms from the field of shaping metals with the intention of cutting metals.

The practical part outlines the cutting tool plan, calculation and its functions.

The cutting tool was designed in 3D modeling program Catia V5R19, including drawing documentation.

Keywords: shaping metals, cutting, progressive cutting tool

Poděkování:

Tímto děkuji panu Ing. Luboši Rokytovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování mé bakalářské práce.

Motto:

„Překážky jsou jen obávané věci, které spatříte,
když odvrátíte pohled od svého cíle.“

Henry Ford

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 TVÁŘENÍ KOVŮ	13
1.1 ZÁKONY TVÁRNÉ DEFORMACE.....	13
1.1.1 Zákon stálosti objemu	13
1.1.2 Zákon nejmenšího odporu	14
1.1.3 Zákon podobnosti	14
1.2 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ TVÁŘENÍ	15
1.2.1 Rozdělení tvářecích procesů podle teploty.....	15
1.2.2 Rozdělení tvářecích procesů podle tepelného efektu	16
1.2.3 Rozdělení tvářecích procesů podle stupně deformace	16
1.2.4 Rozdělení tvářecích procesů podle působení vnějších sil	16
1.3 OBJEMOVÉ TVÁŘENÍ.....	17
1.4 PLOŠNÉ TVÁŘENÍ.....	17
1.5 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ KE TVÁŘENÍ	17
1.5.1 Druhy používaných polotovarů	18
1.5.2 Zkoušky tvářecích materiálů	18
Mechanické zkoušky	18
Technologické zkoušky	18
2 STŘÍHÁNÍ	19
2.1 PRINCIP STŘÍHÁNÍ.....	19
2.2 STŘIŽNÁ PLOCHA.....	20
2.3 STŘIŽNÁ SÍLA	21
2.4 STŘIŽNÁ PRÁCE	23
2.5 STŘIŽNÁ VŮLE	23
2.6 NÁSTŘIHOVÝ PLÁN.....	24
2.7 ZÁKLADNÍ OPERACE STŘÍHÁNÍ.....	26
2.8 PROSTÉ STŘÍHÁNÍ	28
2.8.1 Střih rovnoběžnými noži	28
2.8.2 Střih šikmými noži	29
2.8.3 Střih kotoučovými noži	30
2.8.4 Střihání noži na profily, tyče a trubky	31
2.9 PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ	32
2.9.1 Princip přesného střihání.....	32
2.9.2 Metody přesného střihání	33
2.10 NÁSTROJE PRO STŘÍHÁNÍ	34
2.10.1 Jednoduché střížné nástroje.....	35
2.10.2 Postupové střížné nástroje.....	36
2.10.3 Sloučené střížné nástroje.....	37

2.10.4	Sdružené střížné nástroje.....	37
2.11	SPECIÁLNÍ ZPŮSOBY STŘÍHÁNÍ.....	38
2.11.1	Stříhání pomocí pryže	38
2.11.2	Stříhání se zvýšenou rychlostí.....	39
3	ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI PRÁCE	40
II	PRAKTICKÁ ČÁST	41
4	CÍLE BAKALAŘSKÉ PRÁCE.....	42
5	TECHNOLOGICKÁ ČÁST.....	43
5.1	ZADÁNÍ SOUČÁSTI	43
5.1.1	Analýza materiálu.....	43
5.2	NÁSTŘIHOVÝ PLÁN	44
5.2.1	Volba velikosti můstku, šířky pásu a okraje pásu, kroku	44
5.2.2	1. varianta	44
5.2.3	Výpočet ekonomie stříhání 1. varianta.....	45
5.2.4	2. varianta	45
5.2.5	Výpočet ekonomie stříhání 2. varianta.....	45
5.2.6	Zhodnocení nástřihových plánů	45
5.3	SILOVÉ POMĚRY	46
5.3.1	Teoretická střížná síla.....	46
5.3.2	Skutečná střížná síla	47
5.3.3	Celková střížná síla	48
5.3.4	Síla potřebná k setření výstřížku	48
5.3.5	Síla potřebná k vytlačení výstřížku	48
5.3.6	Určení síly lisu	48
5.4	URČENÍ STŘÍŽNÉ VŮLE.....	48
5.5	URČENÍ ROZMĚRŮ STŘÍŽNÍKU A STŘÍŽNICE	49
5.5.1	Určení tolerance nástroje (střížníku a střížnice).....	49
5.5.2	Děrování	50
5.5.3	Vystřihování	50
5.6	URČENÍ POLOHY STOPKY	51
5.7	PEVNOSTNÍ KONTROLA STŘÍŽNÍKU.....	54
5.7.1	Kontrola na tlak	54
5.7.2	Kontrola na vzpěr	54
5.8	NÁVRH ROZMĚRŮ DESEK, MATERIÁLŮ.....	55
5.8.1	Pevná část střížného nástroje.....	55
5.8.2	Pohyblivá část střížného nástroje	59
5.9	LISOVACÍ STROJ.....	61
6	KONSTRUKČNÍ ČÁST	62

6.1	KONSTRUKČNÍ NÁVRH.....	62
6.2	POPIS FUNKCE.....	62
6.3	POPIS STRIŽNÉHO NÁSTROJE	63
6.4	VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....	64
ZÁVĚR		66
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		67
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		68
SEZNAM OBRÁZKŮ		71
SEZNAM TABULEK.....		73
SEZNAM PŘÍLOH.....		74

ÚVOD

V každodenním životě používáme bezmyšlenkovitě řadu věcí a mnohdy nás ani nenapadne, co stojí za jejich vznikem. Ve velké míře se na vzniku těchto věcí podílí věda, technika a technologie. Věda, protože se nejdříve musel nalézt přírodní zákon, na jehož principu je založena funkce zařízení. Poté si ji museli osvojit technici, aby přišli na možnost využití tohoto zákona pro sestavení technického zařízení. A v poslední řadě technologové, jejichž úkolem je přenést navrženou konstrukci do hotového výrobku.

Technologie je složitý proces, který zahrnuje velké množství oblastí zpracování materiálu. Mezi klíčová odvětví se řadí tváření, obrábění, svařování a slévání. Každá má své výhody a nevýhody a jejich správná aplikace nám pomůže získat náskok před konkurencí.

Vysoké důležitosti nabývá technologie tváření. Tato technologie, jež se zabývá změnou tvaru polotovaru bez odebrání třísky, zahrnuje celou řadu výrobních metod, z nichž se některé hodí pro kusovou výrobu a jiné pro výrobu hromadnou. Tvářecí metody obvykle potřebují drahé výrobní nástroje, jejichž hospodárné využití závisí na počtu vyrobených kusů. Toto je hlavní rozdíl mezi technologií tváření a technologií obrábění. U obrábění vyrábíme součásti tak, že z výchozího materiálu postupně odstraníme určité části, jež se přemění v třísky. Tento postup je zdlouhavý a spojen s velkou ztrátou materiálu, ale má výhodu ve formě docela levných nástrojů. Tvářením můžeme zhotovit výrobky mnohem rychleji (jednou, nebo několika operacemi za sebou), ale dražšími nástroji. Proto je tváření výhodné pro výrobu většího počtu předmětů, kde podíl ceny nástroje připadající na jeden kus je malý.

Ve své práci se zabývám odvětvím tváření, které se nazývá stříhání. Jde o plošné tváření – zpracování plechů, které dovoluje vyrábět velké množství součástek velmi levně. Stříhání je také nejpoužívanější operací ve strojírenské a elektrotechnické výrobě.

Velmi důležitým prvkem pro výše zmiňované oblasti technologií jsou CAD programy. Nejen pro stříhací nástroje jsou při jejich návrhu využívány různé programy počítačové podpory konstrukce, které významně urychlí jejich návrh a samotnou konstrukci daného prvku. Pokročilejší CAD programy obsahují nejen plošné, geometrické, matematické a inženýrské nástroje pro kreslení plošných výkresů, ale i výpočty, analýzy a řízení systémů (výroby, zařízení).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TVÁŘENÍ KOVŮ

Pro strojírenskou technologii mají velký význam vlastnosti kovů, které dovolují trvalou změnu tvaru polotovaru. Umožňují tvářet součásti různými mechanickými způsoby a přitom vyrobené součásti jsou pevné a houževnaté. [1]

Podstatou procesu tváření je vyvolání plastické deformace vnějšími silami, které způsobí přemístění částic kovu v tuhém stavu bez porušení soudržnosti. Dojde ke změně rozměrů a tvarů při zachování objemu tvářeného materiálu. [2]

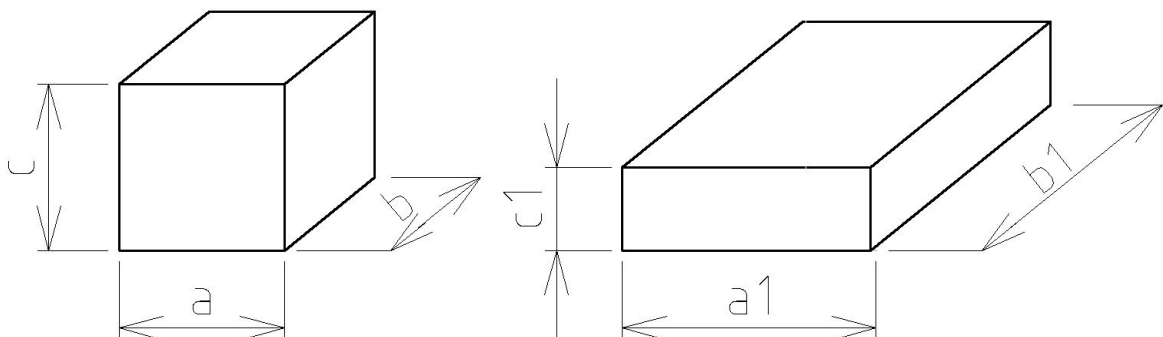
Změna tvaru kovových materiálů – deformace – může být buď dočasná, nebo trvalá. Jestliže působil na kov vnější silou, kov se deformuje nejdříve pružně, tj. elasticky, a jakmile síla přestane působit, získá kov původní tvar. Zvětšujeme-li působící sílu, dochází k překročení meze pružnosti k deformaci trvalé tj. plastické. Kov získal nový tvar tvářením. [1]

1.1 ZÁKONY TVÁRNÉ DEFORMACE

Při tváření platí základní zákony tvárné deformace. Zde jsou uvedeny tři nejdůležitější.

- a) Zákon stálosti objemu
- b) Zákon nejmenšího odporu
- c) Zákon podobnosti

1.1.1 Zákon stálosti objemu



Obr. 1. Zákon stálosti objemu [1]

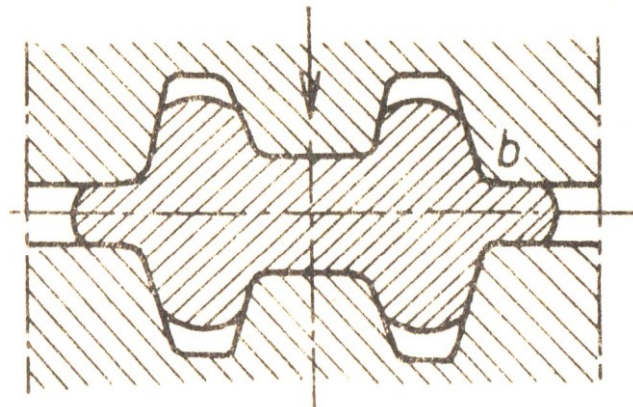
Říká, že objem tělesa před deformací se rovná objemu tělesa po deformaci. Hranol na obr. 1, o rozměrech a, b, c změní rozměry na a_1, b_1, c_1 , potom platí

$$a \cdot b \cdot c = a_1 \cdot b_1 \cdot c_1 \quad (1.1)$$

Jestliže se dva rozměry zmenší (například a, c), třetí rozměr (b) se zvětšuje a naopak zvětšení dvou rozměrů má za následek zmenšení třetího rozměru.

1.1.2 Zákon nejmenšího odporu

Mohou-li se body deformovaného tělesa přemísťovat v různých směrech, přemísťuje se každý bod ve směru nejmenšího odporu.



Obr. 2. Zákon nejmenšího odporu [1]

Praktický význam tohoto zákona je patrný z obr. 2. Při kování v zápustce kov vyplňuje dutinu zápustky a zaplňuje mezeru mezi horní a spodní polovinou zápustky. Úplné vyplnění dutiny, tj. získání přesného výkovku, je možné jen tehdy, jestliže odpor proti pohybu kovu v místě „b“ bude větší než odpor proti pohybu kovu do dutiny zápustky. V uvedeném případě se odpor v místě „b“ úmyslně zvětšuje, aby se zaručilo správné vyplnění dutiny zápustky. [1]

1.1.3 Zákon podobnosti

Při experimentálním zkoumání v modelové technice musí být splněna kromě geometrické podobnosti také mechanická a fyzikální. Dodržení těchto podobností je bezpodmínečně nutné v modelové technice.

- Geometrická podobnost – vyžaduje, aby poměry odpovídajících stran před a po deformaci si byly rovny
- Mechanická podobnost – vyžaduje, aby při deformaci těles geometricky podobných, poměry působících sil se rovnaly druhé mocnině příslušných délkových rozměrů tělesa.
- Fyzikální podobnost – vyžaduje, aby uvažovaná tělesa měla stejné chemické složení a strukturu, stejnou tvářecí teplotu, podobné rozložení napětí, stejné poměrné rychlosti deformace a stejné tření. [7]

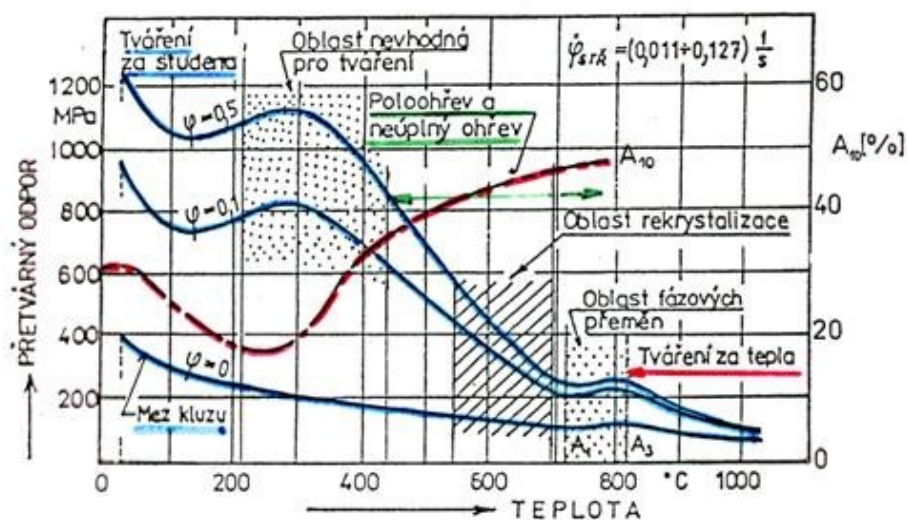
1.2 Základní rozdělení tváření

Technologické tvářecí procesy je možné rozdělit podle:

- Teploty
- Tepelného efektu
- Stupně dosažené deformace
- Působení vnějších sil

1.2.1 Rozdělení tvářecích procesů podle teploty

Při změně teploty se mění deformační odpor materiálu (oceli) proti tváření. Se zvyšující se teplotou se zlepšují plastické vlastnosti kovů a jejich slitin.



Obr. 3. Rozdělení tvářecích procesů podle teploty [4]

Tvářecí technologie podle teploty se rozdělují takto:

- a) Tváření za studena
- b) Tváření za poloohřevu
- c) Tváření za tepla

1.2.2 Rozdělení tvářecích procesů podle tepelného efektu

Část energie vynaložené na tváření, se mění na teplo a množství tepla závisí na rychlosti deformace a odporu materiálu proti deformaci. Podle toho, kam se odvede vzniklé teplo, se tvářecí procesy dělí na :

- a) Izotermické tváření
- b) Adiabatické tváření
- c) Polytropické tváření

1.2.3 Rozdělení tvářecích procesů podle stupně deformace

Kritériem je zde stupeň deformace při určité teplotě a rychlosti deformace bez nebezpečí vzniku trhlin na povrchu materiálu. Část energie vynaložené na tváření se mění na teplo a množství tepla závisí na rychlosti deformace a odporu materiálu proti deformaci. Podle toho se tvářecí procesy dělí na:

- a) Procesy, kdy tlak mezi nástrojem a materiálem je malý
- b) Procesy, kdy tlak mezi nástrojem a materiálem je velký
- c) Procesy, kdy tlak mezi nástrojem a materiálem je velmi velký

1.2.4 Rozdělení tvářecích procesů podle působení vnějších sil

Z tohoto hlediska se dělí tváření na:

- a) Plošné tváření
- b) Objemové tváření [4]

1.3 Objemové tváření

Při objemovém tváření dochází k výrazné změně tvaru a zvětšení plochy původního polotovaru. Nastává deformace ve směru tří os souřadného systému. Požadované změny tvaru se dosahuje změnou průřezu výchozího materiálu. Může probíhat za studena, poloohřevu i za tepla.

Objemové tváření zahrnuje tyto technologie:

- a) Kování
- b) Tažení
- c) Válcování
- d) Protlačování [2, 4,5]

1.4 Plošné tváření

Při plošném tváření nastává deformace ve směru dvou os. Deformace ve směru třetí osy je zanedbatelná. Tedy požadované změny tvaru se dosahuje bez podstatné změny tloušťky výchozího materiálu. Proces plošného tváření probíhá obvykle za studena.

Nástroje pro tyto operace se dělí buď dle základních operací:

- a) Stříhání
- b) Ohýbaní
- c) Tažení

Nebo dle počtu kroků či řad:

- a) Jednoduché (jednořadé) – pro jednu operaci
- b) Vícenásobné (víceřadé)
- c) Postupové – pro několik operací, např. vystříhování a děrování dělaných postupně na několik kroků [2, 4, 5, 7]

1.5 Materiály používané ke tváření

V technologii tváření se používá celá řada čistých kovů nebo spíše jejich slitin. V současné době se tato oblast rozšířila o kompozity.

1.5.1 Druhy používaných polotovarů

Při volbě technologie tváření je třeba věnovat pozornost vhodným polotovarům. Od výchozího materiálu závisí nejen produktivita výroby, ale také jejich hospodárnost a kvalita. Ve tváření se používají následující polotovary:

- a) Ingoty
- b) Vývalky
- c) Plechy [7]

1.5.2 Zkoušky tvářecích materiálů

Tvařitelnost materiálů, jako jejich schopnost ke zpracování tvářením, lze sledovat a hodnotit pomocí různých zkoušek. Jedná se o zkoušky:

- a) Mechanické
- b) Technologické

Provádět tyto zkoušky je důležité z hlediska volby vhodného materiálu. Tvařitelnost se pak kvalifikuje ve čtyřech stupních jako zaručená, velmi dobrá, dobrá a omezená tvařitelnost.

Mechanické zkoušky

Provádí se proto, aby se zjistily vlastnosti materiálu před tvářením, neboť hlavně tvářením za studena dojde k výrazné změně mechanických vlastností. Snažíme se jimi zjistit hlavně základní materiálové charakteristiky jako mez kluzu, smluvní mez kluzu, mez pevnosti v tahu, tažnost, prodloužení, exponent deformačního zpevnění.

Technologické zkoušky

Slouží k posouzení vhodnosti a vlastností daného materiálu pro zvolenou technologii tváření. Výsledky těchto zkoušek poskytují podklady pro tvorbu obecnějších grafů, informujících o zásobě plastičnosti pro daný materiál a konkrétní podmínky tváření. [4, 5]

2 STŘÍHÁNÍ

Stříhání je nejpočetnější operací ve strojírenské a elektrotechnické výrobě. Na výrobcích lisoven a kováren se vyskytuje zpravidla i několik operací stříhání, ale ani jiné výrobní technologie a obory by se bez něho neobešly (svařování, hutní výroba aj.) [6]

Používá se jednak na přípravu polotovarů (stříhání tabulí nebo svitků plechů, stříhání profilů, vývalků apod.), jednak na vystříhování součástek z plechu, buď pro konečné použití, nebo pro výrobky na další technologie (ohýbání, protlačování, tažení apod.) a v neposlední v řadě na dokončovací operace a nebo pomocné operace. [4]

Jde o způsob zpracování polotovarů, při kterém dochází působením břitů nástroje k porušení soudružnosti materiálu a oddělení jeho části. Dříve bylo stříhání efektivní především ve velkosériové výrobě, při současném použití numericky řízených lisů (s velkým množstvím nástrojů upnutých v revolverové hlavě) je hospodárné i v kusové výrobě.

Stříháním lze získat výrobky ve stupni přesnosti:

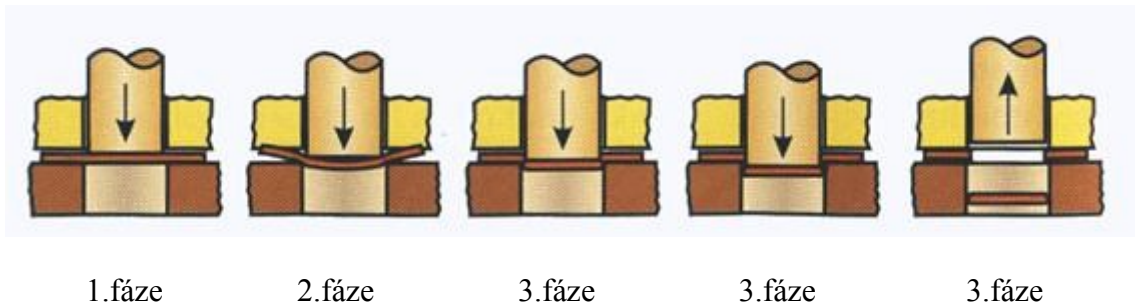
- IT 12 až 14 - běžnými nástroji
- IT 9 až 11 - nástroji s vodícími sloupky
- IT 6 až 8 - speciálními nástroji.

Běžně dosažitelná drsnost povrchu Ra střížných ploch je:

- $Ra = 10 \mu\text{m}$ - u materiálů do tloušťky do 1 mm
- $Ra = 20 \mu\text{m}$ - u materiálů do tloušťky do 3 mm
- $Ra = 63 \mu\text{m}$ - u materiálů do tloušťky nad 3 mm
- Přesnými nástroji lze dosáhnout až 10 krát menších hodnot. [2]

2.1 Princip stříhání

Stříhání je oddělování části materiálu působením protilehlých řezných hran způsobujících v řezné rovině smykové napětí. Princip stříhání je ukázán na obr. 5.

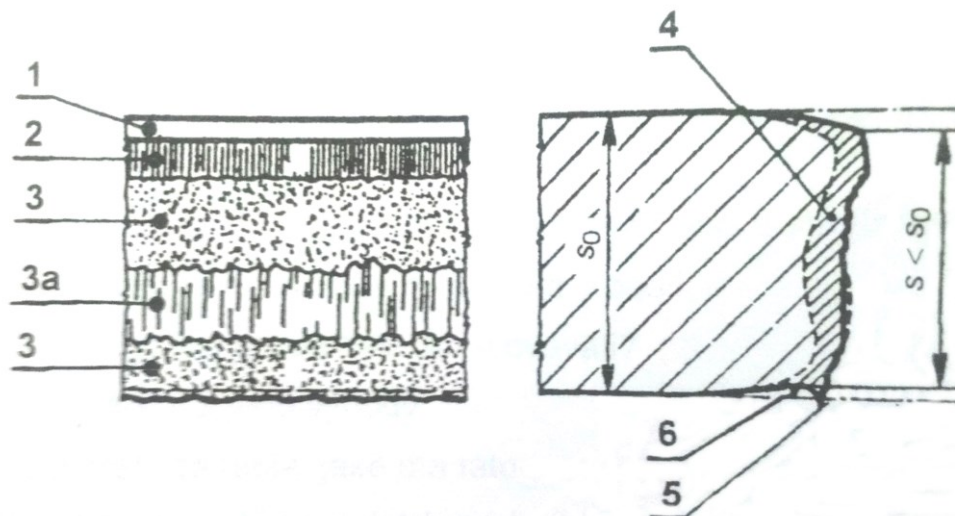


Obr. 4. Základní operace stříhání [4]

Stříhání probíhá ve třech fázích.

- V první fázi je oblast pružných deformací. Materiál se pružně stlačuje a ohýbá, přitom se lehce vtláče do otvoru střížnice. Napětí kovu nedosahuje meze kluzu.
- Druhá fáze je oblast plastických deformací. Střížník se vtláče do plechu a ten do otvoru ve střížnici. Vlákna kovu se ohýbají a prodlužují. Na konci této fáze dosahuje napětí blízko ostří mez pevnosti ve smyku.
- Třetí fáze je smyková. Ze začátku vznikají mikroskopické a následně makroskopické trhlinky. Tvoří se při ostří střížníku a střížnice a probíhají ve směru čar největších smykových napětí, tj. kluzných ploch. Smykové trhliny, které vznikají na ostří střížníku a střížnice, rychle se rozšiřují na vnitřní vrstvy a oddělují vystřihované dílce. [4,7]

2.2 Střížná plocha



Obr. 5. Vzhled střížné plochy [9]

K ustřížení materiálu dochází dříve, než se setkají oba nože. Hloubka vniknutí nože do materiálu (hloubka plastického stříhu) zasahuje jen část tloušťky stříhaného materiálu. Střížná plocha není dokonalá, protože její část vzniká lomem. V okolí stříhu se stříhaný materiál trvale deformuje, proto tam dochází ke zpevnění a snížení tvárnosti.

Na střížné ploše lze rozlišit následující oblasti (viz obr. 6.)

1 – Zeslabení tloušťky- vzniká počátečním pěchováním materiálu čelem pohyblivého nože. Hloubka vniknutí pohyblivého nože bývá 5 až 8% tloušťky stříhaného plechu

2 – Oblast plastického stříhu - vzniká plastickým zatlačením břitu nože do materiálu. Je nejhladší a nejpřesnější. Její velikost bývá 10 až 40% tloušťky plechu, podle tvárnosti materiálu.

3 – Oblast lomu - horní část této oblasti je prohloubena, spodní část vystupuje (čára lomu má tvar písmene S). Prohloubení je tím větší, čím menší je střížná vůle. Při velké střížné vůli je tato část střížné plochy zkosená.

3a – Oblast otěru - vzniká vystříhování ve stříhadlech v důsledku tření při protlačení výstřížku střížníkem přes střížnici.

4 - Zpevněná část - tloušťka zpevněné oblasti dosahuje u měkkých ocelových plechů 20 až 30% tloušťky plechu. Zvětšuje se s ubývajícím tvárností materiálu a otupením břitů.

5 – Otřep - je naspodu střížné plochy a je tím větší, čím větší je otupení spodního nože a čím je materiál tvárnější.

6 – Vtisk spodního nože - čím větší je úhel čela spodního nože, tím spíše dojde k jeho zatlačení do stříhaného materiálu [9]

2.3 Střížná síla

Stříhání na nůzkách probíhá mezi párem nožů, stříhání na lisu probíhá mezi střížnými hranami střížníku a střížnice. Stříhaný materiál, který leží mezi oběma střížnými hranami, je oddělován střížnou silou. Střížná síla během stříhání postupně roste, největší hodnotu má v okamžiku, kdy střížník dosáhne 1/3 hloubky stříhaného materiálu. Tehdy se materiál začíná oddělovat a střížná síla rychle klesá. Průběh stříhání ukazuje obr. 6.

Určení střížné síly je důležité pro volbu lisu. Pro výpočet střížné síly je rozhodující střížný obvod, tloušťka materiálu a jeho pevnost ve stříhu:

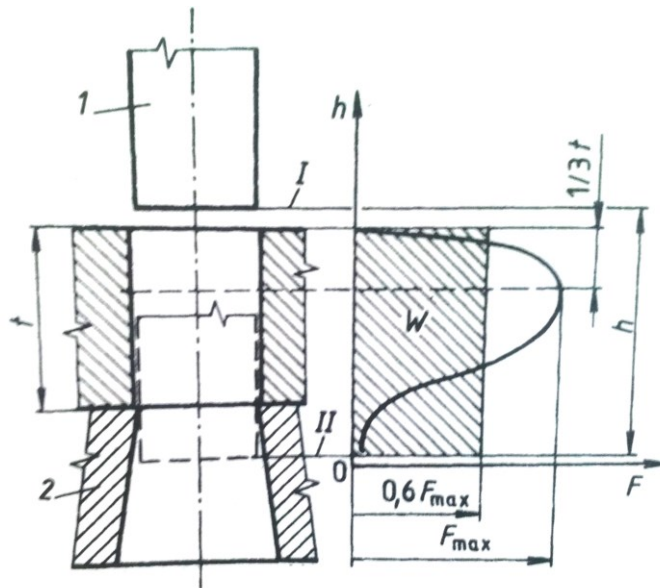
$$F_t = l \cdot s \cdot \tau_s \quad (2.1)$$

Kde: F_t – teoretická střížná síla (N)

l – střížný obvod (mm)

s – tloušťka materiálu (mm)

τ_s – pevnost materiálu ve stříhu (MPa)



Obr. 6. Průběh střížné síly, práce stříhání [2]

Hodnota τ_s se určuje z tabulek nebo podle pevnosti materiálu v tahu R_m :

$$\tau_s = 0,8 \cdot R_m \quad (2.2)$$

Materiál	τ_s (MPa)
ocel 11 305	220 až 300
ocel 11 500	440 až 530
hliníková slitina	
AlCuMg (dural)	160 až 240
mosazný plech	225 až 365

Obr. 7. Vybrané meze pevnosti ve stříhu [1]

Protože se střížné hrany postupně otupují, volíme lis s větší silou, než je vypočítaná hodnota střížné síly.

$$F = F_s \cdot k \quad (2.3)$$

Kde koeficient k volíme v rozsahu 1,3 až 1,6. a F je skutečná střížná síla. Střížná síla se v mnoha případech snižuje sešikmením střížných hran. [1,2]

2.4 Střížná práce

Práci vynaloženou ke stříhání lze určit jako součin střížné síly a dráhy střížníku. Jak již bylo uvedeno, je střížná síla proměnná. Její průběh, v závislosti na zdvihu nástroje a vlastnostech stříhaného materiálu, je znázorněn na obr. 6. Plocha, vymezená čarou průběhu střížné síly, vyjadřuje velikost vynaložené práce. Pro zjednodušení výpočtu se vymezená plocha nahrazuje pravoúhlou plochou, vymezenou rovnoběžkou se svislou osou ve vzdálenosti $0,6F$. Práce vynaložená na prostřížení je dána vztahem:

$$W = 0,6F \cdot h \quad (2.4)$$

Kde: W – práce vykonaná při stříhání (J)

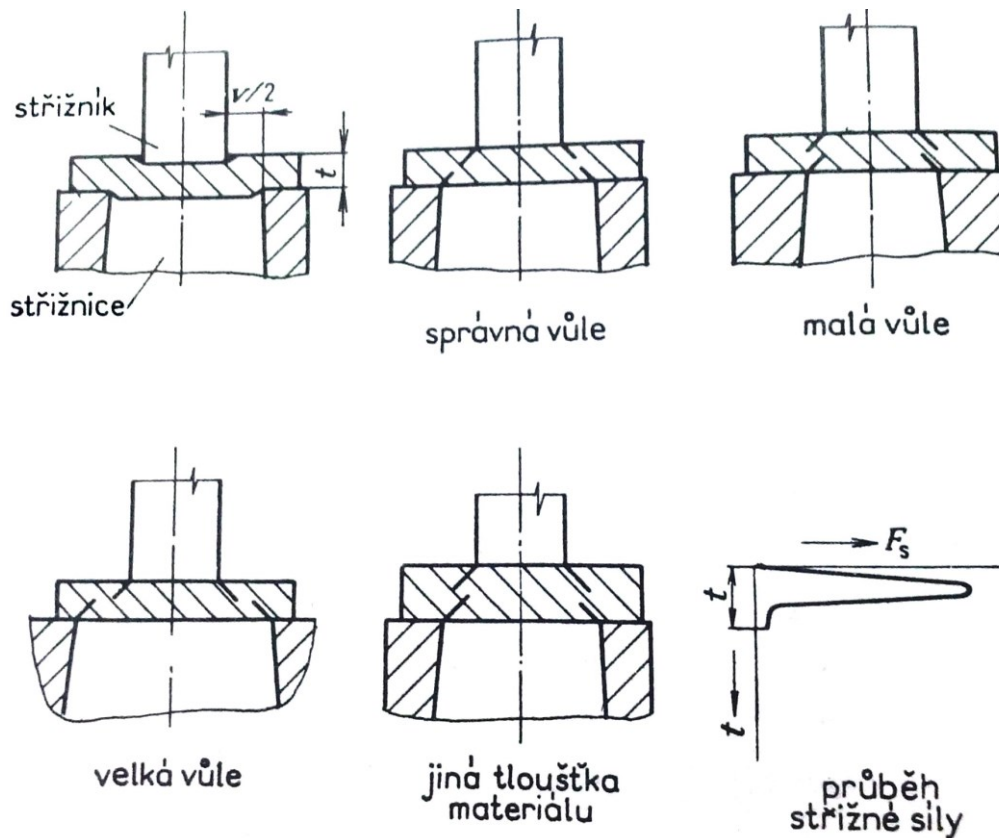
F – skutečná střížná síla (N)

h – dráha střížníku (mm) [1]

2.5 Střížná vůle

Střížná vůle mezi noži podstatně ovlivňuje jakost střížné plochy, velikost střížné síly a trvanlivost nástroje. Správně zvolená velikost střížné vůle zaručuje, že trhliny, které při stříhání vznikají, se setkají, čímž se zaručí správné usmyknutí stříhané plochy.

Velikost střížné vůle závisí na druhu a tloušťce stříhaného materiálu. Optimální vůle je taková, při které se dosáhne kvalitní střížné plochy při nejmenší střížné síle. Velikost střížné vůle se pohybuje v rozmezí 3 až 20% tloušťky plechu. Nové nástroje se zhotovují s nejmenší dovolenou střížnou vůlí, s ohledem na budoucí opotřebení.



Obr. 8. Vliv střížné vůle z na kvalitu střížné plochy [10]

Přibližnou střížnou vůli lze určit pomocí vztahu:

$$v = k_v \cdot s \quad (2.5)$$

Kde k_v je součinitel závislý na stříhaném materiálu:

$k_v = 1/20$	pro měkkou ocel a slitiny mědi
$k_v = 1/16$	pro středně tvrdou ocel
$k_v = 1/14$	pro tvrdou ocel
$k_v = 1/10$	pro slitiny hliníku [9]

2.6 Nástřihový plán

Při výrobě výstřížků stříháním je velmi důležité výstřížky rozmístit na výchozím polotovaru – pásu tak, aby odpad plechu byl co nejmenší. Tento požadavek je opodstatněný, protože se převážně jedná o velkosériovou a hromadnou výrobu a z celkových nákladů při lisování za studena připadá na materiál vylisku 60 až 70%. Rozmístění jednotlivých vylisků na plechu nazýváme nástřihovým plánem. [2,7]

Navrhuje se zpravidla několik variant a po vyhodnocení se provede volba. Kritériem jsou procenta využití materiálu X:

$$X = \frac{\sum S}{S_c} \cdot 100 \quad (2.6)$$

Kde: $\sum S$ – součet obsahů ploch všech výstřížků (mm^2)

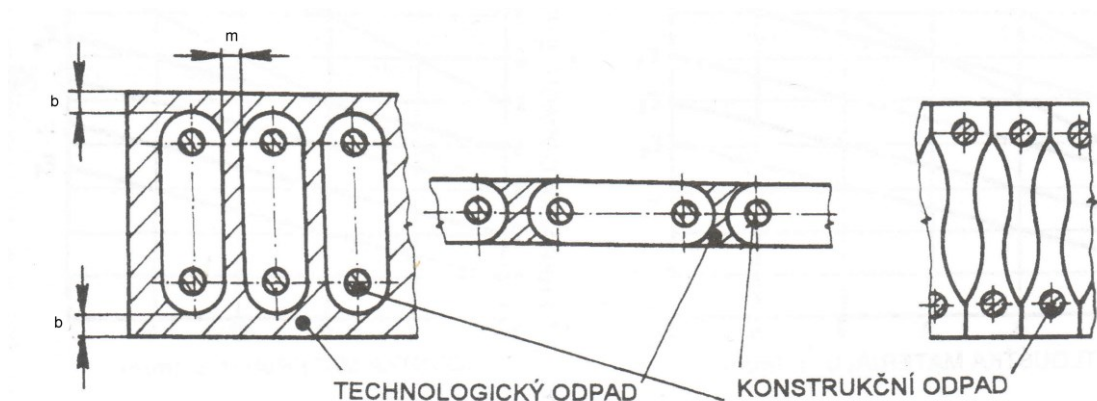
S_c - celková plocha spotřebovaného materiálu (mm^2)

Uspořádání a orientace výlisků na polotovaru jsou dány:

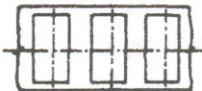



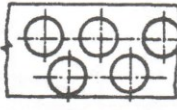
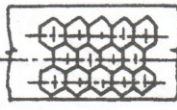
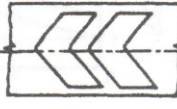
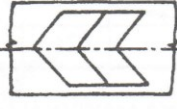
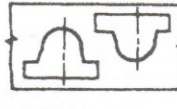
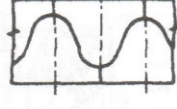


- tvarem a rozměry výstřížku – tvary je nutné upravit tak, aby se výstřížky mohly klást za sebou či vedle sebe s co možná nejmenším odpadem
- směrem vláken materiálu – zejména u výstřížků určených k ohýbání, u kterých musí být osa ohybu kolmá na směr vláken
- způsob podávání
- tloušťkou a kvalitou materiálu

Rozměry polotovaru a uspořádání výlisků na páse je určováno tvarem a rozměry výstřížku. Při výrobě malého počtu kusů se provádí nejčastěji jednořadé uspořádání, v případech velkého počtu kusů se používá dvou a víceřadé uspořádání.

Kromě uspořádání a rozměrů výstřížku se v nástřihovém plánu udávají rozměry polotovaru, rozměry můstek mezi jednotlivými výstřížky, šířky postranních odpadů a délka kroku. [2]



Obr. 9. Rozmístění výstřížků na výchozím polotovaru [9]

Typ stříhu	Nástřihový plán	
	s přepážkou	bez přepážky
přímý		
jednořadý		
víceřadý		
šikmý		
vstřícný přímý		
vstřícný šikmý		

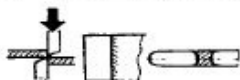
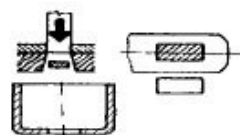
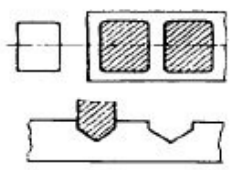
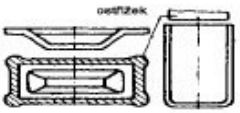
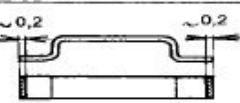



Obr. 10. Základní způsoby seskupení výstřížků [9]

2.7 Základní operace stříhání

Střížné operace lze rozdělit do dvou hlavních skupin.

- a) **stříhání po vnějším otevřeném obryse** stříhání na tabulových nůžkách, kotoučových nůžkách, křivkových nůžkách tvarových apod.; stříhá se z tabulí, pruhů, pásů, z drátů, tyčí
- b) **stříhání po uzavřeném obryse** – zpravidla speciálními nástroji na lisech. Stříhá se obvykle z tabulí, pruhů, pásů, nebo polotovarů při sloučení s jinými operacemi v jednom nástroji.

Základní operace při stříhání, podle ČSN 22 60 01, jsou na obr. 12

Skupina	Název práce	Charakteristika operace	Vyobrazení	Název nástroje	Název výrobku	
Plošné tváření – oddělování materiálu	Stříhání	Prosté stříhání		Nůžky, stříhadlo	Výstřížek	
		Děrování		Děrovaadlo	Výstřížek	
		Výstříhování	a) Zhotovení výstřížků různého tvaru oddělením od materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřížená část tvoří výstřížek b) Oddělování částí v okraji materiálu. Vystřížená část tvoří odpad		Stříhadlo	Výstřížek
		Ostříhování	Oddělování přebytečného materiálu z výtažků, protlačků, výstřížků, výkovků 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
Plošné tváření – oddělování materiálu	Stříhání	Prostřihování		Stříhadlo	Výstřížek	
		Protrhávání	Protržení materiálu pro vytváření hrotů, děr, výstupků		Protrhávaadlo	Výstřížek

Obr. 11. Základní operace stříhání [8]

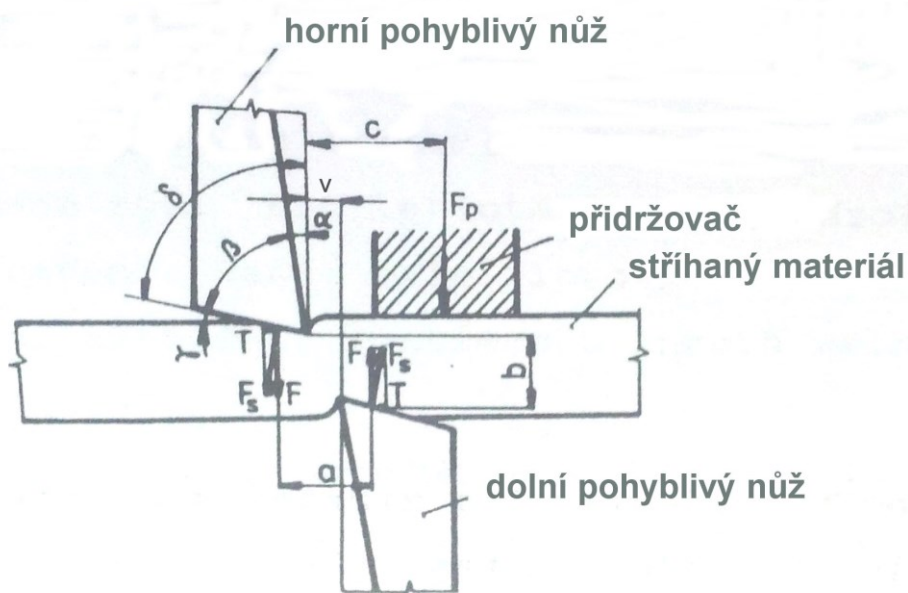
2.8 Prosté stříhání

Jde o dělení materiálu:

- rovnoběžnými noži
- šikmými noži
- kotoučovými noži
- stříhání noži na profily, tyče a trubky

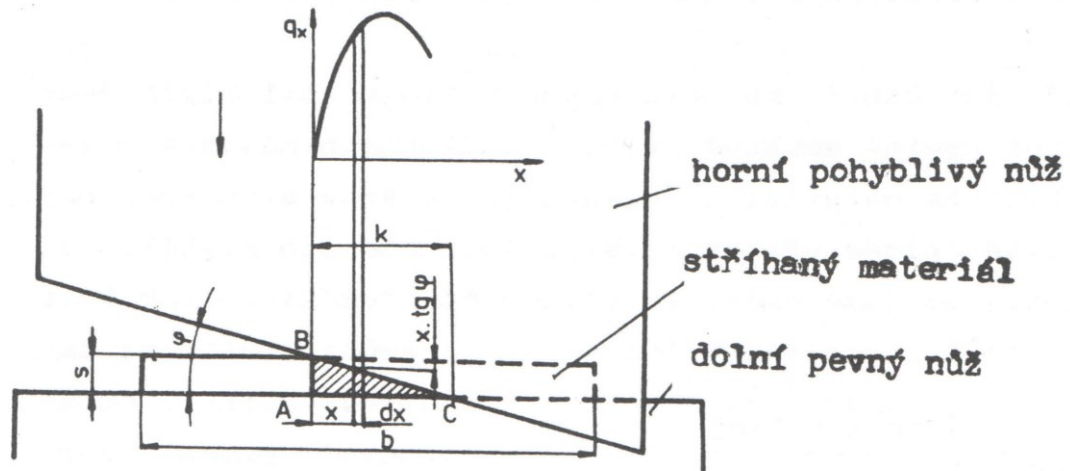
2.8.1 Střih rovnoběžnými noži

Charakteristika tohoto stříhání vyplývá z obr. 13. Při skutečném procesu nepůsobí střížné síly ideálně v jedné rovině. Mezi noži musí být určitá mezera v . Sílu F_x , kterou působí nůž na materiál, můžeme rozdělit na složky F a T . Tyto složky vytváří momenty a ty se snaží po dobu stříhání materiál natočit. Natočení lze zamezit přidržovačem. Klopný moment lze zmenšit zvětšováním úhlu čela γ . Velikost střížné vůle v se volí dle tloušťky materiálu. Při skutečném stříhání nevzniká čistý smyk, ale kombinované namáhání. Částečným ohybem se průřez materiálu zvětší, nože se otupují. Proto skutečná střížná síla se zvětší o 15 až 30%. [7]



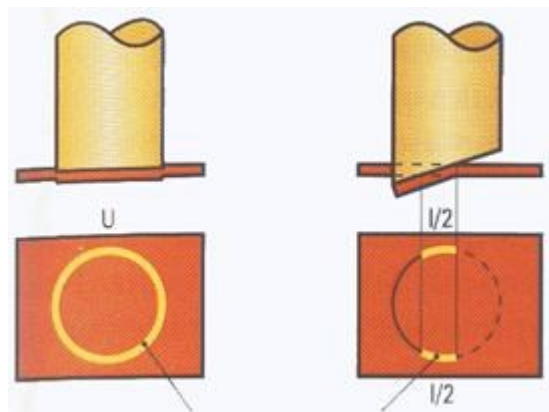
Obr. 12. Stříhání rovnoběžnými noži [9]

2.8.2 Stříhání šikmými noži

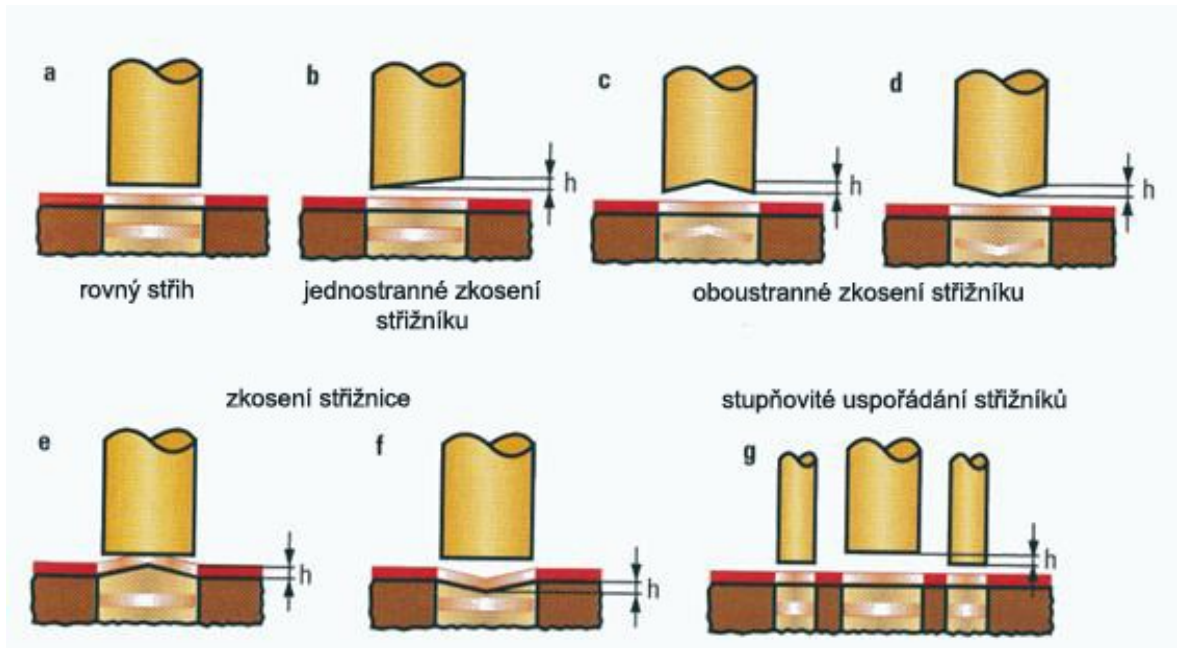


Obr. 13. Stříhání rovnoběžnými noži [7]

Tento způsob stříhání nám odstraňuje nevýhody stříhání rovnoběžnými noži. Schéma operace je patrné z obr. 14. Nože jsou skloněny o úhel φ . Plech tím pádem není stříhán v celé šířce najednou, ale postupně. Dochází ke zmenšení střížné síly. Pro velikost střížné síly bude rozhodující velikost střížné hrany a tloušťky - plochy trojúhelníka, která nám udává velikost v daném okamžiku stříhané plochy. Střížná síla bude úměrná velikosti této plochy a pevnosti ve smyku. [7,9]



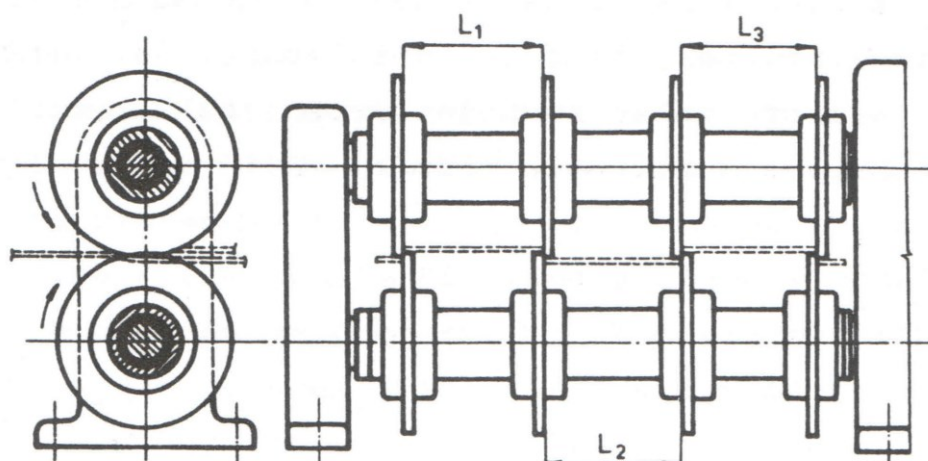
Obr. 14. Porovnání délky stříhu při stříhání rovnoběžnými, resp. šikmými noži [4]



Obr. 15. Způsoby úpravy střížníků a střížnic [4]

2.8.3 Stříh kotoučovými noži

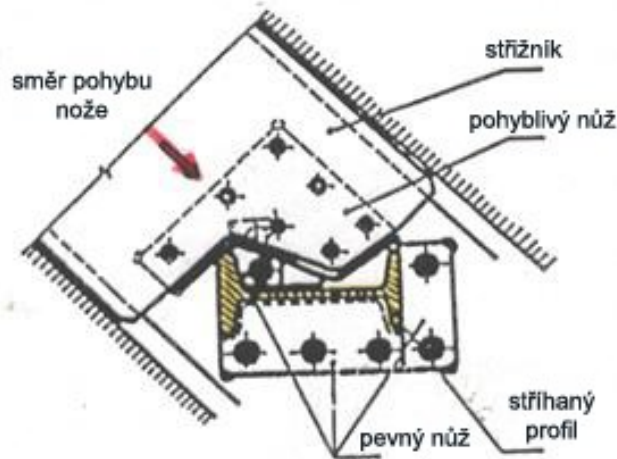
Kotoučové nože se používají při stříhání plechu v kruhových nebo jiných křivkových tvarů. Často se používají při dělení svitků plechů na pásy s neomezenou délkou. Jde o střížný nástroj s odvalujícími se noži. Použití kotoučových nožů prodlužuje dobu stříhání, ale podstatně snižuje rázy při střížném procesu. [9]



Obr. 16. Stříhání kotoučovými noži [7]

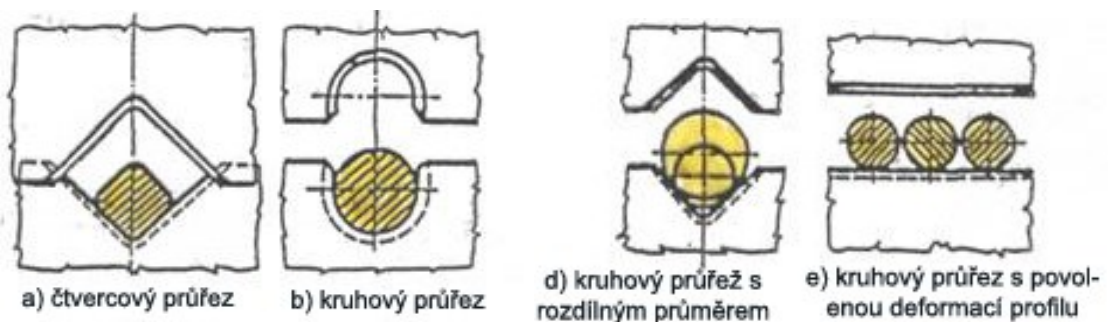
2.8.4 Stříhání noži na profily, tyče a trubky

Při stříhání jakéhokoliv profilového materiálu platí zásada, aby přestříhovaná tloušťka byla v každém okamžiku téměř stále stejná. Této zásadě se potom přizpůsobuje obrys pohyblivého nože.



Obr. 17. Nože na stříhání profilů [4]

Na obr. 18 je ukázán tvar nože pro stříhání profilů. Při šikmém posuvu pohyblivé části nástroje se docílí rovnoměrnějšího průběhu střížné síly v závislosti na zdvihu, než kdyby se volil pohyb nože podle některé z os průřezu.



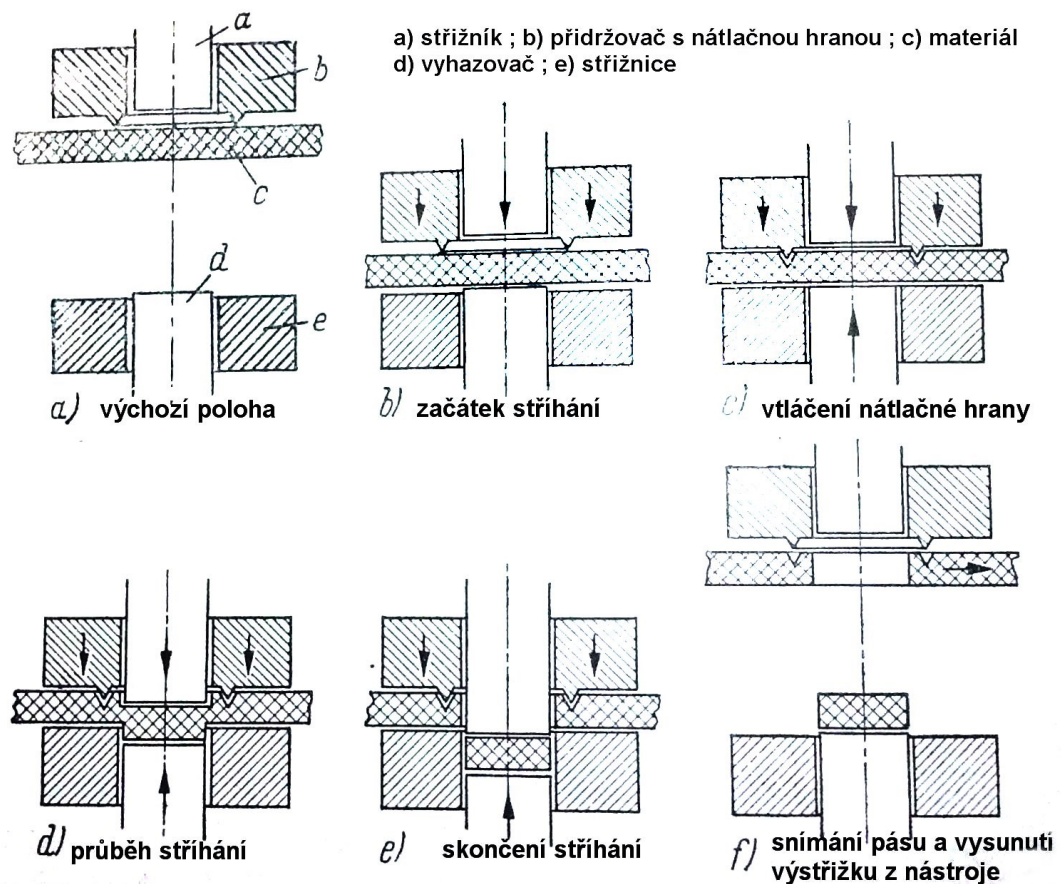
Obr. 18. Nože na čtvercový a kruhový materiál [4]

Při stříhání trubek se snažíme o jejich co nejmenší zdeformování. Pohyblivá část nástroje má tvar oblouků zakončených špičkou. Zašpičatělá část nejprve trubku propíchne, boky potom trubku stříhají tak, že výslednice sil na břitu směřuje kolmo vůči směru nejvyšší tuhosti. Střížná mezera není rovněž po celé délce stejná, od krajů směrem ke středu roste. [4]

2.9 Přesné stříhání

Pro přesné stříhání se používá sloučených stříhadel, to znamená, že se převážně vystřihují součásti s uzavřenou křivkou stříhu. Vnitřní i vnější tvar se vystřihují současně. Ostří obou tvarů leží v téže rovině stříhaného plechu. Při přesném stříhání se spolupůsobením stříhadla a lisu zabraňuje tvoření trhlin v oblasti stříhu, ke kterému dochází při obyčejném stříhání vlivem plastické deformace materiálu. Přesným stříháním se dosáhne výborné jakosti stříhaných ploch jenom s nepatrnými chybami tvaru a s malou drsností. [11]

2.9.1 Princip přesného stříhání



Obr. 19. Postup přesného stříhání [11]

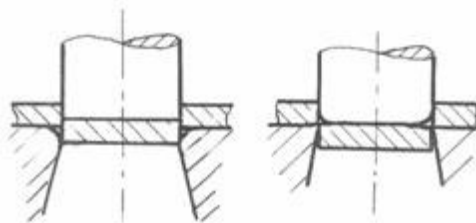
Postup přesného stříhání je schematicky znázorněn na obr. 19. Před vlastním stříháním se vtlačí mimo křivku stříhu do materiálu nátlacná hrana. Při stříhání je materiál po obou stranách křivky stříhu sevřen. K sevření materiálu je zapotřebí velkých sil. Střížná mezera mezi střížníkem a střížnicí je prakticky nulová. Protože materiál je při stříhání sevřen,

nemůže se prohnut. Nátlačná hrana zabraňuje radiálnímu pružení stříhaného plechu, které nastává následkem plastické deformace v oblasti stříhu. U materiálu s dostatečně velkou tvárností se v oblasti stříhu netvoří trhliny. [11]

2.9.2 Metody přesného stříhání

Rozeznáváme tyto metody přesného stříhání:

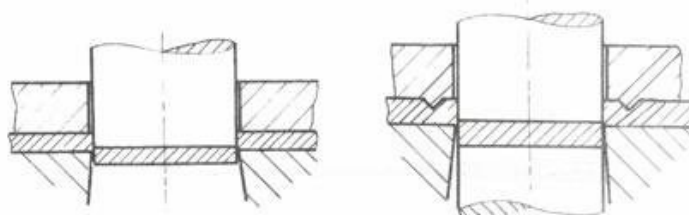
Stříhání bez vůle – jedna funkční část stroje, buď střížník nebo střížnice, je vypracována bez břítu, se zaoblením střížné strany. Druhá část je nabroušena. Stříhání bez vůle je ukázáno na obr. 21. Uspořádání vlevo je určeno pro kvalitní povrch díry, uspořádání vpravo pro kvalitní povrch výstřížku



Obr. 20. Stříhání bez vůle [4]

Stříhání s přídržovačem – Proti ohýbání okrajů výstřížků i pro zlepšení povrchu střížných ploch působí použití přídržovače při stříhání. K tahové složce napjatosti přibývá složka tlaková, která zlepšuje stav napjatosti v místě stříhu.

Stříhání s nátlačnou hranou – přináší zatím nejlepší výsledky v oblasti přesného stříhání. Nátlačná hrana se prolisuje v oblasti střížného obvodu, kde změní napjatost ve střížné ploše na trojosou, nátlačná hrana způsobí navíc složku tlakovou, která usnadňuje přiblížení k čistému smyku. Protitlak je zajištěn odpruženým spodním lisovníkem. Toto uspořádání umožňuje i stříhání načisto u poměrně silných materiálů.

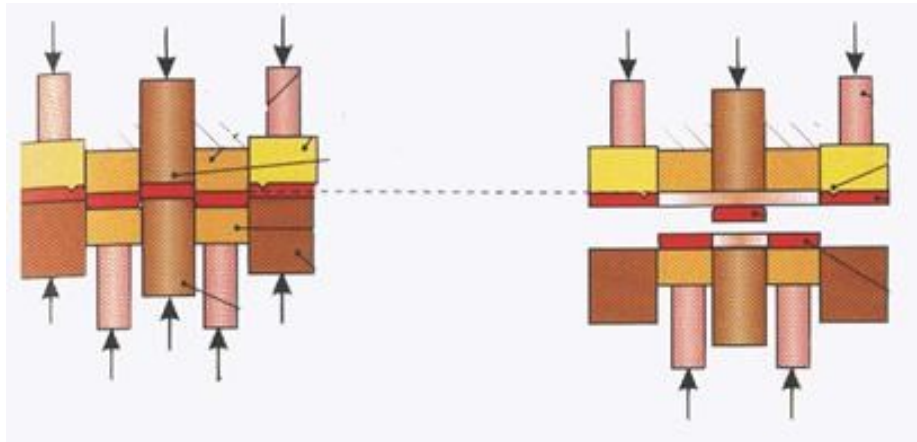


Stříhání s přídržovačem

Stříhání s nátlačnou hranou

Obr. 21. Stříhání s přídržovačem a s nátlačnou hranou [4]

Reversní stříhání – je založeno na upnutí polotovaru tak, že se neprojevují tahové složky napjatosti.



Obr. 22. Reversní stříhání [4]

Stříhání se zápornou vůlí – je proces, kdy střížník nepronikne do otvoru ve střížnici. Průměr střížníku je zhruba o 0,1 až 0,2% tloušťky plechu větší než průměr střížnice. Střížník musí zůstat nad rovinou střížnice ve vzdálenosti 0,2 až 0,5 mm a tím vyvolává v materiálu tlakové napětí, kdy však střížná síla je větší. [4]

2.10 Nástroje pro stříhání

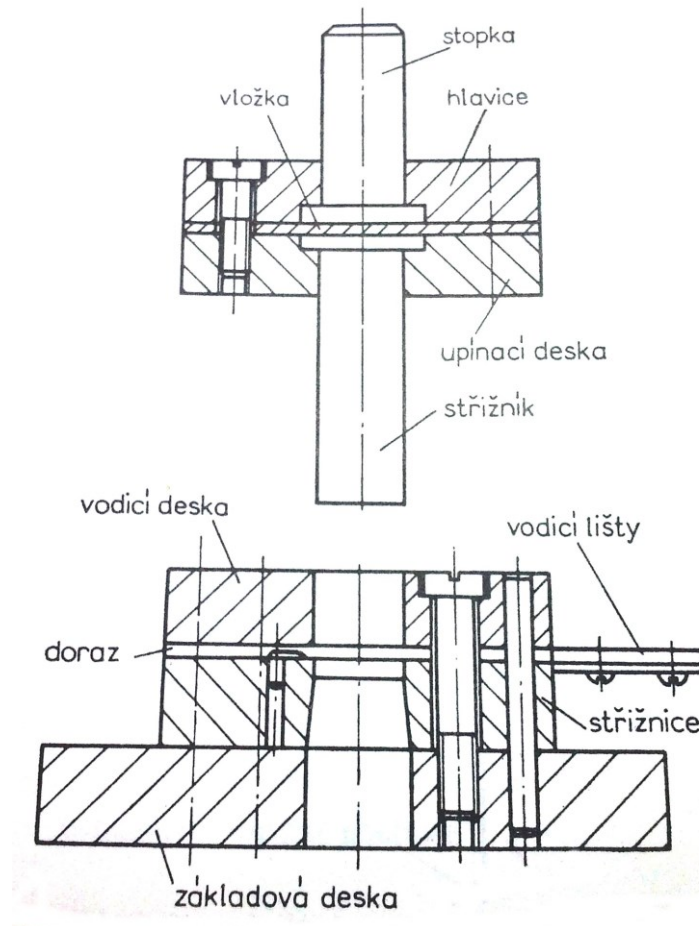
Nástroje pro stříhání, stříhadla, mají pevnou dolní část a pohyblivou horní část. Tvoří je několik součástí a jejich úkolem je spojit střížník s beranem lisu, střížnici se stolem lisu, zajistit vedení obou částí vůči sobě, zajistit vedení materiálu v nástroji a jeho posuv o rozteč výlisku, tj. o krok. [10]

Nástroje pro stříhání můžeme rozdělit podle počtu operací na:

- a) jednoduché
- b) postupové
- c) sloučené
- d) sdružené
- e) sdružené postupové [4]

2.10.1 Jednoduché střížné nástroje

Je určen pro jednu operaci.

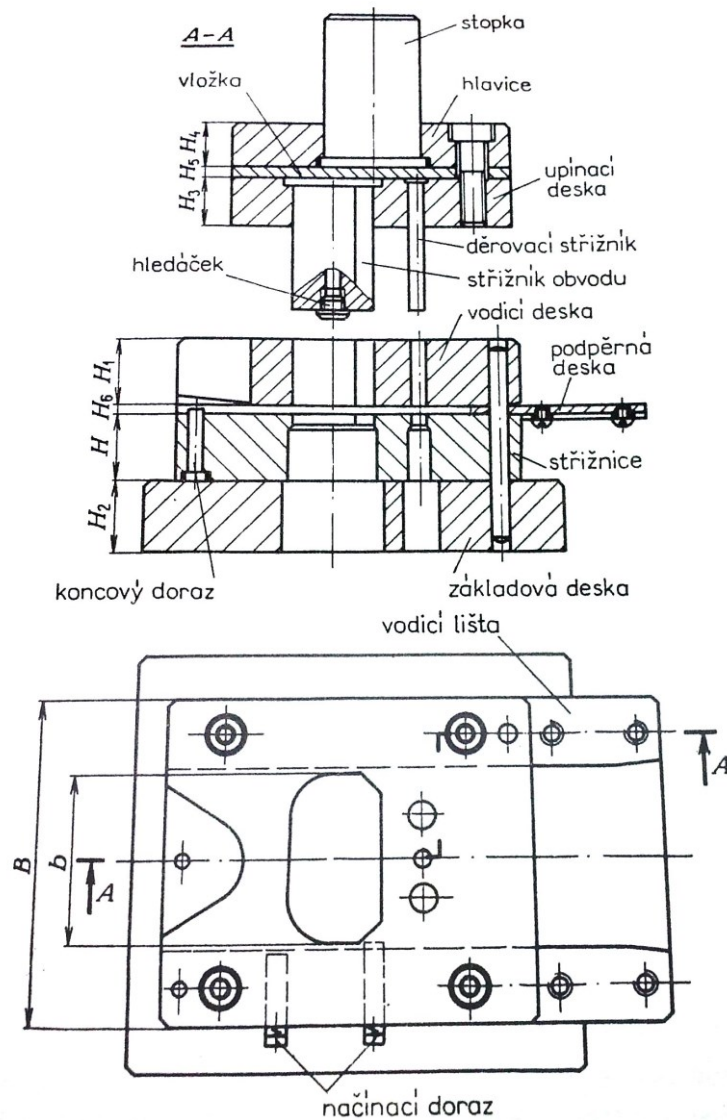


Obr. 23. Jednoduchý střížný nástroj [10]

Při každém zdvihu beranu lisu je zhotoven jeden výlisek. Je-li střížník dost velký, může být upraven ve stopku a upnut přímo v beranu lisu. Většinou je upevněn v hlavici. Ta je spojena s upínací deskou šrouby. Kalená vložka brání zamačkování střížníku do hlavice. Stopky se upevní nákrůžkem, závitem apod. Dolní část nástroje má střížnici se základovou deskou spojenou šrouby a kolíky. Základová deska se upne ke stolu lisu. Pro menší nároky mají šrouby válcovitou hlavu, jinak hlavu s vnitřním šestihranem. Vodicí deska vede střížník a má zároveň funkci stírače odpadu. Pás je veden vodicími lištami a jeho správný krok zajišťuje doraz. Jsou-li požadovány přesnější výlisky, vede se horní část nástroje vodicími sloupky. Odpad obvykle odstraní pružný stírač, který tvoří deska spojená s horní částí nástroje svorníky a pružinami. [10]

2.10.2 Postupové střížné nástroje

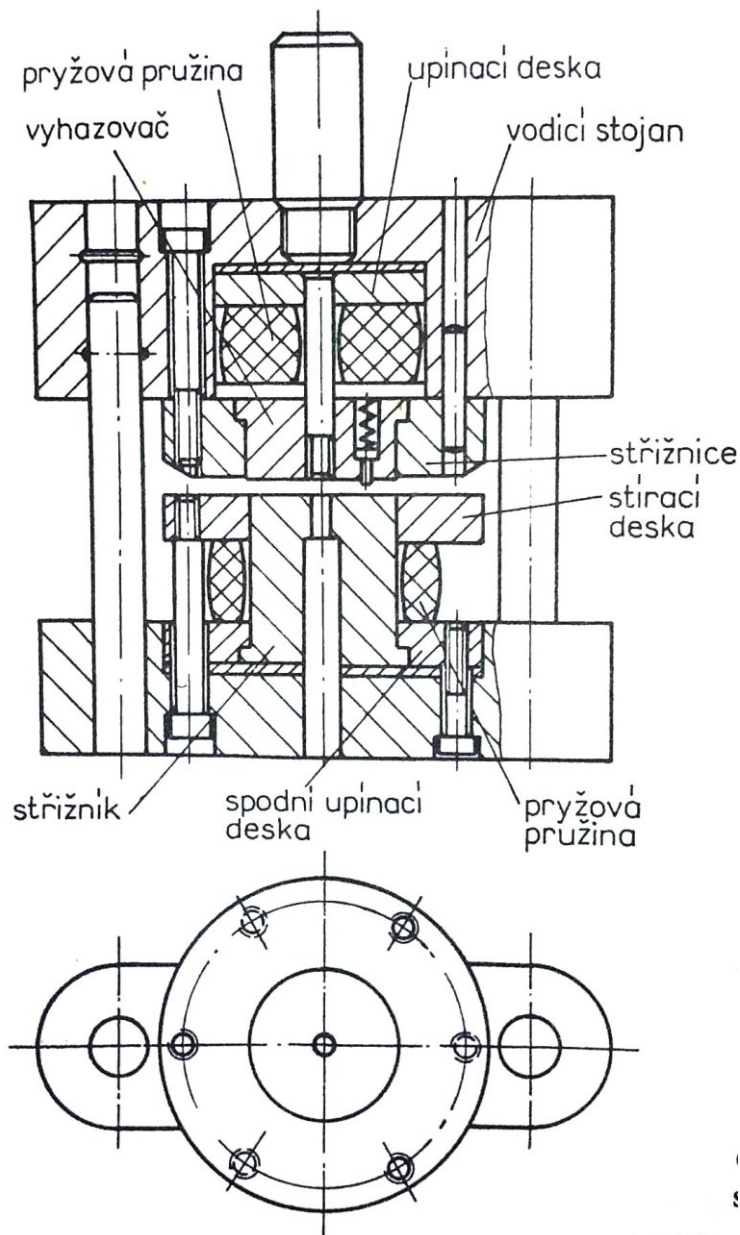
Mají stejné funkční součásti jako jednoduché střížné nástroje. Nástroj se dvěma střížníky je na obr. 25. Čím má výlisek složitější tvar, tím má také více střížníků. Z nového pásu se první výstřížek získá po tolika zdvizech beranu, kolik je kroků. Pak se již při každém zdvihu beranu získá výlisek.



Obr. 24. Postupový střížný nástroj [10]

Pro přesnější zajištění polohy pásu pod střížníkem obvodu má nástroj hledáček, umístěný většinou ve střížníku obvodu. Hledáček zapadne před stříháním obvodu výstřížku do vystřížené díry a upraví polohu pásu. Upínací stopka se umístí do působivé sil od střížníku. Vedení pásu se zlepší podpěrnou deskou. Nařinací doraz pracuje jen při vložení nového pásu. [10]

2.10.3 Sloučené střížné nástroje



Obr. 25. Sloučený střížný nástroj [10]

Na sloučených střížných nástrojích se součást děruje a současně vystřihuje bez posouvání pásu na jeden zdvih nástroje. Používají se pro rovné, přesnější výlisky a zpravidla také pro větší výlisky. [2, 10]

2.10.4 Sdružené střížné nástroje

Sdružené nástroje konají různorodé operace, např. stříhání spojené s následujícím tažením, nebo tažení spojené s odstřížením okraje výtažku, stříhání a ohýbání apod. [10]

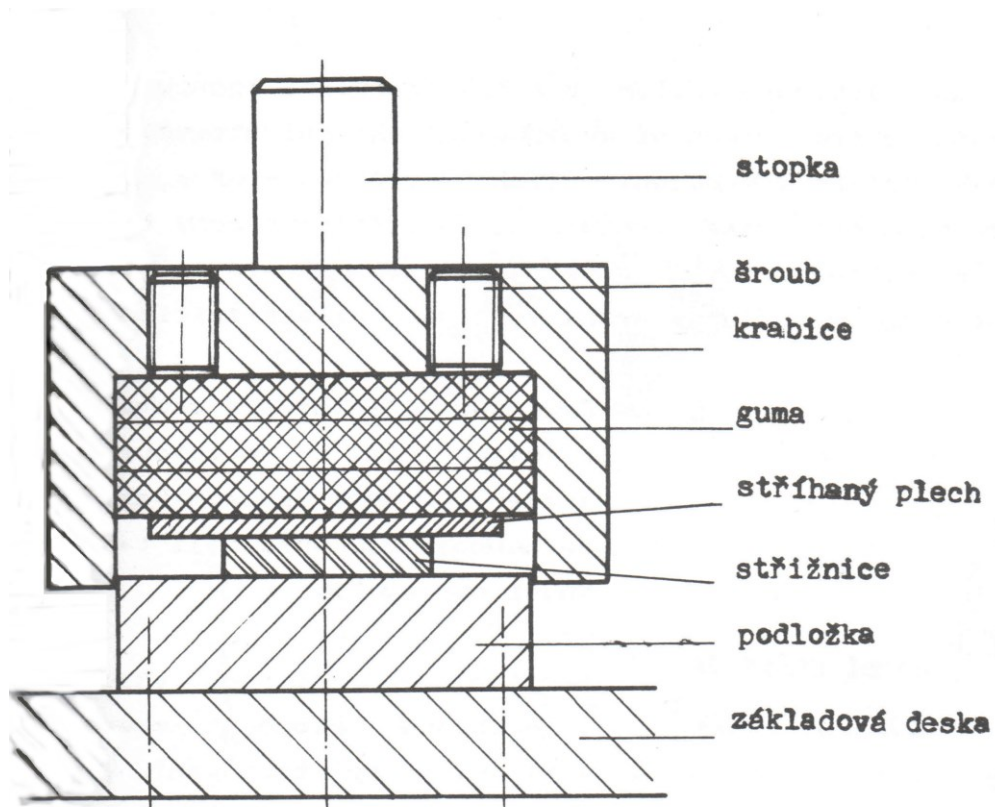
2.11 Speciální způsoby stříhání

Mezi speciální způsoby stříhání patří:

- a) stříhání pomocí pryže
- b) stříhání se zvýšenou rychlostí

2.11.1 Stříhání pomocí pryže

Tento způsob se používá na menší série součástek z tenkých plechů. Nástrojem je zde ocelová deska o tloušťce 6 až 10mm, jejíž obrys je shodný s obrysem konečného výrobku. Protinástrojem je pryž, která je buď uzavřená v rámu, nebo volně položená na součástku. Pryžová deska má tloušťku asi 150mm a je složená z více kusů.



Obr. 26. Stříhadlo k vystříhování gumou [7]

Nástrojem na stříhání gumou lze dělat operace ostříhování, děrování otvorů, sloužené operace ostříhování a děrování.

Výhody tohoto způsobu stříhání jsou:

- velmi jednoduchý a laciný nástroj, rychlá příprava výroby
- možnost stříhat mnoho různých součástek současně, jsou-li z téhož materiálu a střížné desky stejně vysoké
- stříhání lze snadno spojit s ohýbáním, nebo tažením do jedné operace

Nevýhodou je:

- dost velký odpad materiálu (nutný přesah materiálu)
- omezená tloušťka plechu [3,4]

2.11.2 Stříhání se zvýšenou rychlostí

Stříhání se zvýšenou rychlostí je založeno na zmenšení objemu s vyčerpanou plasticitou na minimum. Dráhy trhlin od střížných hran jsou velmi blízké a výsledkem jsou kolmé a rovinné střížné plochy. To vše je možné pouze při kritických rychlostech, pro uhlíkové oceli kolem 3 až 5 m·s⁻¹

3 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI PRÁCE

Teoretická část práce se zabývala popisem technologie tváření se zaměřením především na technologii stříhání. Konkrétní kapitoly se věnovaly:

- tváření materiálů, kde jsem se zaměřil na
 - zákony tvárné deformace
 - základní rozdělení tváření
 - materiály určené k tváření
- stříhání, kde jsem popisoval
 - princip stříhání
 - popis střížné plochy, síly, práce, vůle
 - nástřihový plán
 - základní operace stříhání
 - nástroje pro stříhání

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE BAKALAŘSKÉ PRÁCE

Úkolem této části práce je navrhnout postupový střížný nástroj pro zadanou součást. Především vypracovat:

1) Technickou zprávu

- nákres součásti + zakótování
- nástřížný plán, volba můstku, odpadu, kroku a šířky pásu
- vypočítat ekonomii vystřihování pro 2 varianty rozmístění součásti na pásu
- určení střížné vůle
- určení velikosti a typu stroje
- výpočet rozměrů střížných nástrojů
- určení polohy stopky
- návrh rozměrů a materiálů jednotlivých částí stříhadla
- pevnostní kontrola střížníku
- návrh dorazů

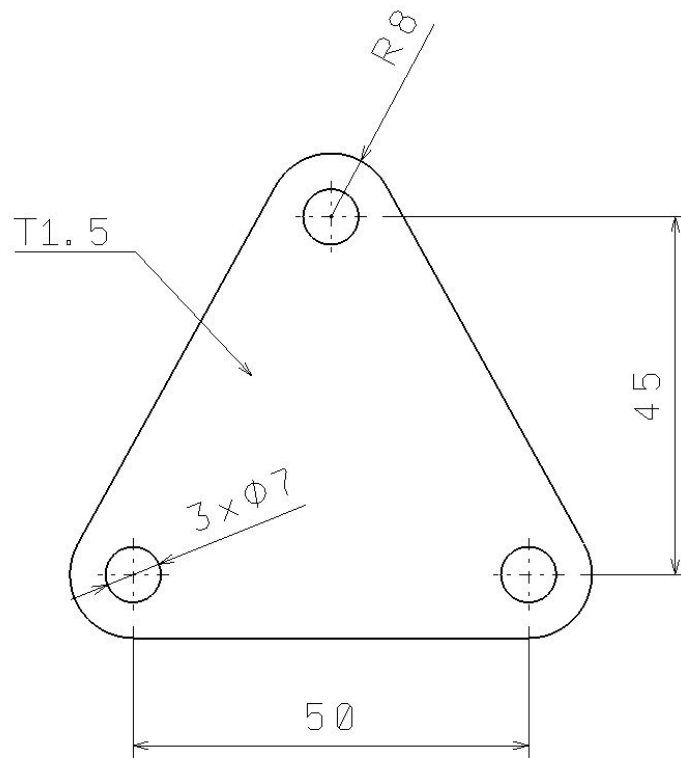
2) Konstrukce sestavy nástroje ve zvoleném 3D programu

3) Zpracování výkresové dokumentace

5 TECHNOLOGICKÁ ČÁST

5.1 Zadání součásti

Jedná se pouze o modelovou součást určenou pro bakalářské práce, bez následného praktického využití.



Obr. 27. Výkres součásti

Zadáno:

- tloušťka plechu - 1,5 mm
- počet vystříhovaných kusů - 300 ks
- drsnost střížné hrany Ra - 3,2 μ m
- materiál - 11 373

5.1.1 Analýza materiálu

11 373 - jedná se o ocel konstrukční s mezí pevnosti 340 až 440 MPa, tvrdostí podle Brinella max 225. Svařitelnost je zaručená. Používá se na jednoduché, mírně namáhané,

kované, lisované, za studena ohýbané součásti, plechy na strojní konstrukce, profilové materiály. Na součásti vystavené teplotě do 300°C . [12]

5.2 Nástřihový plán

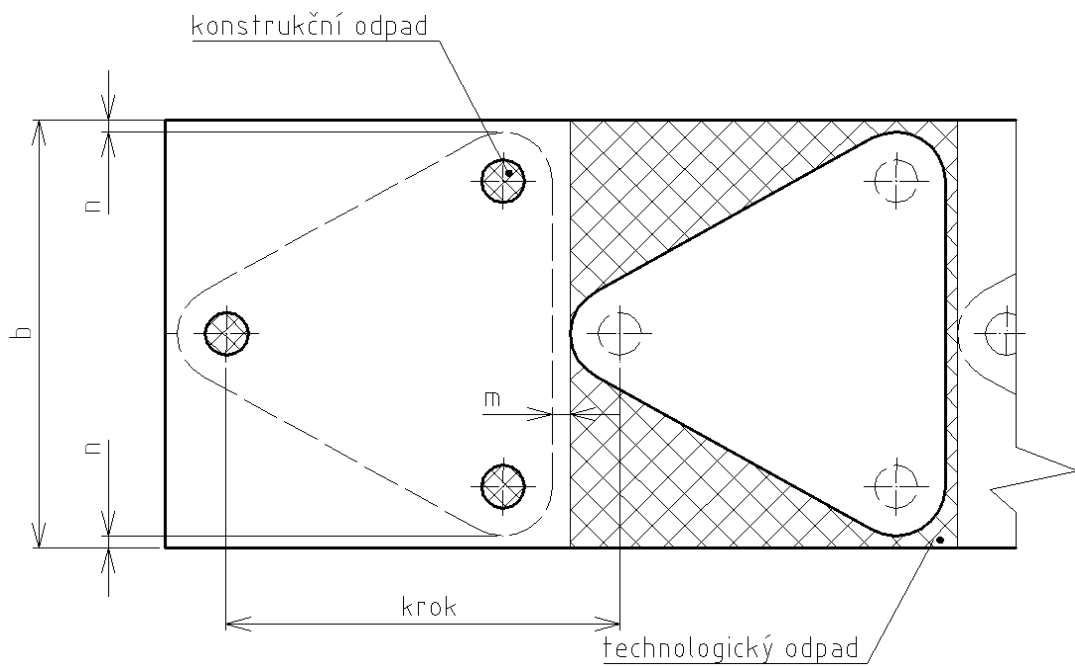
5.2.1 Volba velikosti můstku, šířky pásu a okraje pásu, kroku

Dle ČSN 22 6015, tloušťky plechu 1,5 mm a materiálu 11 373 volím velikost:

- a) můstku - $m = 3 \text{ mm}$
- b) šířky okraje - $n = 2 \text{ mm}$

5.2.2 1. varianta

Volím přímý nástřihový plán s přepážkou.



Obr. 28. Nástřihový plán 1. varianta

Volím vstřícný krok $k = 64 \text{ mm}$.

Šířka pásu $b = \text{délka součásti} + 2 \cdot n = 70 \text{ mm}$

5.2.3 Výpočet ekonomie stříhání 1. varianta

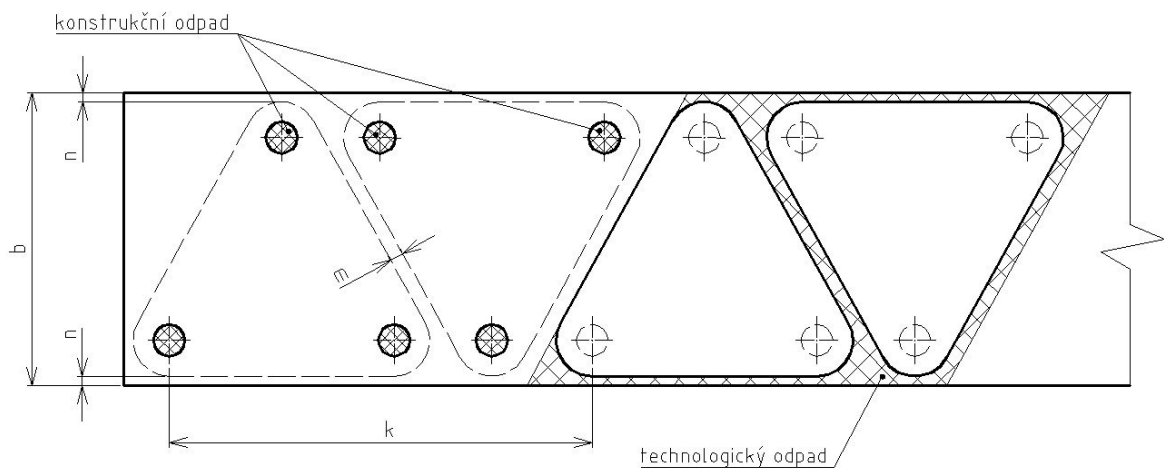
$$X_1 = \frac{Sv_1}{Sc_1} \cdot 100 = \frac{2000}{63 \cdot 70} = \frac{2000}{4410} = 45,4\%$$

Kde: $Sv_1 = 2000\text{mm}^2$ – zjištěno z programu Catia – obsah výstřížku

Sc_1 – plocha pásu

5.2.4 2. varianta

Volím jednořadý nástřihový plán s přepážkou.



Obr. 29. Nástřihový plán 2. varianta

Volím vstřicný krok $k = 94\text{mm}$

Šířka pásu $b = \text{délka součásti} + 2 \cdot n = 65\text{ mm}$

5.2.5 Výpočet ekonomie stříhání 2. varianta

$$X_2 = \frac{Sv_2}{Sc_2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 2000}{94 \cdot 65} = \frac{4000}{6110} = 65,5\%$$

5.2.6 Zhodnocení nástřihových plánů

Z ekonomického hlediska je výhodné, aby využití materiálu bylo větší než 60 až 70%. Toto hledisko splňuje 2. varianta. I přes tento poznatek volím 1. variantu nástřihového plánu, z důvodu potřebné menší střížné síly a menších rozměrů nástroje, než by bylo pro variantu č.2.

5.3 Silové poměry

5.3.1 Teoretická střížná síla

Teoretickou střížnou sílu počítáme ze vzorce:

$$F_s = l \cdot s \cdot \tau_s \quad (4.1)$$

Kde: F_s – teoretická střížná síla (N)

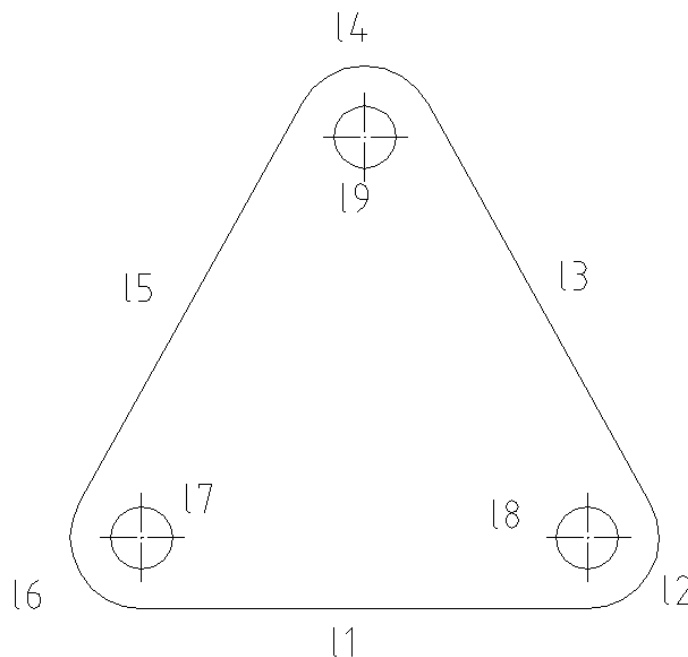
l – střížný obvod (mm)

s – tloušťka materiálu (mm)

τ_s – pevnost materiálu ve stříhu (MPa)

Je potřeba vypočítat střížnou sílu na vystřížení obvodu součásti a tři střížné síly pro děrování obvodu.

Výpočet délek střížných obvodů:



Obr. 30. Délka střížného obvodu

$$L_1 = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 = 50 + \frac{120 \cdot \pi \cdot 8}{180} + 51,3 + \frac{120 \cdot \pi \cdot 8}{180} + 51,3 + \frac{120 \cdot \pi \cdot 8}{180} = 203 \text{ mm}$$

$$L_2 = l_7 = \frac{\pi \cdot 7^2}{4} = 38,5 \text{ mm}$$

$$L_3 = l_8 = \frac{\pi \cdot 7^2}{4} = \mathbf{38,5mm}$$

$$L_4 = l_9 = \frac{\pi \cdot 7^2}{4} = \mathbf{38,5mm}$$

Stanovení meze pevnosti ve střihu:

Mez pevnosti ve střihu určujeme podle vzorce:

$$\tau_s = 0,8 \cdot Rm \quad (4.2)$$

kde Rm je mez pevnosti, který stanovíme dle materiálu

Pro materiál 11 373 $\Rightarrow Rm = 340$ až 440MPa [12].

$$\tau_s = 0,8 \cdot Rm = 0,8 \cdot 400 = \mathbf{320\text{MPa}}$$

Teoretická střížná síla:

$$Fs_1 = L_1 \cdot s \cdot \tau_s = 203 \cdot 1,5 \cdot 320 = \mathbf{97\ 440\text{N}}$$

$$Fs_2 = L_2 \cdot s \cdot \tau_s = 38,5 \cdot 1,5 \cdot 320 = \mathbf{18480\text{N}}$$

$$Fs_3 = L_3 \cdot s \cdot \tau_s = 38,5 \cdot 1,5 \cdot 320 = \mathbf{18480\text{N}}$$

$$Fs_4 = L_4 \cdot s \cdot \tau_s = 38,5 \cdot 1,5 \cdot 320 = \mathbf{18480\text{N}}$$

5.3.2 Skutečná střížná síla

Skutečná střížná síla je větší. Zjišťuje se obvykle zkouškami a do výpočtu jej zahrnujeme opravným součinitelem, který se volí od 1,3 do 1,7.

$$F = Fs \cdot k \quad (4.3)$$

Velikost koeficientu k volím 1,4

$$F_1 = Fs_1 \cdot k = 97440 \cdot 1,4 = \mathbf{136\ 416\text{N}}$$

$$F_2 = Fs_2 \cdot k = 18480 \cdot 1,4 = \mathbf{25\ 872\text{N}}$$

$$F_3 = Fs_3 \cdot k = 18480 \cdot 1,4 = \mathbf{25\ 872\text{N}}$$

$$F_4 = F_{S_4} \cdot k = 18480 \cdot 1,4 = 25\,872\text{N}$$

5.3.3 Celková střížná síla

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 214\,032\text{N}$$

5.3.4 Síla potřebná k setření výstřížku

$$F_{st} = 0,02 \cdot F \quad (4.4)$$

$$F_{st} = 0,02 \cdot 214032 = 4\,280,6\text{N}$$

5.3.5 Síla potřebná k vytlačení výstřížku

$$F_v = 0,02 \cdot F_s \quad (4.5)$$

$$F_v = 0,02 \cdot 214032 = 4\,280,6\text{N}$$

5.3.6 Určení síly lisu

Při určování stroje, na kterém budeme vyrábět danou součást, je důležité znát jak rozměry střížného nástroje, tak sílu, kterou musí stroj vynaložit na vystřížení součásti. Tuto sílu stanovíme jako součet skutečné střížné síly, síly potřebné k vytlačení a setření výstřížku.:

$$F_l = F + F_{st} + F_v \quad (4.6)$$

$$F_l = 214032 + 4280,6 + 4280,6 = 222\,593,3\text{N}$$

Budeme potřeba Lis, který vynaloží sílu alespoň 222 594N.

5.4 Určení střížné vůle

Přibližnou střížnou vůli můžeme určit buď pomocí vztahu:

$$v = k_v \cdot s \quad (4.7)$$

Nebo pomocí tabulky s doporučenými hodnotami. Svou hodnotu střížné vůle určíme z tabulky z literatury [2] kde pro ocel 11 373 (středně tvrdou ocel) a tloušťku materiálu 1,5mm odpovídá minimální vůle $v_{\min}=0,09\text{mm}$ a maximální vůle $v_{\max}=0,162\text{mm}$. Udané

hodnoty jsou ovšem počáteční, během výrobního procesu se vlivem otěru a jiných mechanických namáhání zvyšují.

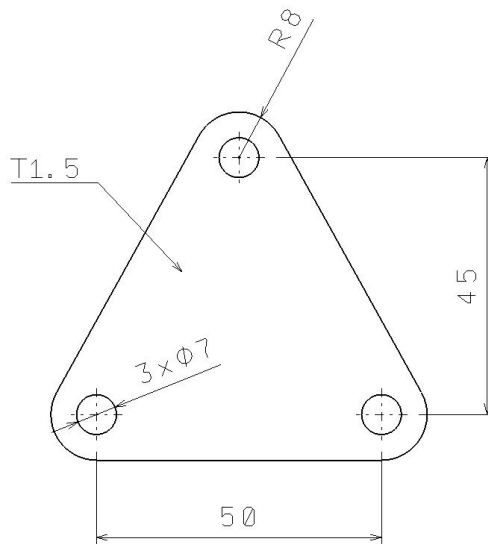
V_{\min}, V_{\max} → jedná se o nejmenší, resp. největší dosahované hodnoty.

Volím střížnou vůli $v = 0,1\text{mm}$.

5.5 Určení rozměrů střížníku a střížnice

Stříhání otvorů – při stříhání otvorů, vycházíme z rozměrů střížníku, proto u stříhání otvorů počítáme rozměry střížníku jako první.

Stříhání tvarů – se naopak vychází z rozměrů střížnice a z toho důvodu počítáme jako první rozměry střížnice.



Obr. 31. Rozměry a tolerance výstřížku

Na zadané součásti se nenachází žádné tolerované rozměry. Při určování tolerancí vycházím z ČSN ISO 2768-1 (Mezní úchytky netolerovaných rozměrů – střední přesnost)

5.5.1 Určení tolerance nástroje (střížníku a střížnice)

Toleranci nástroje stanovíme ze vztahu:

$$T_n = 0.1 \cdot v \quad (4.8)$$

Střížnou vůli jsme určili v kapitole 3.4 → $v = 0,09$ až $0,162\text{mm}$ volím střížnou vůli $0,1\text{mm}$

$$T_n = 0.1 \cdot 0,1 = 0,01\text{mm}$$

5.5.2 Děrování

Děrování rozměru $\varnothing 7$:

Dle ISO 2768-1 je T_v (tolerance výrobku) = 0,4mm

$$D_{KU} = (HMR - 0,1 \cdot T_v)^{-T_n} \quad (4.9)$$

$$D_{CE} = (HMR - 0,1 \cdot T_v + v)^{+T_n} \quad (4.10)$$

Kde: D_{KU} – rozměr střížníku (mm)

D_{CE} – rozměr střížnice (mm)

HMR – horní mezní rozměr výrobku (mm)

$$D_{KU} = (7,2 - 0,1 \cdot 0,4)^{-0,01} = 7,16^{-0,01} \text{ mm}$$

$$D_{CE} = (7,2 - 0,1 \cdot 0,4 + 0,1)^{+0,01} = 7,34^{+0,01} \text{ mm}$$

5.5.3 Vystřihování

$$D_{CE} = (DMR + 0,1 \cdot T_v)^{+T_n} \quad (4.11)$$

$$D_{KU} = (DMR + 0,1 \cdot T_v - v)^{-T_n} \quad (4.12)$$

Kde: D_{KU} – rozměr střížníku (mm)

D_{CE} – rozměr střížnice (mm)

DMR – dolní mezní rozměr výrobku (mm)

Vystřihování rozměru 45mm:

Dle ISO 2768-1 je $T_v = 0,6$ mm

$$D_{CE} = (44,7 + 0,1 \cdot 0,6)^{+0,01} = 44,76^{+0,01} \text{ mm}$$

$$D_{KU} = (44,7 + 0,1 \cdot 0,6 - 0,1)^{-0,01} = 44,66^{-0,01} \text{ mm}$$

Vystřihování rozměru R8:

Dle ISO 2768-1 je $T_v = 0,4$ mm

$$D_{CE} = (7,8 + 0,1 \cdot 0,4)^{+0,01} = 7,84^{+0,01} \text{ mm}$$

$$D_{KU} = (7,8 + 0,1 \cdot 0,4 - 0,1)^{-0,01} = 7,74^{-0,01} \text{ mm}$$

Vystřihování rozměru 50:

Dle ISO 2768-1 je $T_v = 0,6 \text{ mm}$

$$D_{CE} = (49,7 + 0,1 \cdot 0,6)^{+0,01} = 49,76^{+0,01} \text{ mm}$$

$$D_{KU} = (49,7 + 0,1 \cdot 0,6 - 0,1)^{-0,01} = 49,66^{-0,01} \text{ mm}$$

5.6 Určení polohy stopky

Stopka slouží k upevnění pohyblivé části nástroje do beranu lisu. Musí být upevněna v těžišti všech působících sil, aby se předešlo namáhání lisu a nástrojů klopnými momenty a tím nadměrném opotřebí.

Pro výpočet těžiště střížných sil je důležité si :

- stanovit vhodnou soustavu souřadnic
- střížná síla je přímo úměrná délce střížné čáry, proto budeme pracovat s délkami střížných hran, u nichž polohu jejich těžiště známe.
- vyznačíme si souřadnice těžišť jednotlivých střížných čar
- následuje výpočet těžiště střížných sil

Pro osu X:

$$X_T = \frac{\sum_1^n x_i \cdot l_i}{l} \text{ [mm]} \quad (4.13)$$

Pro osu Y:

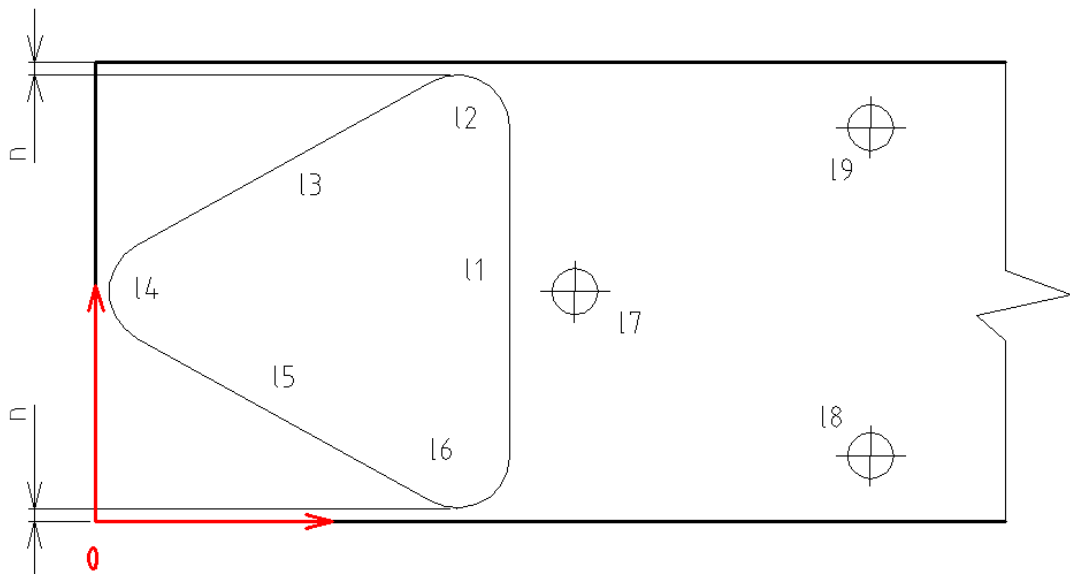
$$Y_T = \frac{\sum_1^n y_i \cdot l_i}{l} \text{ [mm]} \quad (4.14)$$

Kde: X_T, Y_T – poloha těžiště v ose x, y

x_i, y_i – souřadnice střížných hran v ose x, y

l_i – délky střížných hran

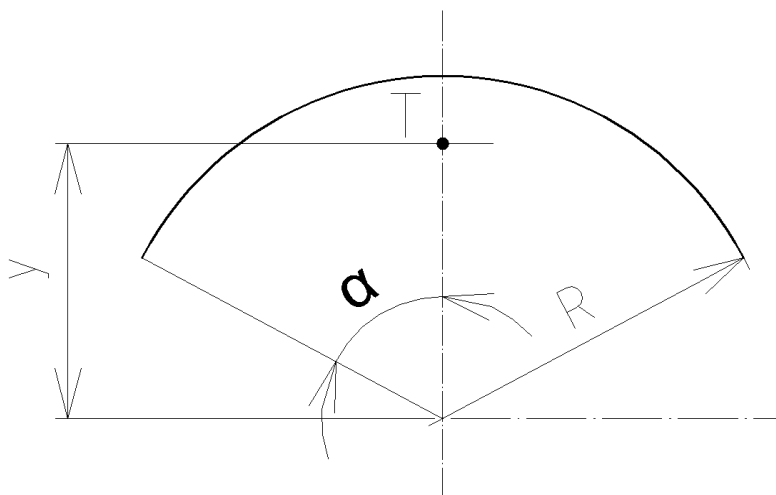
l – celková délka střížných hran



Obr. 32. Určení polohy stopky – délky střížných hran

Výpočet těžiště kruhového oblouku:

$$y = R \cdot \frac{\sin \alpha}{\frac{\pi}{180} \cdot \alpha} \quad (4.15)$$



Obr. 33. Délka kruhového oblouku

Tab.1 Délky střížných hran a jejich souřadnice v osách x, y

	l_i [mm]	x_i [mm]	y_i [mm]
11	50	63	35
12	16,76	58,4	65,7
13	51,3	28,7	54,5
14	16,76	3,4	35
15	51,3	28,7	15,5
16	16,76	58,3	4,3
17	21,99	74	35
18	21,99	119	10
19	21,99	119	60
1	268,85		

Určení polohy stopky v ose X:

$$X_T = \frac{50 \cdot 63 + 16,76 \cdot 58,4 + 51,3 \cdot 28,7 + 16,76 \cdot 3,4 + 51,3 \cdot 28,7 + 16,76 \cdot 58,3 + 21,99 \cdot 74 + 21,99 \cdot 119 + 21,99 \cdot 119}{268,85}$$

$$\mathbf{X_T = 55,68mm}$$

Určení polohy stopky v ose Y:

$$Y_T = \frac{50 \cdot 35 + 16,76 \cdot 65,7 + 51,3 \cdot 54,5 + 16,76 \cdot 35 + 51,3 \cdot 15,5 + 16,76 \cdot 4,3 + 21,99 \cdot 35 + 21,99 \cdot 10 + 21,99 \cdot 60}{268,85}$$

$$\mathbf{Y_T = 35mm}$$

5.7 Pevnostní kontrola střížníku

Střížníky jsou funkční části stříhadla a bývají namáhány na tlak, vzpěr a oťer.

5.7.1 Kontrola na tlak

$$\sigma_D = \frac{F}{S} \leq \sigma_{DOV} \quad (4.16)$$

Kde: σ_D - napětí v tlaku ve střížníku (MPa)

F - skutečná střížná síla (N)

S - plocha čela střížníku (mm²)

σ_{DOV} -dovolené napětí ve střížníku (MPa) -pro nástrojové oceli = 1200 až 1600MPa

Kontrola vystřihovacího střížníku:

$$\sigma_D = \frac{F_1}{S_v} = \frac{136416}{2115,5} = 64,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D \leq \sigma_{DOV} \Rightarrow 64,5 \leq 1200 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola děrovacího střížníku:

$$\sigma_D = \frac{F_2}{S_o} = \frac{25872}{38,5} = 672,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D \leq \sigma_{DOD} \Rightarrow 672,27 \leq 1200 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.7.2 Kontrola na vzpěr

Slabé a dlouhé střížníky jsou namáhány vzpěrem a mohou vybočit z osy. Kontrolujeme většinou střížník nejmenšího průřezu.

$$F_{KR} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{l_v^2} \quad (4.17)$$

Kde: F_{KR} - kritická síla působící na střížník (N)

E - modul pružnosti, pro ocel $E=2,1 \cdot 10^5$ (MPa)

I - moment setrvačnosti průřezu střížníku, pro kruhový průřez $I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$ (mm⁴)

l_v - volná délka střížníku, volíme ji 10 až 20 (mm)

$$F_{KR} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 117,9}{20^2} = 1\,221\,807,7\text{N}$$

Jestliže kritická síla:

$$F_{KR} > n \cdot F_2$$

Kde: n - je součinitel bezpečnosti a pro kalené střížníky se volí 2 až 3

$$1221807,7 > 3 \cdot 25872$$

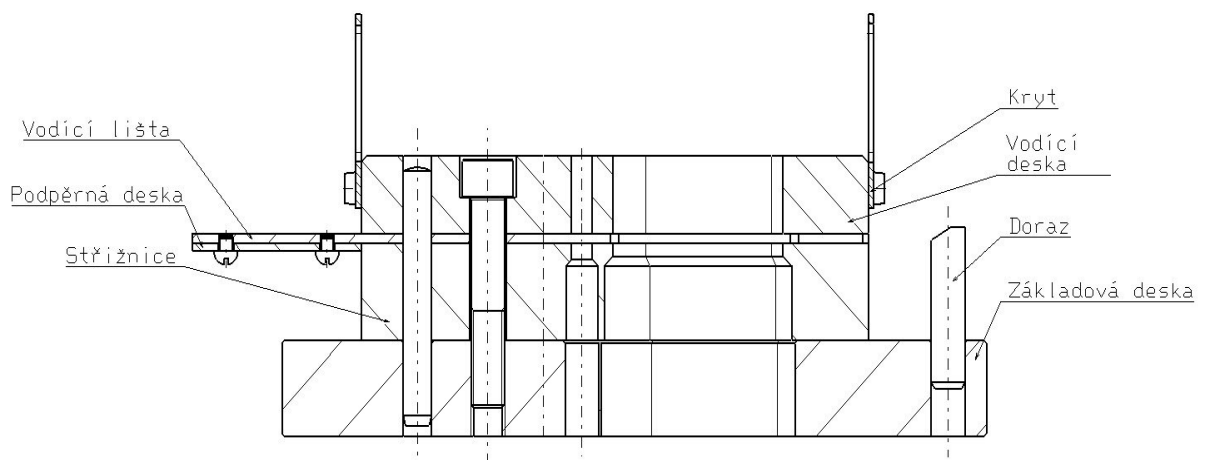
$$1221807,7 > 77616 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.8 Návrh rozměrů desek, materiálů

Při návrhu rozměrů jednotlivých desek střížného nástroje je nutné nejprve určit rozměry střížnice a poté empirickými vztahy dopočítat zbylé rozměry desek.

5.8.1 Pevná část střížného nástroje

Pevná část nástroje se upíná na pracovní stůl stroje.



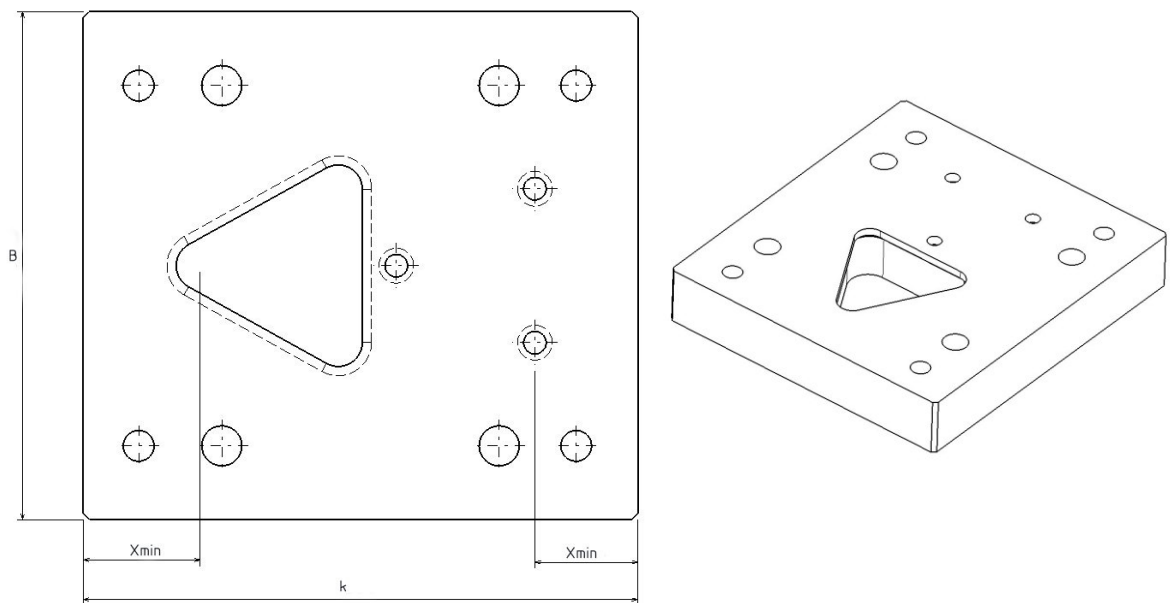
Obr. 34. Pevná část nástroje

Střížnice:

Jedná se o nejdražší funkční část nástroje. Výška střížnice H nemá být menší než 15mm. Často se určuje podle největší šířky střížného otvoru “ b ” ve směru kolmém na směr pohybu materiálu [10]

$$50\text{mm} < b < 200\text{mm} \Rightarrow H = (0,35 \text{ až } 50) \cdot b \quad (4.18)$$

$$H = 0,5 \cdot 60 = \mathbf{30\text{mm}}$$



Obr. 35. Střížnice

Šířka střížnice B se volí také podle šířky střížného otvoru b .

$$B = b + (2,5 \text{ až } 4) \cdot H \quad (4.19)$$

$$B = 60 + (3,5) \cdot 30 = \mathbf{165\text{mm}}$$

Délka střížnice se určuje z konstrukčního návrhu stroje, závisí na rozmístění stříhů, rozmístění šroubů atd. Je pravidlo, že vzdálenost střížného otvoru od kraje „ X_{\min} “ nemá být menší než 30mm

Délku střížnice volím $k = \mathbf{180\text{mm}}$

Rozměry střížnice: $B \times K \times H_s = \mathbf{165 \times 180 \times 30\text{mm}}$

Materiál střížnice volím ocel **19 312.4**

Jedná se o nízkolegovanou ocel ke kalení v oleji, s velmi dobrou stálostí rozměrů při tepelném zpracování, dobrou houževnatostí a odolností proti opotřebení. Dobře obrobitelná. Pro tvarově složité výstřižky. [12]

Vodící deska:

Vodící deska slouží k dokonalému vedení střižníku, stírání materiálu při zpětném zdvihu beranu a jako doraz čela střižníku. [1]

Výška vodící desky se vypočítá ze vztahu:

$$H_1 = (0,8až1) \cdot H \quad (4.20)$$

$$H_1 = 0,8 \cdot 30 = \mathbf{24mm}$$

Rozměry vodící desky: $B \times K \times H_1 = \mathbf{165 \times 180 \times 24mm}$

Materiál vodící desky volím **11 500.3**

Jedná se o konstrukční ocel, určenou pro strojní součásti namáhané staticky i dynamicky. Doplnková číslice označuje žíhání na měkko

Základová deska:

Slouží k upevnění nástroje ke stolu lisu, tlumení tvrdších rázů a vyrovnání nerovnosti stolu lisu.

Základová deska se volí tloušťky:

$$H_2 = (1až1,5) \cdot H \quad (4.21)$$

$$H_2 = 1 \cdot 30 = \mathbf{30mm}$$

Šířka se dá určit ze vztahu:

$$B_1 = B + 40až70 \quad (4.22)$$

$$B_1 = 165 + 40 = \mathbf{205mm}$$

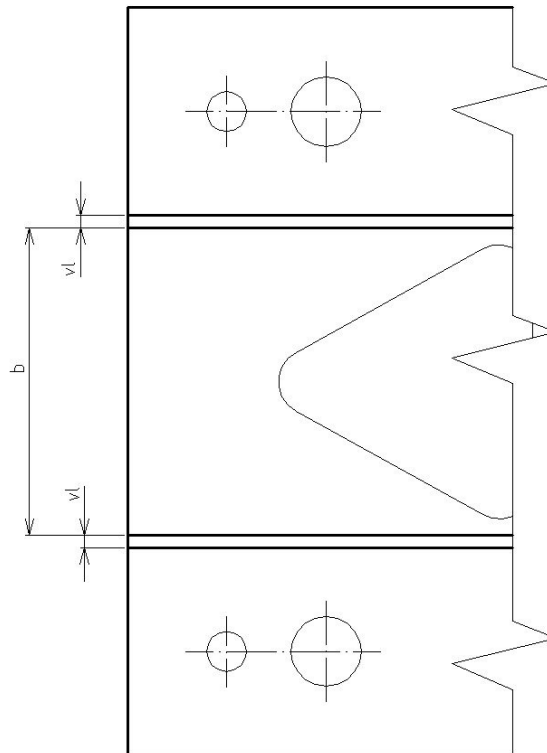
Délku základové desky volím **250mm**

Rozměry základové desky: $B_1 \times K_1 \times H_2 = \mathbf{205 \times 250 \times 30mm}$

Materiál základové desky volím **11 500**

Vodící lišty:

Vodící lišty slouží k vedení materiálu v nástroji. Vzdálenost lišt je dána šířkou materiálu zvětšenou o vůli lišt v_l .



Obr. 36. Vůle vodících lišt

Pro šířku pásu $b < 100\text{mm} \Rightarrow v_l = 0.5$ až 1mm , pro $b > 100\text{mm} \Rightarrow 1$ až 1.5mm

Pro šířku pásu 70mm , volím vůli mezi lištami $v_l = \mathbf{0.5\text{mm}}$

Tloušťka vodících lišt zjistím ze vztahu:

$$H_3 = 2 \cdot s \quad (4.23)$$

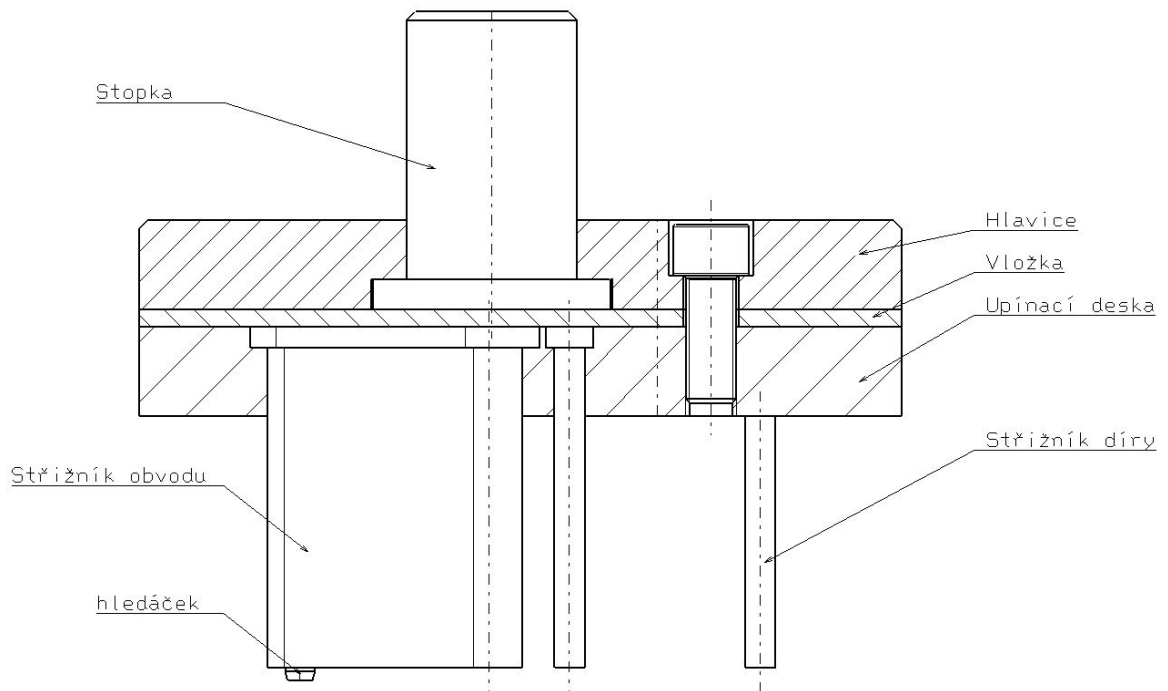
Kde s - tloušťka materiálu

$$H_3 = 2 \cdot 1,5 = \mathbf{3\text{mm}}$$

Rozměry vodících lišt: $B_2 \times K_2 \times H_3 = \mathbf{47 \times 240 \times 3\text{mm}}$

Materiál vodících lišt volím **11 500**

5.8.2 Pohyblivá část střížného nástroje



Obr. 37. Pohyblivá část nástroje

Pohyblivá část nástroje je upevněná stopkou nástroje do beranu lisu a koná střížná pohyb. Zpětný pohyb je zajištěn setrvačností beranu lisu.

Upínací deska:

Slouží k upnutí střížníku.

Tloušťka se určí ze vztahu:

$$H_4 = (0,6 \text{ až } 0,8) \cdot H \quad (4.24)$$

$$H_4 = 0,7 \cdot 30 = \mathbf{21 \text{ mm}}$$

Rozměry upínací desky: $B_3 \times K_3 \times H_4 = \mathbf{165 \times 180 \times 21 \text{ mm}}$

Materiál upínací desky: **11 500**

Hlavice:

V hlavici je upevněna stopka pro spojení nástroje s beranem lisu.

Tloušťka se určí ze vztahu:

$$H_5 = (0,6 \text{ až } 0,8) \cdot H \quad (4.25)$$

$$H_5 = 0,7 \cdot 30 = \mathbf{21 \text{ mm}}$$

Rozměry upínací desky: $B_4 \times K_4 \times H_5 = \mathbf{165 \times 180 \times 21 \text{ mm}}$

Materiál hlavice: **11 500**

Vložka:

Se používá u nástrojů se střížníky menší tloušťky a je uložena mezi upínací deskou a hlavicí.

Rozměry upínací desky: $B_5 \times K_5 \times H_6 = \mathbf{165 \times 180 \times 4 \text{ mm}}$

Materiál vložky: **19 083.3**

Jde o středně uhlíkovou ocel určenou k žíhání. Po žíhání dobře obrobitelná.

Střížníky:

Střížníky se vystřihuje obvod součásti a tři díry. Rozměry střížníků byly vypočítány v kapitole 4.5

Délka střížníků: $L_s = \mathbf{80 \text{ mm}}$. (Střížníky nejsou odstupňovány)

Materiál střížníku díry: **19 191.4**

Jde o vysokouhlíkový materiál určený ke kalení ve vodě, dobře obrobitelný a tvárný za tepla. Určený pro méně namáhané nástroje (stříhání malých, tvarově jednoduchých výstřížků.) [12]

Materiál střížníku obvodu: **19 312.4** (materiál popsán u střížnice.)

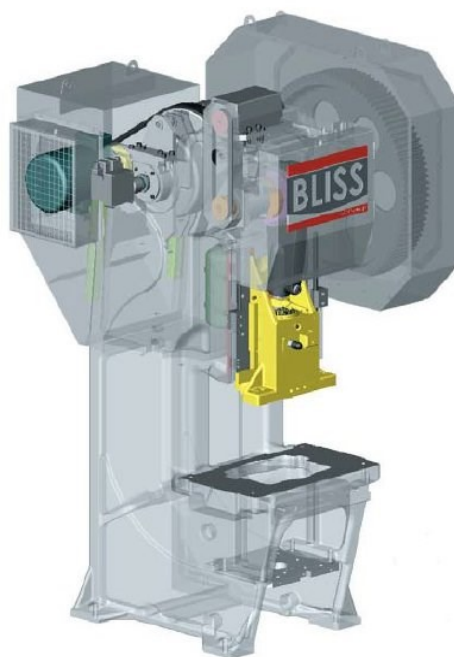
5.9 Lisovací stroj

Volba vhodného lisovacího zařízení závisí na potřebné lisovací síle rozměrech nástroje. Celková síla potřebná pro výrobu součásti $F_l = 223\text{kN}$. Z bezpečnostních důvodů volíme lis s celkovou silou o 10 větší.

Pro výrobu zadané součásti volím výstředníkový lis firmy BLISS CB 50

Tab.2 Parametry lisu BLISS CB 50

BLISS CB 50	
Síla lisu (kN)	500
Zdvih (mm)	15-155
Pracovní stůl délka x šířka (mm)	825 x 500
Vzdálenost stůl – beran (mm)	340mm
Vzdálenost stůl – podlaha (mm)	765



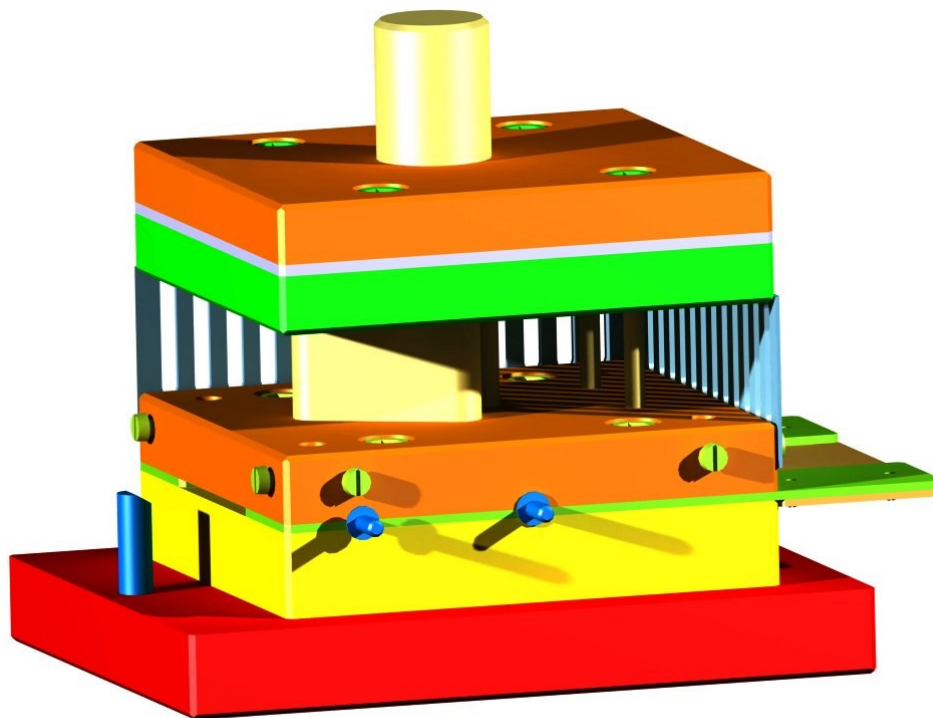
Obr. 38. Lisovací stroj BLISS CB 50

6 KONSTRUKČNÍ ČÁST

Cílem této části je popsat a vysvětlit funkci nástroje. Podkladem pro výrobu nástroje byl výkres součásti. Z nástřihového plánu byl navržen 3D model nástroje v programu Catia V5. Výsledkem je postupový střížný nástroj, ve kterém vznikne výsledná součást vystřihováním ve dvou krocích. Nástroj je tvořen dvěma základními částmi: horní a dolní.

6.1 Konstrukční návrh

Střížný nástroj je navržen na stříhání na výstředníkovém lisu, kde střížný i zpětný pohyb nástroje zajišťuje lis.



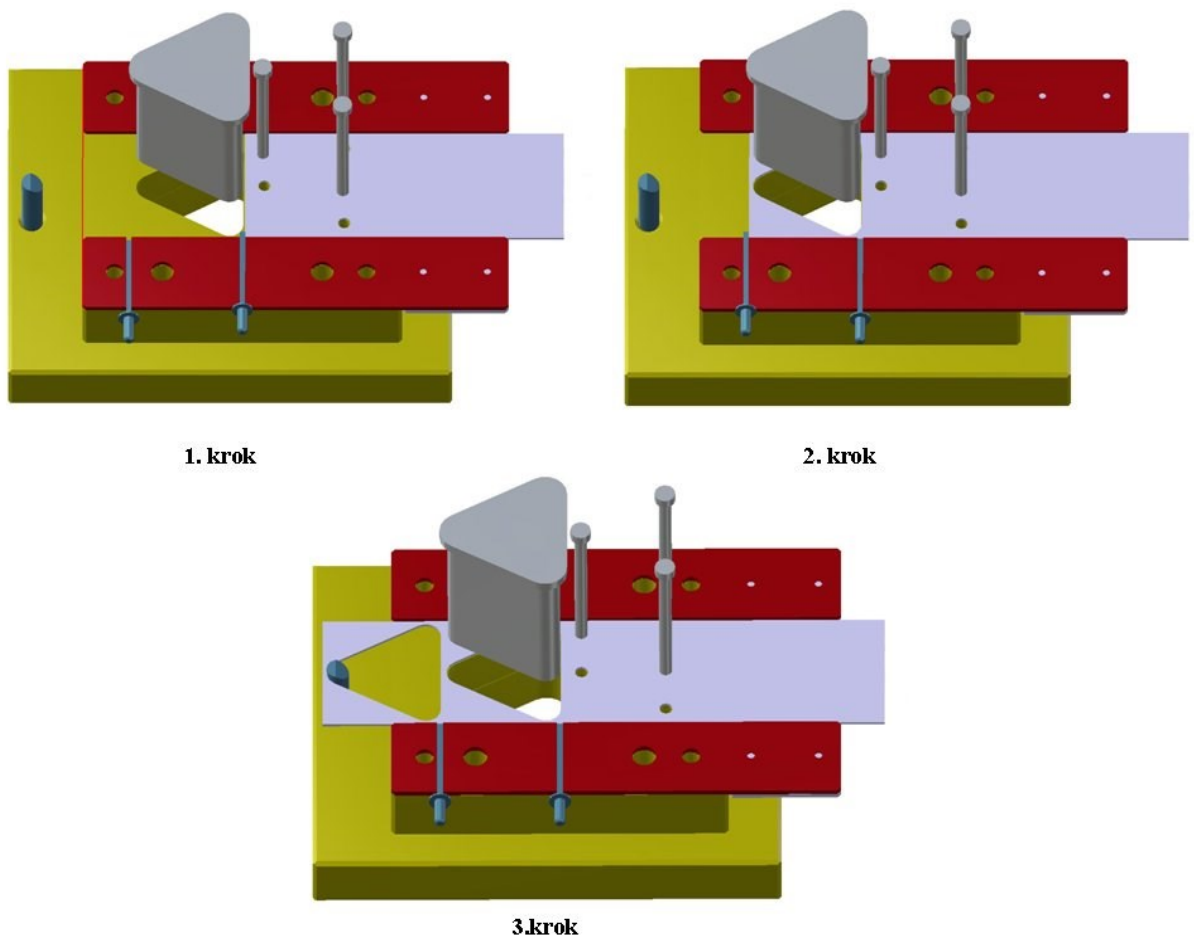
Obr. 39. Nástroj pro stříhání na výstředníkovém lisu

6.2 Popis funkce

Výroba součásti v postupovém střížném nástroji je prováděna ve třech krocích. Pro lepší představu je v této kapitole stručně popsán princip funkce nástroje.

V první části výroby je nutné zavést pás plechu do nástroje. Tento úkon se musí provést ručně. Plech se zavede do nástroje a ustaví se na prvním, tzv. načínacím dorazu. Dojde k vystřihnutí tří děr. Po vykonání této činnosti se první doraz vysune a do nástroje se zasune

druhý načínací doraz. Pás se posune. Nastane druhý pracovní zdvih, kdy dojde k vystřížení obvodu součásti. Pro přesnější zajištění polohy pásu pod střížníkem obvodu je nástroj opatřen hledáčkem, umístěným ve střížníku. V dalším kroku se pás ustaví na pevném dorazu, kdy se pás po posunutí dopředu musí vrátit zpět na doraz. Dojde k vystřížení další součásti.

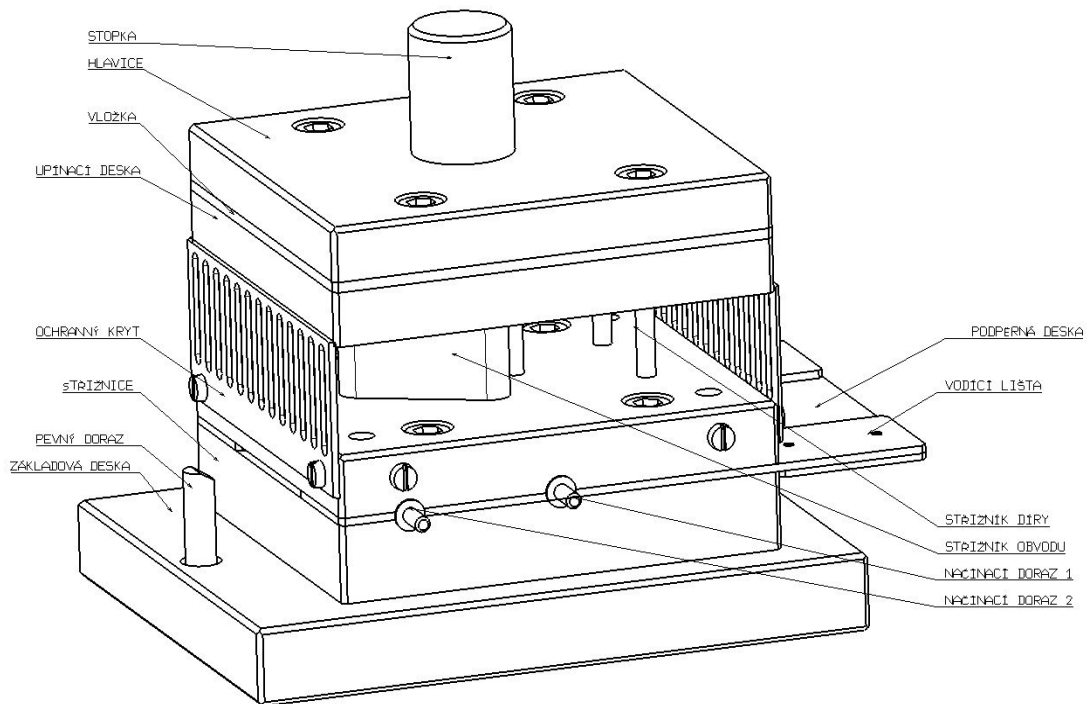


Obr. 40. Popis funkce dorazů

6.3 Popis střížného nástroje

Jednotlivé díly stříhadla jsou popsány na obrázku. Díly jsou spojeny šrouby. U pevné části je přesná poloha zajištěna kolíky. Střížný nástroj je opatřen ochrannými kryty, z důvodu zabránění přístupu (prstů) rukou do pracovního prostoru a jiných nebezpečných míst.

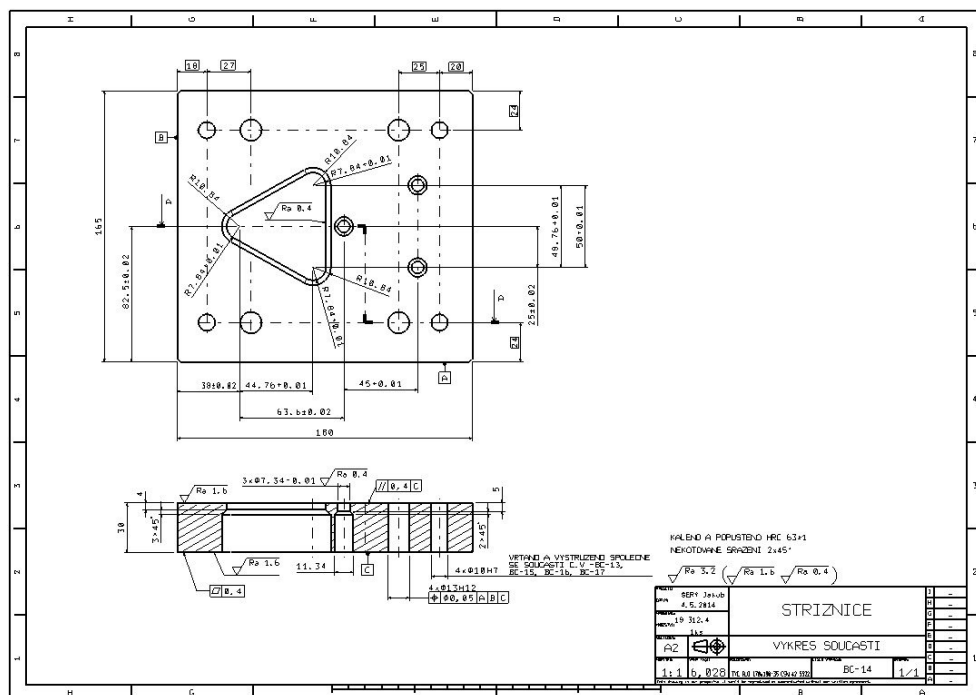
Stříhadlo je ke stolu lisu upevněno pomocí upínek.



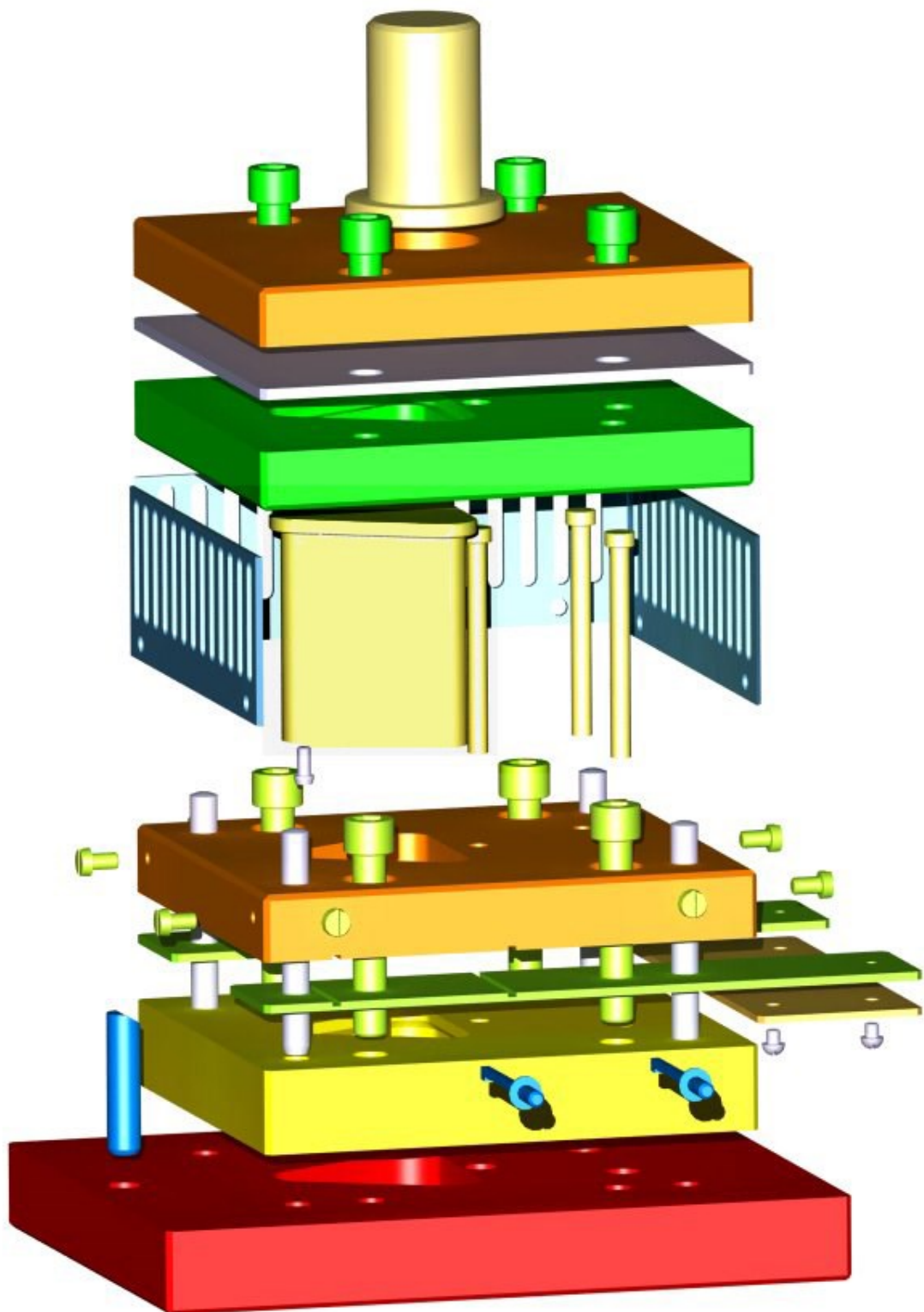
Obr. 41. Popis stříhadla

6.4 Výkresová dokumentace

Byla vytvořena výkresová dokumentace pro dané prvky zařízení, která je umístěna v příloze.



Obr. 42. Ukázka výkresové dokumentace



Obr. 43. Rozstřel modelu

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout střížný nástroj pro zadanou součást. Jedná se o součástku trojúhelníkového tvaru se třemi otvory. Tento díl byl určený pouze jako modelová součást pro bakalářskou práci bez dalšího praktického využití.

V teoretické části práce jsem stručně popsal technologii tváření se zaměřením především na technologii stříhání. První kapitola pojednává o základních zákonech tvárné deformace, rozdělení tváření, a v neposlední řadě o používaných materiálech určených k tváření. Druhá kapitola se podrobněji zabývá technologií stříhání. Jsou zde popsány hlavní charakteristiky stříhání, základní metody a nástroje určené ke stříhání.

Na základě teoretického rozboru byla vypracována část praktická. Ta je dále rozdělena na dvě kapitoly, a to na část technologickou a konstrukční.

Technologická část se zabývá výpočtovým návrhem nástroje. Jedná se o nástřihový plán, kde byly navrženy dvě varianty. Dále řeší silové poměry při stříhání, které jsou jedním z kritérií volby vhodného stroje (lisu). Důležitá je také kapitola určení rozměru střížníků a střížnice. Závěrečná část se věnuje návrhu rozměrů jednotlivých desek a použitých materiálů.

Na základě provedených výpočtů byl navržen střížný nástroj, jehož návrh a funkci popisuje část konstrukční.

Na závěr práce byla zpracována výkresová dokumentace, která vychází z výše uvedených technologických a konstrukčních poznatků. Konstrukční návrh a kompletní výkresová dokumentace byla vytvořena v 3D modelovacím programu Catia V5R19. Je přiložen i kusovník, kde jde vidět volba vhodného polotovaru a materiálu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KREIBICH, Viktor. *Strojírenská technologie IV*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1988. 04-230-88
- [2] ŘASA, Jaroslav. *Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel. Zásady montáže*. 1. vyd.. Praha: Scientia, 2003, 505 s. ISBN 80-718-3284-7.
- [3] ČABELKA, Jozef. *Mechanická technológia*. vyd. 1. Bratislava: VSAV, 1967, 1034 s. 71-044-67
- [4] LENFELD, P., *Technologie tváření kovů. Technologie 2*.
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm#011 (cit. Oct 29, 2013).
- [5] DVOŘÁK, Milan a Michaela MAREČKOVÁ. *Technologie tváření: Základní druhy tváření*. [online]. Brno, 2006 [cit. 2013-10-30]. Dostupné z:
http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/kapitola_1.htm
- [6] DVOŘÁK, M., GAJDOŠ, F., NOVOTNÝ, K.: *Technologie tváření. Plošné a objemové tváření*. Skriptum VUT Brno, Nakladatelství CERM s.r.o., Brno, 169 s., ISBN 80-214-2340-4.
- [7] NOVOTNÝ, Jiljí, Jan ŠANOVEC, Bohumír BEDNÁŘ a Viktor KREIBICH. *Technologie I: (slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy)*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001, 227 s. ISBN 80-010-2351-6.
- [8] PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. *Úvod do tváření II: Stříhání* [online]. Ostrava, 2001 [cit. 2013-11-06]. Dostupné z:
http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod_TV2.pdf
- [9] ČADA, Radek. *Strojírenská technologie 1: (textová opora pro kombinované studium UOP)*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Pedagogická fakulta, 2002, 112 s. ISBN 80-704-2232-7.
- [10] FRANK, Augustin a kolektiv. *Strojírenská Technologie 4: výrobní pomůcky*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1978, 352 s. 04-224-78
- [11] GUIDI, A. *Přístřihování a přesné stříhání*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1969, 140 s. 04-209-69
- [12] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 2. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2005, 907 s. ISBN 80-736-1011-6.-6.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	Práce vykonaná při stříhání (J)
B	Šířka nástroje (mm)
B ₁	Šířka základové desky (mm)
B ₂	Šířka vodící lišty (mm)
B ₃	Šířka upínací desky (mm)
B ₄	Šířka hlavice (mm)
b	Šířka střížné díry (mm)
D _{CE}	Rozměr střížnice (mm)
D _{KU}	Rozměr střížníku (mm)
DMR	Dolní mezní rozměr výrobku (mm)
E	Modul pružnosti (MPa)
F	Skutečná střížná síla (N)
F _{KR}	kritická síla působící na střížník (N)
F _l	Síla Lisu (N)
F _s	Teoretická střížná síla (N)
F _{st}	Síla potřebná k setření výstřížku (N)
F _v	Síla potřebná k vytlačení výstřížku (N)
H	Dráha střížníku (mm)
HMR	Horní mezní rozměr výrobku (mm)
H _s	Výška střížnice (mm)
H ₁	Výška vodící desky (mm)
H ₂	Výška základové desky (mm)
H ₃	Výška vodící lišty (mm)
H ₄	Výška upínací desky (mm)

H_5	Výška hlavice (mm)
I	Moment setrvačnosti (mm^4)
K	Délka nástroje (mm)
K_1	Délka základové desky (mm)
K_2	Délka vodící lišty (mm)
K_3	Délka upínací desky (mm)
K_4	Délka hlavice (mm)
k	Koeficient pro výpočet skutečné střížné síly
k_v	Součinitel závislý na stříhaném materiálu
L	Střížný obvod (mm)
L_1	Délka střížného obvodu výstřížku (mm)
$L_{2,3,4}$	Délka střížného obvodu děr (mm)
l_v	Volná délka střížníku (mm)
$l_1 \text{ až } 9$	Délky střížných hran (mm)
R_m	Mez pevnosti v tahu (Mpa)
ΣS	Součet obsahů ploch všech výstřížků (mm^2)
S_c	Celková plocha spotřebovaného materiálu (mm^2)
S_{c_1}	Plocha pásu u 1. nástřihového plánu (mm^2)
S_{c_2}	Plocha pásu u 2. nástřihového plánu (mm^2)
S_o	Plocha vystřihované díry (mm^2)
S_v	Plocha vystřihovaného obvodu (mm^2)
S_{v_1}	Plocha výstřížku u 1. nástřihového plánu (mm^2)
S_{v_2}	Plocha výstřížku u 2. nástřihového plánu (mm^2)
s	Tloušťka materiálu (mm)
T_n	Tolerance nástroje (mm)

T_v	Tolerance výrobku (mm)
V	Střížná vůle
v_{\min}	Minimální střížná vůle (mm)
v_{\max}	Maximální střížná vůle (mm)
v_1	Vůle vodících lišt (mm)
X	Využití materiálu (%)
X_T	Poloha těžiště v ose X (mm)
X_1	Využití materiálu u 1. varianty nástřihového plánu (%)
X_2	Využití materiálu u 2. varianty nástřihového plánu (%)
Y_T	Poloha těžiště v ose Y (mm)
σ_D	Napětí v tlaku (MPa)
σ_{DOV}	Dovolené napětí v tlaku (MPa)
τ_s	Pevnost ve stříhu (MPa)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Zákon stálosti objemu [1].....	13
Obr. 2. Zákon nejmenšího odporu [1].....	14
Obr. 3. Rozdělení tvářecích procesů podle teploty [4].....	15
Obr. 4. Základní operace stříhání [4].....	20
Obr. 5. Vzhled střížné plochy [9].....	20
Obr. 6. Průběh střížné síly, práce stříhání [2].....	22
Obr. 7. Vybrané meze pevnosti ve stříhu [1].....	22
Obr. 8. Vliv střížné vůle z na kvalitu střížné plochy [10].....	24
Obr. 9. Rozmístění výstřížků na výchozím polotovaru [9].....	25
Obr. 10. Základní způsoby seskupení výstřížků [9].....	26
Obr. 11. Základní operace stříhání [8].....	27
Obr. 12. Stříhání rovnoběžnými noži [9].....	28
Obr. 13. Stříhání rovnoběžnými noži [7].....	29
Obr. 14. Porovnání délky stříhu při stříhání rovnoběžnými, resp. šikmými noži [4].....	29
Obr. 15. Způsoby úpravy střížníků a střížnic [4].....	30
Obr. 16. Stříhání kotoučovými noži [7].....	30
Obr. 17. Nože na stříhání profilů [4].....	31
Obr. 18. Nože na čtvercový a kruhový materiál [4].....	31
Obr. 19. Postup přesného stříhání [11].....	32
Obr. 20. Stříhání bez vůle [4].....	33
Obr. 21. Stříhání s přidržovačem a s nátláčnou hranou [4].....	33
Obr. 22. Reversní stříhání [4].....	34
Obr. 23. Jednoduchý střížný nástroj [10].....	35
Obr. 24. Postupový střížný nástroj [10].....	36

Obr. 25. Sloučený střížný nástroj [10].....	37
Obr. 26. Stříhadlo k vystříhování gumou [7].....	38
Obr. 27. Výkres součástí.....	43
Obr. 28. Nástříhový plán 1. varianta	44
Obr. 29. Nástříhový plán 2. varianta	45
Obr. 30. Délka střížného obvodu.....	46
Obr. 31. Rozměry a tolerance výstřížku.....	49
Obr. 32. Určení polohy stopky – délky střížných hran.....	52
Obr. 33. Délka kruhového oblouku.....	52
Obr. 34. Pevná část nástroje.....	55
Obr. 35. Střížnice.....	56
Obr. 36. Vůle vodících lišt.....	58
Obr. 37. Pohyblivá část nástroje.....	59
Obr. 38. Lisovací stroj BLISS CB 50.....	61
Obr. 39. Nástroj pro stříhání na výstředníkovém lisu.....	62
Obr. 40. Popis funkce dorazů.....	63
Obr. 41. Popis stříhadla.....	64
Obr. 42. Ukázka výkresové dokumentace.....	64
Obr. 43. Rozstřel modelu.....	65

SEZNAM TABULEK

Tab.1 Délky střížných hran a jejich souřadnice v osách x, y	53
Tab.2 Parametry lisu BLISS CB 50.....	61

SEZNAM PŘÍLOH

- PI Seznam přiložené výrobní dokumentace
- PII CD disk obsahující: bakalářskou práci,
3D modely dílů,
3D model sestavy střížného nástroje,
výrobní výkresy jednotlivých dílů
výkres sestavení
soupis položek

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

Název výkresu	Číslo výkresu
Doraz pevný	BC-1
Načínací doraz	BC-2
Stopka	BC-3
Hledáček	BC-4
Střížník díra	BC-5
Střížník obvod	BC-6
Hlavice	BC-7
Kryt 1	BC-8
Kryt 2	BC-9
Vložka	BC-10
Upínací deska	BC-11
Podpěrná deska	BC-12
Základová deska	BC-13
Střížnice	BC-14
Vodící deska	BC-15
Vodící lišta	BC-16
Vodící lišta 2	BC-17
Výkres sestavení	BC-18
Výkres součásti	BC-19
Soupis položek	BC-18 list 2,3