

# Postupový střížný nástroj

Mudráková Hana

---

Bakalářská práce  
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Hana Mudráková**

Osobní číslo: **T18206**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **Prezenční**

Téma práce: **Postupový střížný nástroj**

### **Zásady pro vypracování**

- Teoretická studie z oblasti dělení materiálů stříháním
- Návrh výstřížku a nástřihového plánu
- Návrh sestavy postupového střížného nástroje
- Vyhodnocení výhodnosti řešení

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

### Seznam doporučené literatury:

TSCHÄTSCH, H. *Metal Forming Practise*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. BOLJANOVIC, Vukota; PAQUIN, J. R. *Die design fundamentals*. Industrial press, 2006.

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, 169 s. ISBN 9788021447479.

KOTOUČ, Jiří. *Tvářecí nástroje*. Praha: ČVUT, 1993, 349 s. ISBN 8001010031.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2021**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

L.S

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

**prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta: Hana Mudráková

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je navrhnout postupové stříhadlo pro výrobek z plechu a vyhodnotit výhodnost jeho řešení.

Teoretická část se zabývá základními metodami tváření, stříhání materiálu, a to především postupovým stříháním a přesným stříháním plechů. Závěrečná část je zaměřena na speciální metody dělení materiálu.

Praktická část se věnuje návrhu výstřížku a nástřihového plánu, výpočtu střížné síly a střížné vůle, návrhu sestavy postupového střížného nástroje a jeho zhotovení ve 3D programu.

Klíčová slova: postupové stříhání, stříhání plechů, tváření

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor's thesis is to design a progressive cutter for a sheet metal product and evaluate the feasibility of its solution.

The theoretical part deals with the basic methods of forming, cutting the material, especially progressive cutting and precise cutting of sheets. The final part is focused on special methods of material separation.

The practical part deals with the design of cutting and cutting plan, calculation of shear force and shear clearance, design of the progressive shear tool assembly and its fabrication and 3D program.

Keywords: progressive cutting, sheet metal cutting, forming

Moje poděkování patří vedoucímu bakalářské práce Ing. Ondřeji Bílkovi, PhD, který mi poskytoval cenné rady, svůj čas a pomoc při vypracování.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 TVÁŘENÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1 ROZDĚLENÍ TVÁŘENÍ PODLE TEPLoty .....	13
1.1.1 Tváření za studena.....	13
1.1.2 Tváření za tepla .....	14
1.1.3 Tváření za poloohřevu.....	14
1.2 ROZDĚLENÍ TVÁŘENÍ PODLE PŮSOBENÍ VNĚJŠÍCH SIL .....	15
1.2.1 Objemové tváření .....	15
1.2.2 Plošné tváření .....	15
<b>2 STŘÍHÁNÍ</b> .....	<b>16</b>
2.1 ROZDĚLENÍ STŘÍHÁNÍ PODLE TYPu OPERACE.....	17
2.2 ROZDĚLENÍ STŘÍHÁNÍ PODLE KONSTRUKCE NOŽŮ .....	18
2.2.1 Stříhání rovnoběžnými noži .....	18
2.2.2 Stříhání skloněnými noži.....	19
2.2.3 Stříhání kotoučovými noži .....	20
2.3 STŘIŽNÝ PROCES .....	20
2.3.1 Kvalita střížné plochy .....	21
2.3.2 Zpevnění v okolí střížné plochy.....	22
2.3.3 Rychlost stříhání a její vliv .....	23
2.4 SÍLY PŘI STŘÍHÁNÍ .....	23
2.4.1 Síla pro rovnoběžné nože a stříhání na lisech .....	24
2.4.2 Síla pro šikmé nože .....	25
2.4.3 Síla pro kotoučové nože .....	26
2.5 STŘIŽNÁ VŮLE .....	26
2.6 NÁSTŘIHOVÝ PLÁN.....	26
<b>3 TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ PLECHŮ</b> .....	<b>28</b>
3.1 VARIANTY TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ.....	29
3.1.1 Stříhání s tlačnou hranou.....	29
3.1.2 Stříhání se zaoblenou hranou .....	31
3.1.3 Přistřihování .....	31
3.1.4 Přesné stříhání se zkoseným přidržovačem.....	32
3.2 KONSTRUKCE FUNKČNÍ ČÁSTI NÁSTROJE.....	33
3.2.2 Střížnice.....	33
3.2.3 Přidržovač a vyhazovač.....	34
3.3 ROZMĚRY STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ .....	34
3.4 TYPY KONSTRUKCE NÁSTROJŮ .....	35

3.4.1	Pohyblivý střížník a pevný přidržovač.....	35
3.4.2	Pevný střížník a pohyblivý vyhazovač.....	36
3.5	MAZÁNÍ .....	37
3.6	STŘIŽNÁ VŮLE U PŘESNÉHO VYSTŘIHOVÁNÍ.....	37
<b>4</b>	<b>POSTUPOVÉ STŘÍHÁNÍ.....</b>	<b>38</b>
4.1	POSTUPOVÝ STŘIŽNÝ NÁSTROJ .....	39
4.2	NÁSTŘIHOVÝ PLÁN PRO POSTUPOVÉ STŘÍHÁNÍ .....	39
4.2.1	Postranní odpad a šířka můstku.....	39
4.3	TĚŽIŠTĚ STŘIŽNÝCH SIL .....	40
<b>5</b>	<b>SPECIÁLNÍ DĚLENÍ MATERIÁLU .....</b>	<b>42</b>
5.1	DĚLENÍ LASEROVÝM PAPEREM.....	42
5.1.1	Pevnolátkové lasery .....	42
5.1.2	Lasery plynové .....	42
5.1.3	Lasery polovodičové .....	42
5.2	VYSTŘIHOVÁNÍ A DĚLENÍ PULZNÍM ELEKTROMAGNETICKÝM POLEM .....	43
5.2.1	Materiály vhodné pro elektromagnetické tváření .....	43
5.2.2	Použití .....	43
5.3	VYSTŘIHOVÁNÍ A DĚLENÍ ULTRAZVUKEM .....	44
<b>6</b>	<b>SHRNUTÍ A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>45</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>NÁVRH VÝSTŘIŽKU A NÁSTŘIHOVÉHO PLÁNU.....</b>	<b>47</b>
7.1	VÝSTŘIŽEK.....	47
7.1.1	Vhodný materiál.....	47
7.2	NÁSTŘIHOVÝ PLÁN.....	51
7.3	VYUŽITÍ MATERIÁLU .....	53
<b>8</b>	<b>VÝPOČET STŘIŽNÉ SÍLY.....</b>	<b>55</b>
8.1	VÝPOČET DÉLKY STŘIHU .....	55
8.2	VÝPOČET STŘIŽNÉ SÍLY PRO MATERIÁL TŘ. 11 373.1 .....	56
8.3	VÝPOČET STŘIŽNÉ SÍLY PRO MATERIÁL TŘ. 14 260.3 .....	56
<b>9</b>	<b>STŘIŽNÁ VŮLE .....</b>	<b>57</b>
9.1	STŘIŽNÁ VŮLE PRO MATERIÁL TŘ. 11 373.1 .....	57
9.2	STŘIŽNÁ VŮLE PRO MATERIÁL TŘ. 14 260.3 .....	57
<b>10</b>	<b>NÁVRH NÁSTROJE .....</b>	<b>58</b>
10.1	URČENÍ TOLERANCE STŘIŽNÍKŮ A STŘIŽNICE .....	58
10.2	SPODNÍ ČÁST NÁSTROJE .....	58
10.2.1	Střížnice.....	59



10.2.2	Upínací deska .....	60
10.2.3	Vodící lišty .....	60
10.2.4	Vodící deska .....	61
10.3	HORNÍ ČÁST NÁSTROJE .....	61
10.3.1	Upínací deska .....	62
10.3.2	Kotevní deska .....	62
10.3.3	Vložka .....	62
10.3.4	Poloha stopky .....	62
10.3.5	Kontrola střížníku .....	64
<b>11</b>	<b>SHRNUTÍ</b> .....	<b>67</b>
11.1	KONSTRUKČNÍ MODEL .....	67
	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>74</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>76</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>78</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>80</b>
	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>83</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>84</b>

## ÚVOD

Jedna z nejstarších technologií zpracování kovů je tváření. První nálezy pocházejí z období Mezopotámie. Nejčastěji tvářenými kovy byly zlato, stříbro, měď a železo, které bylo možné nalézt v čistě formě. Velkým pokrokem ve zpracování kovů bylo zvládnutí jejich výroby z rudy. V současnosti je možné tvářet oceli, neželezné kovy i některé nekovové materiály, které mají dobrou tvářitelnost, což je schopnost prodělat trvalou deformaci bez makroskopického porušení. V dnešní době automatizace jdou vytvářet technologicky náročné a tvarově složité díly. Zpracování plechů, pásů a tyčí tvářením za studena i za tepla se uplatňuje jak ve výrobě předmětů denní potřeby, tak ve výrobcích leteckého, vesmírného i vojenského průmyslu.

Nejrozšířenější technologie dělení materiálu je stříhání, které se využívá v leteckém, automobilovém i jiném odvětví průmyslu, kde je potřeba vyrábět mnoho dílů za poměrně nízkou cenu. Je to beztržkové dělení materiálu, pomocí dvou podélných klínových břitů, které jsou umístěny proti sobě. Používá se jak na přípravu polotvarů (stříhání profilů, svitků plechu, tabulí...), tak na vystřihování hotových součástek z plechů nebo pro výrobky u kterých je potřeba dalších technologických operací (ohýbání, tažení, protlačování...).

Tato práce se v teoretické části zabývá metodami tváření materiálu, převážně stříháním. V praktické části se zaměřuju na návrh výstřižku a nástřihového plánu, návrh sestavy postupového střižného nástroje a vyhodnocení správného řešení.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

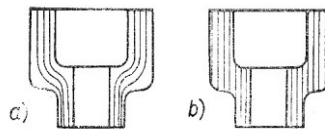
## 1 TVÁŘENÍ

Tvářením rozumíme provádění trvalé změny materiálu působením mechanické síly bez odběru třísek. [1]

Tato definice nezahrnuje stříhání materiálu, které tvoří jakýsi přechod mezi obráběním a tvářením. Stříháním rozumíme vyvozování smykového napětí v materiálu, aby nastalo oddělení v celém průřezu materiálu. [1]

Tento děj provází fyzikální a strukturní změny materiálu, které ovlivňují mechanické vlastnosti.

Hlavními výhodami tváření je vysoké využití materiálu, vysoká produktivita práce, zkrácení výrobních časů a možnost zavedení automatizace, skvělá přesnost rozměrů daných výrobků a je také možno dosáhnout lepších mechanických vlastností. Materiál tvářený za studena má vyšší mez kluzu i mez pevnosti než nepřetvářený materiál stejných rozměrů. Tvářením dostaneme obvykle výhodnější uspořádání vláken v materiálu.



Obr. 1 Uspořádání vláken ve výrobku  
a) tvářeném, b) obráběném [1]

Zpevnění materiálu je někdy velmi nevídané a musí se odstraňovat. Vzhledem k tomu, že zpevnění lze odstranit jen zahřátím (u oceli asi 600°C), znamená to tedy zvýšení nákladů na kus. [1]

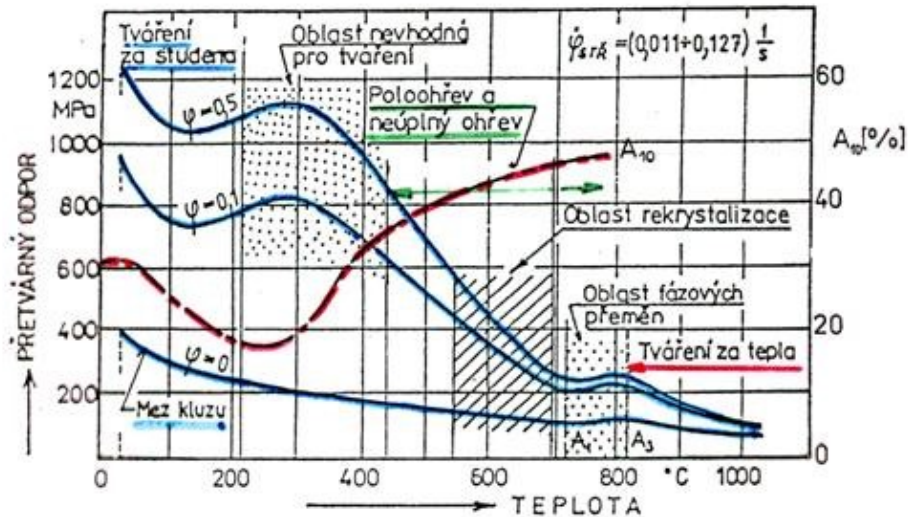
Nevýhodou je taktéž vysoká cena strojů a nástrojů, omezení rozměrů konečných výrobků. Poslední dobou jsou však sníženy náklady pořizovací ceny lisů a bucharů, a to převážně za použití plastů na výrobu zápustek, nebo použití slitin cínu a zinku, dále jsou zápustky lisovány a odlévány, což taky snižuje jejich cenu.

Z toho je zřejmé, že důležitým činitelem v otázce volby správného technologického postupu je poměr ceny lisovacího nářadí k počtu vyráběných kusů. Čím nižší bude hodnota tohoto poměru, tím většího ekonomického efektu dosáhneme při použití tváření. [1]

Tvářecí procesy je možné rozdělit podle teploty, při které je materiál zpracováván, nebo podle působení vnějších sil na materiál.

## 1.1 Rozdělení tváření podle teploty

Při změně teploty se mění deformační odpor materiálu (oceli) proti tváření. Se zvyšující se teplotou se zlepšují plastické deformace kovů a jejich slitin. [2]

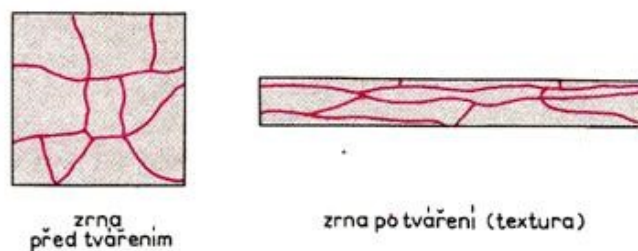


Obr. 2 Rozdělení tvářecích procesů podle teploty [2]

Rozdělení tvářecích procesů podle teploty je vlastně rozdělení podle vztahu teploty tvářeného materiálu k teplotě rekystalizace (přibližně 0,4 teploty tání kovu). Při rekystalizační teplotě dochází k regeneraci deformovaných zrn vzniklých tvářením za studena bez změny krystalové mřížky, dochází zde ke změně vnitřní struktury materiálu, a to má za důsledek zlepšení tvárnosti. Potom tedy rozdělujeme tvářecí technologie podle teploty na: [2]

### 1.1.1 Tváření za studena

Tváření za studena se provádí pod rekystalizační teplotou, kdy teplota tváření je 30 % pod hodnotou teploty tání materiálu. Dochází zde ke zpevňování materiálu, protože narůstá odpor proti tvářecím silám. Zrna jsou deformována ve směru působící síly a vytváří se textura.

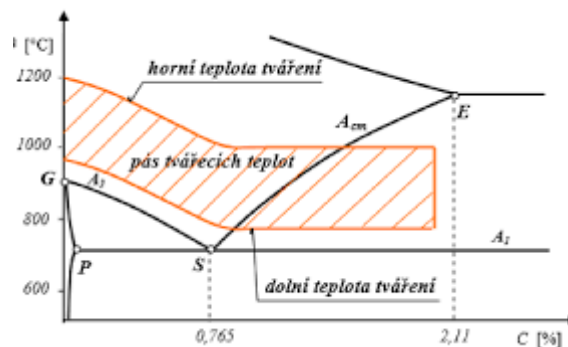


Obr. 3 Změna tvaru zrn v důsledku tváření [2]

Tvářením materiálu za studena se zvyšuje pevnost, tvrdost a mez kluzu, klesá tažnost, tvárnost a vrubová houževnatost. Výhodou je kvalitní povrch výrobku (bez okují) a vysoká přesnost rozměrů. Nevýhodou je však nutnost použít velké síly pro přetvoření materiálu, omezená tvárnost (dochází ke spotřebování plastičnosti materiálu) a nerovnoměrné zpevnění. S tvářením za studena také roste elektrický odpor a měrný objem.

### 1.1.2 Tváření za tepla

Tváření za tepla probíhá nad teplotou rekrystalizace, což je asi 70% teploty tání daného materiálu. (U oceli 800 – 900°C, kde se nachází oblast austenitu). Při této teplotě je vysoká rychlost rekrystalizace, a to má za následek, že zpevnění způsobené tvářením mizí už v průběhu tváření, nebo hned po něm.



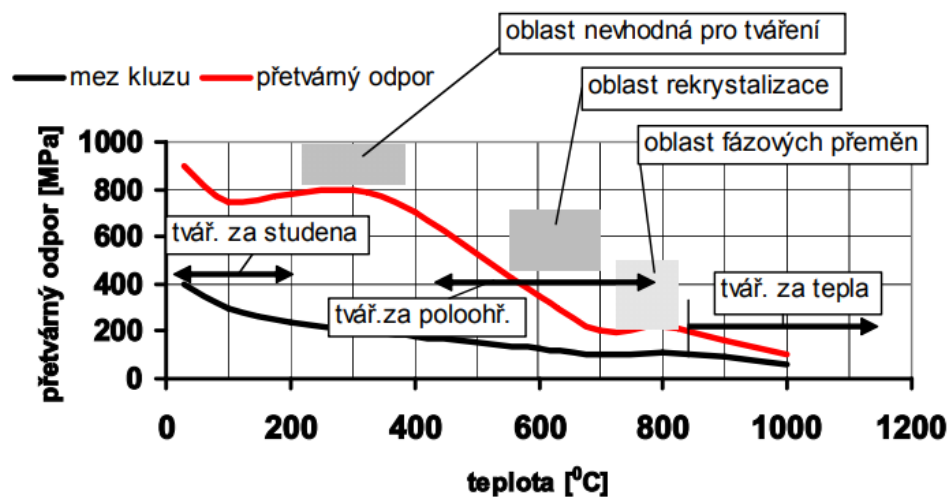
Obr. 4 Oblast tvářecích teplot v diagramu FeFe<sub>3</sub>C [3]

K tváření za tepla je potřeba až desetkrát menší síly než u tváření za studena, protože se materiál nezpevňuje. Textura může, ale nemusí vznikat. Zato vzniká vláknitá struktura, která ovlivňuje mechanické vlastnosti a anizotropii. Klesá pevnost, houževnatost, tvrdost a mez kluzu, vzrůstá tvárnost a odolnost proti korozi. Mění se také fyzikální vlastnosti, a to klesáním elektrického odporu a měrného objemu. Povrch výrobku je nekvalitní, protože vznikají okuje. Kvalitu výrobku také snižuje hrubnoucí zrna, což je problematické při dalších technologiích výroby.

### 1.1.3 Tváření za poloohřevu

Tváření za poloohřevu je kompromis mezi tvářením za tepla a za studena. Probíhá při teplotách těsně pod rekrystalizační oblastí. Používá se pro snížení odporů proti tváření, zlepšení mechanických a fyzikálních vlastností, zlepšení přesnosti a jakosti povrchu.

Skutečné průběhy závislosti meze kluzu a přetvářeného odporu jsou ovlivněny druhem oceli. Vyznačené oblasti tváření a velikost přetvářeného odporu se mění i podle rychlosti a velikosti tváření. [4]



Obr 5. Závislost přetvářeného odporu na teplotě [4]

## 1.2 Rozdělení tváření podle působení vnějších sil

### 1.2.1 Objemové tváření

Objemovým tvářením se rozumí deformace materiálu ve směru všech tří os souřadnicového systému (x, y, z). Technologie se může provádět při jakékoliv teplotě (za tepla, za studena, za poloohřevu).

Mezi objemové tváření patří:

- Kování
- Protlačování
- Tažení drátů a profilů
- Válcování

### 1.2.2. Plošné tváření

Plošné tváření je změna tvaru (většinou se jedná o plech) bez změny velikosti průřezu nebo tloušťky materiálu. Mechanické vlastnosti materiálu jsou většinou zachovány.

Mezi plošné tváření patří:

- Ohýbání
- Stříhání
- Tažení
- Tlačení

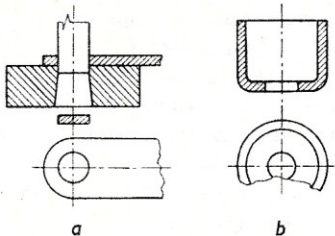
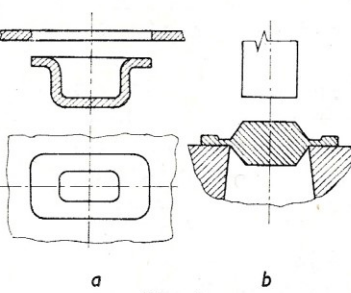
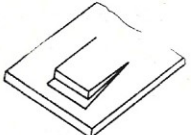
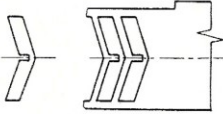
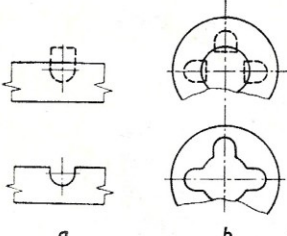
## 2 STŘÍHÁNÍ

Stříhání je jedna z nejrozšířenějších operací plošného tváření. Je používáno jak pro přípravu polotvarů (stříhání profilů, svitků, plechů, vývalků...), tak pro vystříhování součástí, které jsou konečným výrobkem, nebo jsou určeny pro další zpracování (tažení ohýbání, protlačování...). Stříhání je oddělování materiálu za pomoci protilehlých břitových nožů. Je to tedy jediná tvářecí operace, u které požadujeme žádoucí porušení materiálu. Kvalita a přesnost stříhu je ovlivněna různými faktory, jako například velikost střížné mezery, vlastnosti stříhaného materiálu, způsob stříhání... Pro kvalitní stříh je také potřeba zachovat určité podmínky, jako je ostří nožů nebo vůle mezi nimi. To klade požadavky na obsluhu a údržbu stroje. Nedodržení těchto podmínek nemá za následek pouze nekvalitní stříh, ale může vést až k vylomení břitů nožů nebo ke zničení celého stroje.

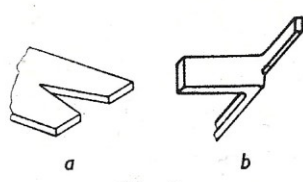
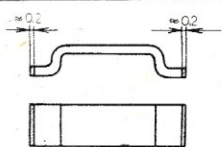
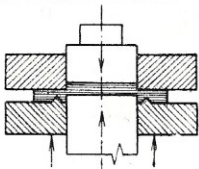
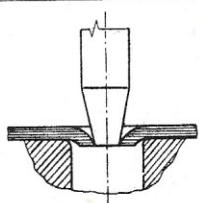
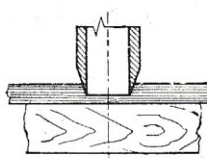
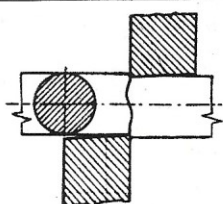


## 2.1 Rozdělení stříhání podle typu operace

Stříhání je možné rozdělit podle použitého nástroje do různých druhů střížných operací.

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

Stříhání plošné

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

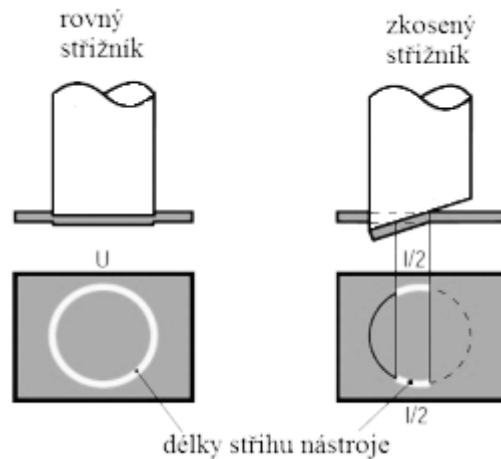
Obr. 6 Základní operace stříhání [5]

## 2.2 Rozdělení stříhání podle konstrukce nožů

### 2.2.1 Stříhání rovnoběžnými noži

U této metody jsou břity nožů (popř. střížník a střížnice) rovnoběžné s plochou stříhaného materiálu.

Síly nepůsobí ideálně ve střížné rovině, protože mezi noži je střížná vůle, která pak způsobuje kombinované namáhání (na ohyb a na stříh). Střížný nástroj působí na materiál v celé délce stříhu. Tím vzniká okamžitý nárůst střížné síly, která způsobuje rázy. Také dochází k rychlému opotřebení nožů, zkosení a zpevnění střížné plochy.



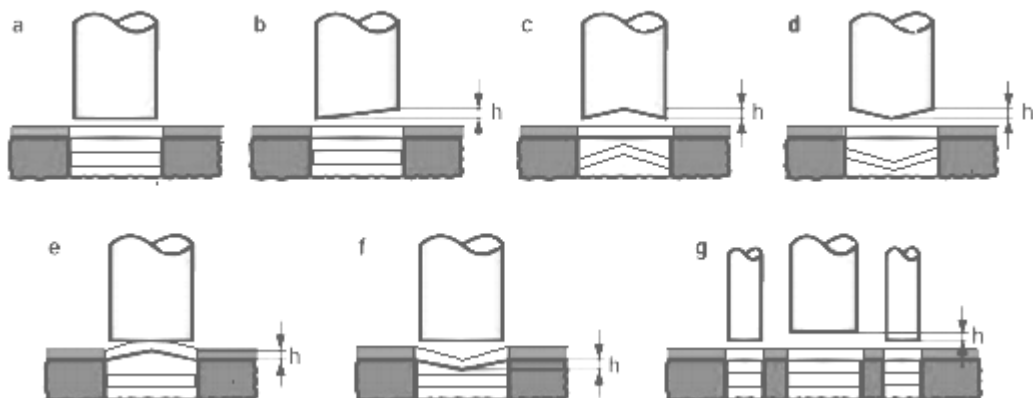
Obr. 7 Rozdíl délek stříhu při stříhání rovnoběžnými a skloněnými nůžkami [17]

### 2.2.2 Stříhání skloněnými noži

Ke stříhání se využívá skloněných nožů pod úhlem  $\varphi$ . Pomocí sklonu dochází k ustřížení materiálu postupně a proto se snižuje střížná síla a rázy.

Tato metoda se využívá u lisů, kde je potřeba, aby střížná síla nepřekročila sílu lisu.

Používá se jednostranné zkosení pro nastříhování, oboustranné zkosení střížnice pro vystříhování a oboustranné zkosení střížníku pro děrování. Zkosení se nedoporučuje používat ke stříhání tvarově složitých součástí.



Obr. 8 Úpravy střížníků a střížnic

a – rovný střížník, b – jednostranně zkosený střížník, c, d – oboustranně zkosený střížník, e, f – oboustranně zkosená střížnice, g – stupňovité uspořádání střížníků [17]

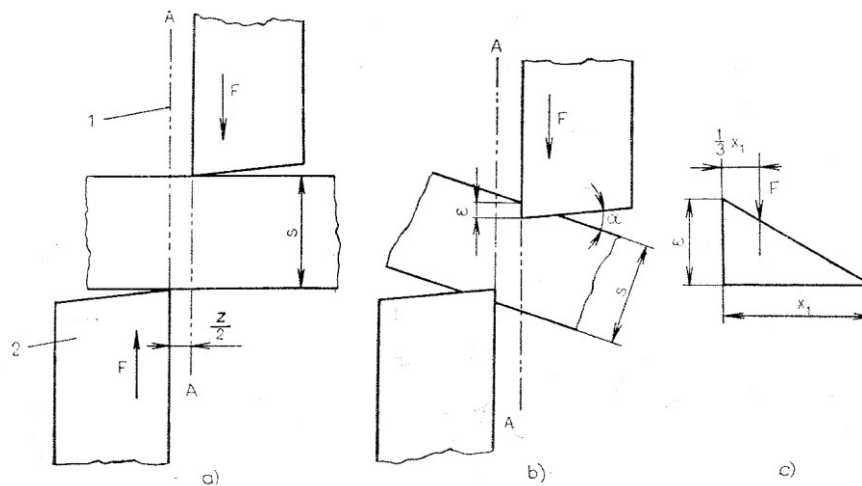
Použití šikmých nožů není vždy výhodnější, protože vystřižený materiál je značně zdeformovaný postupným dělením. Nejplatnější je při dělení profilů, kdy je potřebné postupné oddělování průřezu. [9]

### 2.2.3 Stříhání kotoučovými noži

Stříhání kotoučovými noži se používá ke stříhání dlouhých pásů plechu. Konstrukci tvoří odvalující se nože, které nazýváme kotoučové nůžky. Pomocí odvalování je materiál odstříháván postupně. Tato metoda snižuje rázy při stříhání, ale je tím prodloužena doba stříhu. Nůžky jsou ve styku s materiálem pouze bodově. Směr je možné měnit v závislosti na dráze pohybu.

## 2.3 Střížný proces

Při stříhání zatlačujeme stříhací nože do materiálu, dvojicí sil  $F$  tak, aby nastalo oddělení materiálu v tzv. střížné rovině  $A-A$ , tj. rovině, podél níž se nože pohybují. [5]



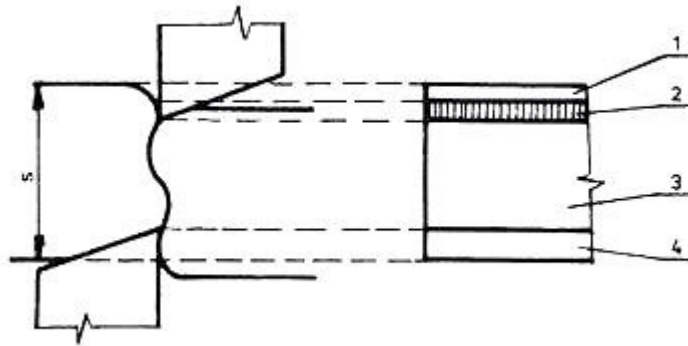
Obr. 9 Princip stříhání bez přidržovače

a) výchozí poloha, b) natočení stříhaného plechu, c) působíště střížné síly na břítu nože, 1 – střížná rovina  $A-A$ , 2 – Stříhací nože [5]

Stříhání probíhá ve třech fázích. První fáze je oblast pružných deformací, materiál je stlačován a ohýbán. Jako druhá fáze je oblast plastických deformací, kdy jsou břity vtlačovány do plechu. V této fázi napětí překračuje mez kluzu a na hranách břitů se blíží k mezi pevnosti. Ve třetí fázi se začínají na hranách tvořit trhlinky, ty jsou rozšiřovány, až dojde k utržení materiálu.

### 2.3.1 Kvalita střížné plochy

Okraje střížných ploch nejsou zcela rovinné. Drsnost není rovnoměrně rozložena. Střížná plocha je tvořena obecně čtyřmi pásmy. Největší je pásmo vlastního stříhu, které u běžného stříhu tvoří asi 80% střížné plochy, proto je tato plocha charakteristická pro posouzení kvality povrchu. V pásmu prvních trhlin je drsnost největší. Oddělení nastává v rovině stříhu, která není přesně uprostřed střížné plochy, a to z důvodu tvárnosti a elasticity materiálu. Nože se nepotkají vždy přesně svými čely. Tím vzniká tříška, nebo zátrh. Pokud se třísky shlukují pod místem stříhu, může to způsobit potíže při dalším zpracování.



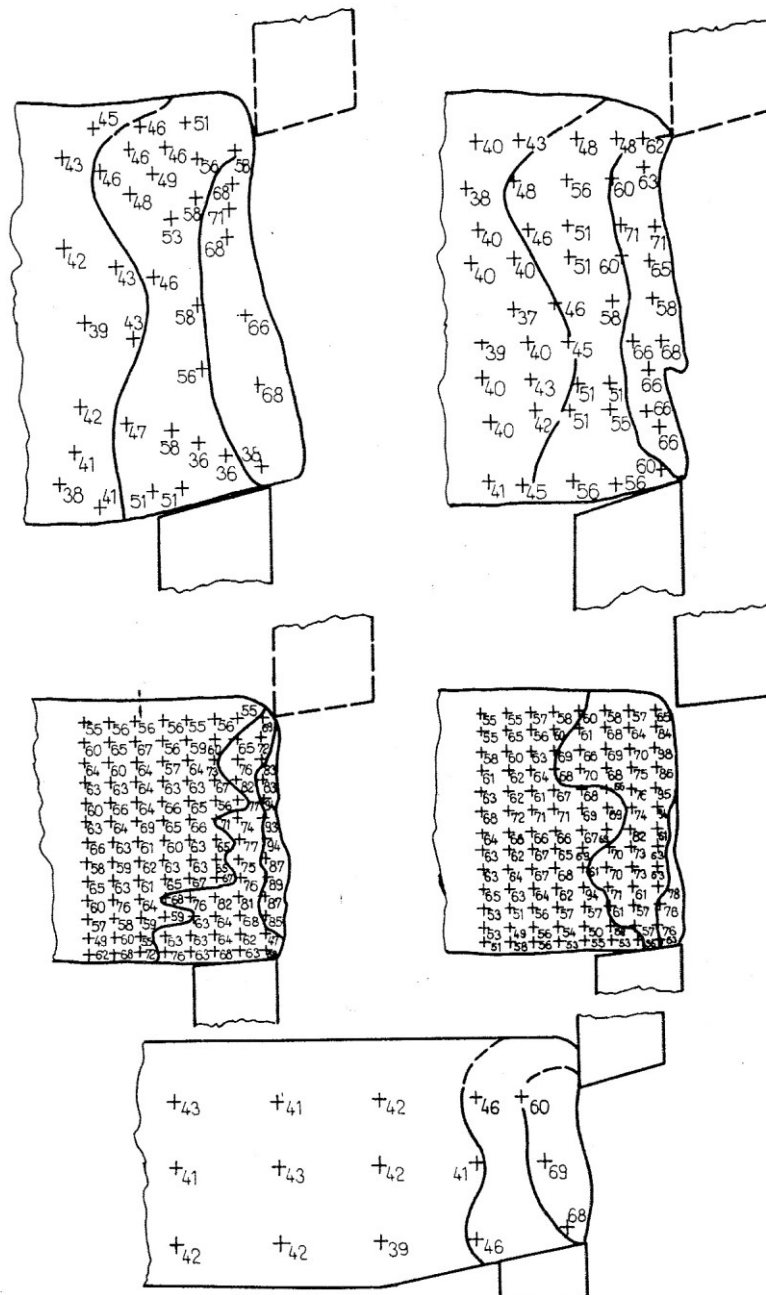
Obr. 10 Kvalita střížné plochy

1 – zaoblení vstupní hrany plechu, 2 – zatlačení nože do vzniku trhliny, 3 – vlastní střížná plochy, 4 – zatlačení spodního nože [5]

### 2.3.2 Zpevnění v okolí střížné plochy

Jelikož je materiál v okolí střížné plochy trvale deformován, vzniká zde úměrně k deformaci také zpevnění a snížení tvárnosti. Maximální zpevnění vzniká v těsné blízkosti plochy, kde byly od sebe stříhané části odděleny. Materiál je zpevněn i do hloubky.

Zpevnění a trhliny v materiálu, které vznikly při stříhání, lze odstranit vyžiháním, to je finančně nákladné, nebo obrobením, kde je odstraněna povrchová vrstva a tím i trhliny.



Obr. 11 Rozložení zpevnění v oblasti střížné plochy [5]

### 2.3.3 Rychlost stříhání a její vliv

Rychlost stříhání má vliv na velikost střížné práce, kvalitu střížné plochy, rozložení zpevnění materiálu a také na životnost nástrojů.

Při zvyšování rychlosti stříhání na hydraulických lisech se snižuje hloubka oblasti, která je zasažena přetvořením a je trvale deformována. Pro výrobu elektroplechů je výhodnější použití rychloběžných lisů, protože čím menší je oblast zasažena tvářením, tím lepší jsou elektrické vlastnosti výrobku.

Při rychlostech přesahujících tzv. kritickou rychlost nárazu, se bude oblast zasažena tvářením rozšiřovat. Kritická nárazová rychlost  $v_k$ , tj. rychlost, při níž se mění materiál houževnatý na křehký a je udávána vztahem odvozeným Kármánem.

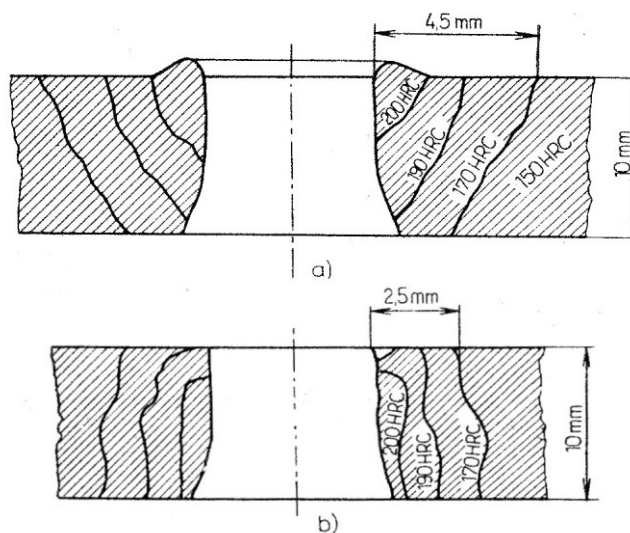
$$v_k = \int_0^\varepsilon \sqrt{\frac{d\sigma_k}{\rho}} d\varepsilon \quad [m/s] \quad (1)$$

Kde  $\varepsilon$  – poměrná deformace

$P$  – hustota stříhaného kovu

$\sigma_k$  – Okamžitá mez kluzu

Hodnota  $v_k$  pro oceli je v rozmezí  $50 - 150 \text{ m/s}$ . [5]



Obr. 12 Rozložení zpevnění v okolí stříhu při různých rychlostech  
 a – rychlost nárazu  $330 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , b - rychlost nárazu  $0,001 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  [5]

## 2.4 Síly při stříhání

Při stříhání roste síla do určitého maxima, v momentě vzniku prvních trhlin začne střížná síla klesat až na úplnou nulu, která nastane v okamžiku přestřížení materiálu. Poměr

maximální hodnoty střížné plochy k původnímu průřezu stříhaného materiálu se obvykle nazývá stříhová pevnost.

#### 2.4.1 Síla pro rovnoběžné nože a stříhání na lisech

Střížná síla  $F_S$  je rozložena na dvě složky třecí ( $T$ ) a normálovou ( $F$ ). Ve stříhaném plechu za působení těchto sil vzniká ohybový moment a vznik jednotlivých pásem na výstřížku. Složka síly  $T$  oddaluje nože od sebe a tím jsou nože prohýbány. Je zde nebezpečí zlomení nožů.

Ohybový moment se snaží materiál natočit. Tomu lze zabránit použitím přidržovače:

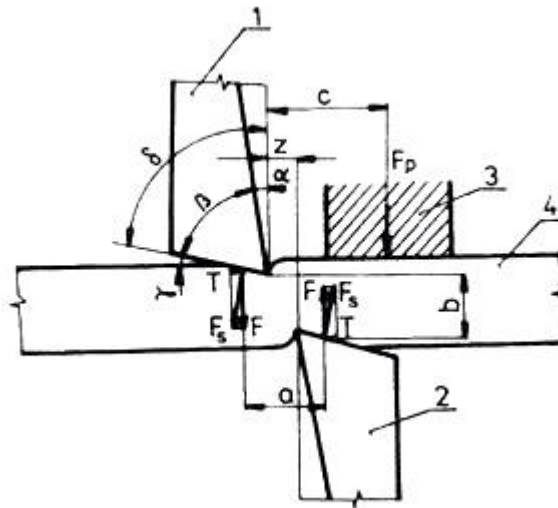
$$M_p = F \cdot a \quad [N \cdot m] \quad (2)$$

Klopový moment se zmenšuje při zvětšování úhlu čela:

$$M_T = T \cdot b \quad [N \cdot m] \quad (3)$$

Sílu přidržovače vypočítáme ze vztahu, kde  $a$  je 1,5 – 2 násobek střížné mezery:

$$F_p = \frac{F \cdot a}{c} \quad [N] \quad (4)$$



Obr. 13 Princip a silové působení u stříhu s rovnoběžnými noži

1 – horní pohyblivý nůž, 2 – dolní pevný nůž, 3 – přidržovač, 4 – stříhaný materiál [7]



U výpočtu střižné síly při stříhání rovnoběžnými noži musíme brát v úvahu jejich opotřebení, proto je střižná síla zvětšena o 10 až 30% a vypočítáme ji:

$$F_S = (1,1 \div 1,3) \cdot O \cdot s \cdot \tau_s \quad [N] \quad (5)$$

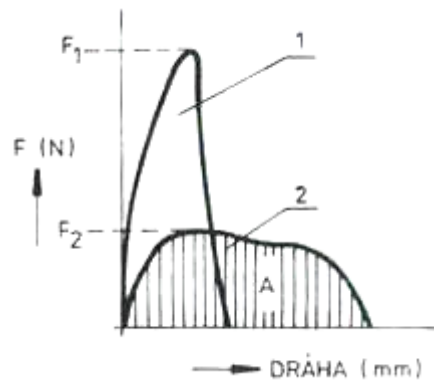
$s$  – tloušťka plechu [mm]

$O$  – střižný obvod [mm]

$\tau_s$  – napětí ve smyku,  $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$  [MPa]

#### 2.4.2 Síla pro šikmé nože

V stříhání šikmými noži je zapotřebí menší síly než při stříhání rovnoběžnými noži. Dráha nožů je delší.



Obr. 14 Porovnání průběhu střižné síly při stříhání rovinnými a šikmými nůžkami.

1 - rovnoběžné nože, 2 - šikmé nože [7]

I u výpočtu střižné síly při stříhání se šikmými noži je potřeba počítat s opotřebením nožů:

$$F_S = (1,1 \div 1,3) \cdot s \cdot b \cdot \tau_s = (1,1 \div 1,3) \cdot s^2 \cdot \frac{\tau_s}{\operatorname{tg} \varphi} \quad [N] \quad (6)$$

$s$  – tloušťka plechu [mm]

$b$  – délka stříhu,  $b = \frac{a}{\operatorname{tg} \varphi}$  [mm]

$\tau_s$  – napětí ve smyku,  $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$  [MPa]

$\varphi$  – úhel sklonu nožů (2 až 6° pro tabulové nůžky. 7 až 20° pro pákové nůžky)

### 2.4.3 Síla pro kotoučové nože

Střížná síla pro výpočet dvou kotoučů se stejným průměrem:

$$F_s = (0,33 \div 0,8) \frac{s^2 \cdot \tau_s}{2tg \alpha} [N] \quad (7)$$

$s$  – tloušťka plechu [mm]

$\tau_s$  – napětí ve smyku,  $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$  [MPa]

$\alpha$  – úhel sklonu řezné roviny

### 2.5 Střížná vůle

Střížná vůle je důležitý parametr pro střížné nástroje. Má vliv na jakost střížné plochy a velikost střížné síly. Pokud není střížná vůle správně zvolena, k prostřížení materiálu nedojde, nebo je materiál protržen do střížnice. Nesprávná vůle také výrazně přispívá k opotřebením nástrojů a zvyšuje sílu, která je potřebná k přestříhnutí materiálu. Vůle je zvolena podle druhu a tloušťky materiálu tak, aby byl střížný proces co nejbezpečnější. Většinou je stanoven procentuálně podle tloušťky a pevnosti ve stříhu pro stříhaný materiál. Dále je možné použití vztahů:

Pro plechy do  $s \leq 3\text{mm}$

$$v = 2Cs\sqrt{\tau_{Ps}} [mm] \quad (8)$$

Pro plechy do  $s \geq 3\text{mm}$

$$v = 2(1,5s - 0,015)\sqrt{\tau_{Ps}} [mm] \quad (9)$$

Kde  $s$  – tloušťka plechu [mm]

$\tau_{Ps}$  – pevnost ve stříhu [MPa]

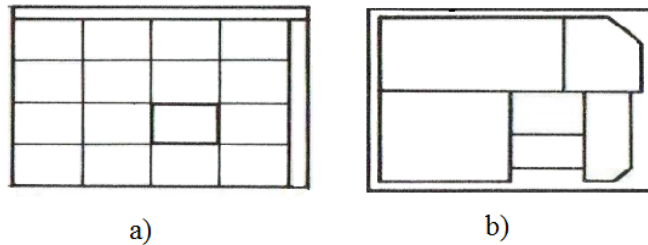
$C$  – součinitel, jehož velikost se volí v rozmezí 0,005 až 0,03. Nižší hodnoty volíme, chceme-li získat lepší střížnou plochu, vyšší hodnoty součinitele umožní dosáhnout minimální střížné síly.

### 2.6 Nástřihový plán

Při stříhání je nutné rozmístit výstřížky na plech tak, aby vznikl co nejmenší odpad. Toto rozmístění se pak nazývá nástřihový plán. Materiál tvoří 60 – 75% ceny výstřížku, proto se musí rozmístění výrobků věnovat dostatečná pozornost. Volba nástřihového plánu závisí

na konstrukci a tvaru výrobku a na dodržení minimální mezery mezi výstřižky, která ale není vždy nutná.

Nástřihový plán může být buď kusový, kdy se určuje nejvýhodnější způsob stříhání nebo skupinový, kdy se budou stříhat různé tvary, nebo součásti jednoho výrobku.



*Obr. 15 Nástřihový plán*

*a - kusový, b – skupinový [5]*

Pomocí součinitele využití materiálu vypočítáme ekonomické využití:

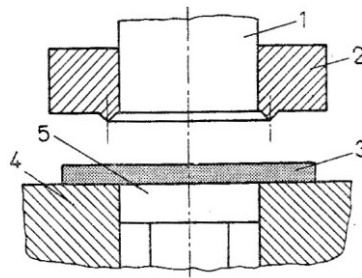
$$\eta = \frac{S_o}{S_p} \quad (10)$$

$S_o$  – celková plocha výstřižku [ $\text{mm}^2$ ]

$S_p$  – plocha plechu [ $\text{mm}^2$ ]

### 3 TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ PLECHŮ

Technologie přesného stříhání je soubor metod stříhání plechů a pásů ve stříhadlech, kterými jde dosáhnout hladké a kvalitní střižné plochy, jenž je kolmá na rovinu plechu. Výrobky dosahují rozměrové přesnosti IT6 až IT9. Tato technologie je vhodná především pro velkosériovou výrobu s uzavřenou čarou stříhu. Součástky, které jsou vytvořené touto metodou, mají většinou velké množství odpadu a jsou vhodné pro další dokončovací operace, jako například ohýbání, broušení, vytlačování apod.



Obr. 16 Přesné vystřihování

1 – střižník, 2 - přidržovač s tlačnou hranou, 3 – materiál, 4 – střižnice, 5 – vyhazovač [5]

Tato technologie je velmi složitý proces, průběh je závislý převážně na tříosém stavu napjatosti v místě stříhu.

Přesné vystřihování lze použít pro měď, některé druhy mosazi, hliník a jeho slitiny do  $R_m = 300\text{MPa}$ , beryllium a jeho slitiny, cementační oceli, feritické oceli, nelegované oceli, austenitické nerezavějící oceli, nízkolegované oceli. Pro ocel s větším obsahem legujících prvků je doporučeno ověření pomocí modelové zkoušky

Označení materiálu	vhodnost pro přesné stříhání
ČSN 11 300, 11 320, 11 330, 11 343, 11 373, 11 423, 11 425; 12 010, 12 014, 12 020, 12 023, 12 024 ČSN 42 4214 (mosaz)	velmi dobrá
ČSN 11 500, 11 600, 11 700 16 720	dobrá
Ms 63; Ms 60	špatná
Ms 58 (ČSN 42 3223)	nevhodná
Ms 63Pb (ČSN 42 3214)	nehodí se
ČSN 12 040, 12 041, 12 050, 12 060, 12 061, 12 073, 12 081, 12 088; 13 180; 14 109, 14 120, 14 180, 14 220, 14 221, 14 260; 15 124, 15 130; 16 220, 16 221, 16 231, 16 420; 17 041, 17 240, 17 241, 17 246, 17 253; 19 103, 19 132, 19 140, 19 152, 19 191, 19 192, 19 221, 19 222, 19 252, 19 255, 19 312, 19 419, 19 452.	opotřebení nástroje

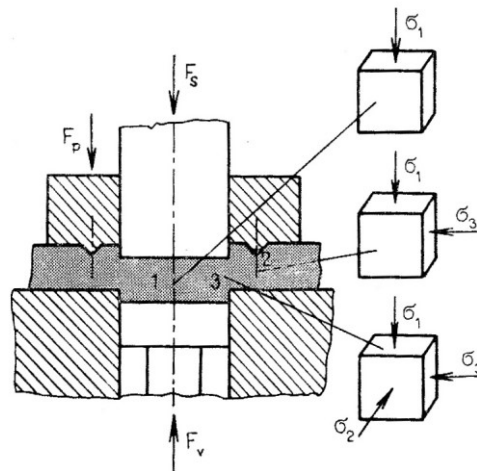
Obr. 17 Přehled vybraných materiálů dle ČSN pro přesné stříhání [6]

### 3.1 Varianty technologie přesného stříhání

- Přesné stříhání s tlačnou (nátlačnou) hranou
- Stříhání se zaoblenou střížnou hranou
- Přistříhování (vnějších obrysů výstřížku s kladnou vůlí nebo se zápornou vůlí, resp. přistříhování děrovaných otvorů)
- Stříhání se zkoseným přidržovačem [6]

#### 3.1.1 Stříhání s tlačnou hranou

Stříhaný materiál (plech) je v počáteční fázi stříhání sevřen mezi přidržovač a střížnici. Tlačná hrana je vtlačena do plechu ještě před vlastním stříhem. Umístění tlačné hrany na přidržovači je voleno mimo křivku stříhu. Nejvýhodnější rozložení hlavních napětí  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  je právě v oblasti stříhu, kde vzniká trojosá napjatost. Všestranný tlak podporuje průběh čistě plastického stříhu. [6]



Obr. 18 Schéma napjatosti při přesném vystřihování [5]

$F_s$  – Střížná síla,  $F_p$  – Síla přidržovače,  $F_v$  – Síla vyhazovače

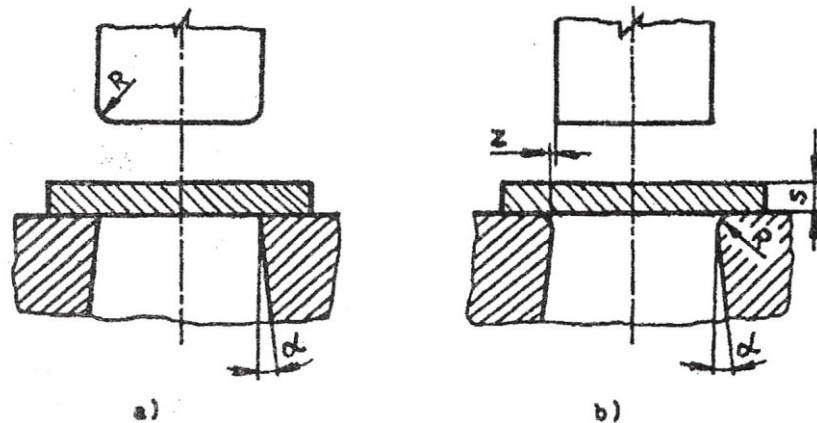
Při přesném vystřihování se pásmo plastického stříhu rozšiřuje přes celou tloušťku materiálu. Protože plastické vlastnosti kovů závisí na stavu napjatosti, je nutné zkoumat, jaké schémata hlavních napětí jsou v různých částech tvářeného materiálu. Všeobecně platí, že se vzrůstajícím podílem tlakových napětí roste schopnost materiálu plasticky se deformovat a naopak velká tahová napětí porušují soudržnost materiálu a způsobují vznik trhlin. [5]

Tato technologie má i několik nevýhod:

- Součástky jsou omezené tvarem, a to převážně poměrem mezi tloušťkou plechu a rozměrem výstřížku. Střížná vůle je volena asi 0,5% tloušťky stříhaného plechu.
- U přesného vystřihování není možné stříhat ostré rohy.
- Většinou je potřeba větší šířka plechu a větší můstky, proto vzniká větší odpad.

### 3.1.2 Stříhání se zaoblenou hranou

Metoda stříhání se zaoblenou hranou zabraňuje vzniku trhlin ve stříhaném materiálu, a to pomocí zaoblení na hraně střížnice nebo střížníku. Rádus zaoblené hrany je doporučen jako 0,15 – 0,20 násobek tloušťky stříhaného materiálu. Velikost zaoblení a jakost střížné plochy je přímo závislá na mezeře  $z$ . Tento způsob stříhání se doporučuje pro měkké oceli.



Obr. 19 Přesné stříhání se zaoblenými střížnými hranami

a) Děrování, b) vystřihování [6]

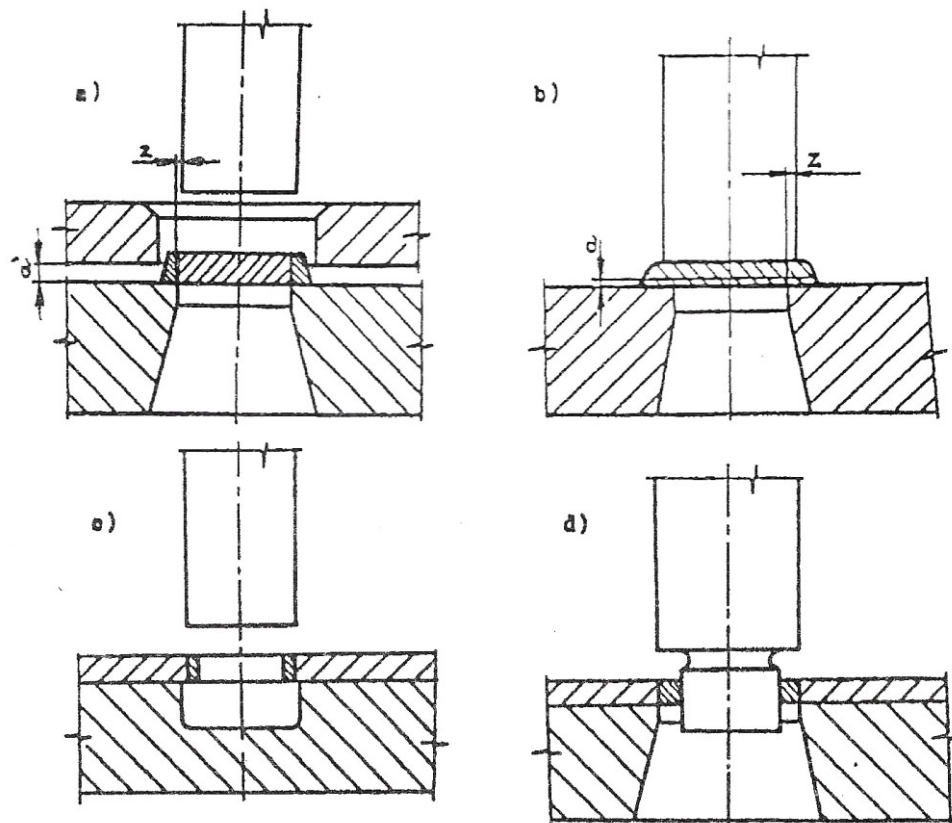
### 3.1.3 Přistříhování

Tato technologie je založena na oddělování třísky z plochy stříhu. Je zde dosahováno vyšší přesnosti a kvality povrchu bez vnitřního pnutí a bez vzniku mikrotrhlin. Přistříhování může mít jednak otevřenou, tak uzavřenou čáru stříhu. Je doporučeno přistříhovat ve směru předchozího stříhání. Technologie není určena pro sériovou výrobu.

Způsoby přistříhování:

- Přistříhování vnějších obrysů výstřížku s kladnou vůlí – výstřížek se vloží mezi střížnici a základací desku, která slouží také ke středění výrobku. Mezi střížnicí a deskou musí být mezera, aby byl možný odvod třísky. Střížnice kopíruje tvar nastávajícího výrobku.
- Přistříhování vnějších obrysů výstřížků se zápornou vůlí – střížník je oproti střížnici zvětšen o 0,1 až 0,5mm. Střížník se při přestříhování nedotýká střížnice, zastaví se 0,2 až 0,4mm nad střížnicí. Přistříhování je proto realizováno jen z části a dokončuje se až při přistříhování dalšího výrobku, který protlačí předchozí výstřížek do střížnice.
- Přistříhování děrovaných otvorů

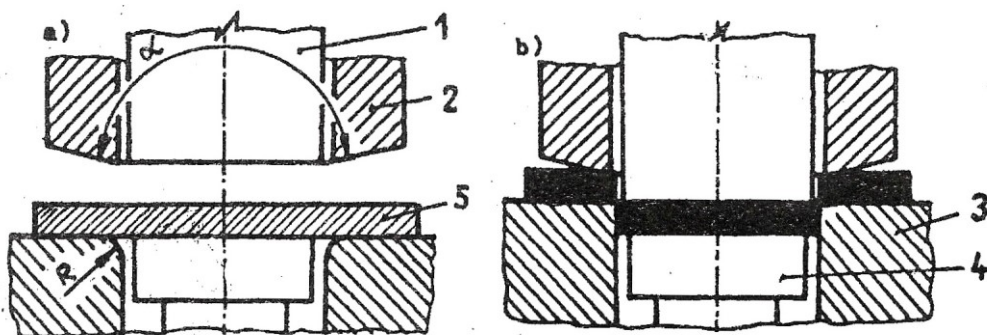
d) Přistříhování děrovaných otvorů s použitím osazeného střížníku



Obr. 20 Způsoby přistříhování [6]

### 3.1.4 Přesné stříhání se zkoseným přídržovačem

Zkosený stav vyvozuje dvojosý stav napjatosti při stříhání. Vrcholový úhel přídržovače bývá  $\alpha = 178^\circ 30'$ . Poloměr zaoblení na střížné hraně je  $R \leq 0,01\text{mm}$ . Uvedený způsob technologie přesného stříhání se zkoseným přídržovačem je poměrně málo používaný. [6]



Obr. 21 Přesné stříhání se zkoseným přídržovačem

a) výchozí poloha, b) konečná poloha, 1 – střížník, 2 – přídržovač, 3 – střížnice, 4 – vyhazovač, 5 – stříhaný materiál [6]



## 3.2 Konstrukce funkční části nástroje

Pro konstrukci nástroje je nutné dodržet výrobní přesnost a ustavení jednotlivých dílů nástroje. Na nástroje pro přesné vystřihování jsou kladeny velké nároky na tuhost, přesnost, rovnoběžnost stěn v otvoru střížnice, možnost přenášet potřebný tlak přes přidržovač a vyhazovač, přesné výškové nastavení nástroje.

### 3.2.1 Střížník

Oproti běžnému stříhání je střížník značně namáhán, a to také proto, že jsou uvnitř střížníku otvory pro vyhazovače, které jsou zajištěny proti pootočení. Toto značně komplikuje jeho konstrukci a výrobu. Tvarově složitější střížníky jsou opatřeny vložkou. Střížník má být na začátku procesu ustaven v úrovni plochy přidržovače nebo o 0,2 mm níže. Pokud je střížník špatně ustaven, dochází ke zhoršení kvality střížné plochy. Čelní plocha střížníku se na konci střížného procesu nesmí ponořit po otvoru střížnice, která má zaoblené hrany. Střížné hrany jsou pečlivě vybroušeny.

Požadavky na střížník:

- Střížník musí mít dostatečnou délku na ostření a musí být: kolmý a zalícovaný ve vyhazovači suvně
- Zalícovaný v kotevní desce a zajištění proti pootočení
- Odmagnetizovaný
- Souosý (zejména otvory pro vyhazovače)[5]

### 3.2.2 Střížnice

Střížnice je funkční částí střížného nástroje a je upevněna buď přímo, nebo nepřímo na základové desce. Dle tvaru, velikosti a technologie výroby je střížnice zhotovena z jednoho kusu, nebo skládaná, která se používá v případě stříhání složitějších výrobků, popřípadě tváření ve více operacích. [14]

Pokud je střížnice vyrobena z jediného kusu, obsahuje také otvory pro dorazy, upevňovací a středící elementy.

Větší a složitější střížnice jsou konstruovány s více dílů, které jsou spojeny pomocí kolíků, šroubů nebo jsou zalísovány do měkké střížnice.

Požadavky na střížnici:

- Musí být vyrobena bez přechodů a broušena
- Zalícována ve vodícím stojánku

- Ve slabších místech je podepřena vložkami
- Obsahuje odvzdušňovací drážku
- Obsahuje ochranné plošky proti opotřebení tlačné hrany
- Tlačná hrana musí být konstruována podle technologických směrnic

### 3.2.3 Přidržovač a vyhazovač

U konstrukce přidržovače je důležitá geometrie tvaru tlačných hran, správné předpětí a také jsou nutné ochranné plošky proti poškození tlačných hran. Někdy jsou na čelní ploše přidržovače konstruovány drážky na odtok oleje

Požadavky na vyhazovač:

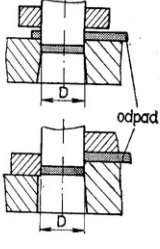
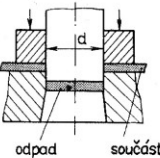
- Lícovaný do střížnice suvně
- Zajištění proti pootočení a vypadnutí
- Ustavený ve střížnici tak, aby nad ní přečníval o 0,1 až 0,2mm [5]

## 3.3 Rozměry střížných nástrojů

Rozměr střížného nástroje (střížníku a střížnice) je především určen rozměrem výstřížku nebo otvoru s příslušnou tolerancí.

Minimální rozměr střížnice je roven jmenovitému rozměru výrobku, který je zmenšený o dovolenou úchylku. Tento rozměr musí být zvětšen o výrobní toleranci střížnice. Pokud bude vyrobena střížnice s nulovým přídavkem, budou pak rozměry daného výstřížku na spodní hranici dovolené tolerance.

Podobně se stanovuje také maximální rozměr střížníku, který je stanoven jako jmenovitý rozměr výrobku zvětšen o úchylku. Z tohoto se jmenovitý rozměr vypočítá odečtením dovolené tolerance.

Schéma operace	Způsob předepsání tolerance výstřížku (otvoru)	Základní nástroj	Vzorce k stanovení rozměrů pracovních částí stříhadel	
			s přídatkem na opotřebení $P_0 = 0,8 P_u$	s přídatkem na opotřebení $P_0 = P_u$
	$D - U_s$	střížnice	$D_s = (D - 0,8 U_h) + P_s$	$D_s = (D - U_s) + P_s$
	$D - U_h$ $- U_s$		$D_s = (D - 0,2 U_h - 0,8 U_s) + P_s$	$D_s = (D - U_s) + P_s$
	$D$		$D_s = (D + 0,2 U_h + 0,8 U_s) + P_s$	$D_s = (D + U_s) + P_s$
	$D + U_h$ $- U_s$		$D_s = (D + 0,2 U_h - 0,8 U_s) + P_s$	$D_s = (D - U_s) + P_s$
	$D \pm U$		$D_s = D + P$	$D_s = D + P_s$
	$d + U_h$	střížník	$d_k = (d + 0,8 U_h) - P_k$	$d_k = (d + U_p) - P_k$
	$d + U_h$ $- U_s$		$d_k = (d - 0,8 U_s + 0,8 U_h) - P_k$	$d_k = (d + U_h) - P_k$
	$d \pm U$		$d_k = d - P_k$	$d_k = d - P_k$

Obr. 22 Vzorce ke stanovení rozměrů pracovní části stříhadel [5]

- Kde  $D$  – jmenovitý rozměr výrobku  
 $d$  – jmenovitý rozměr odpadu  
 $U_s/U_h$  – tolerance výstřížku/odpadu  
 $D_s$  – jmenovitý rozměr střížnice  
 $d_s$  – jmenovitý rozměr střížníku  
 $P_k/P_s$  – tolerance střížníku/střížnice  
 $P_u$  – dovolená úchylka výstřížku

### 3.4 Typy konstrukce nástrojů

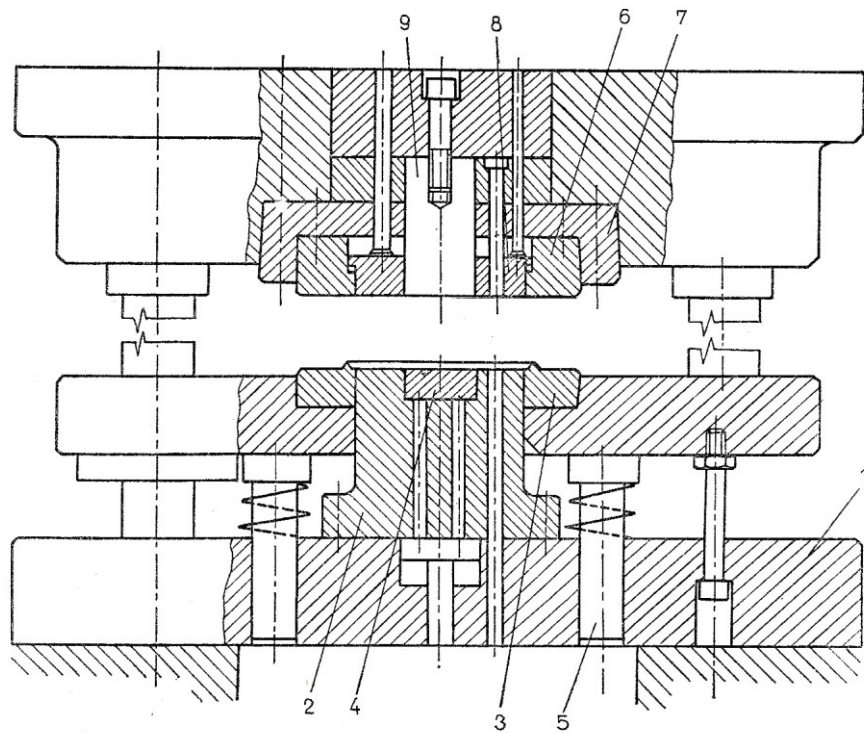
Podle typu konstrukce jsou nástroje rozděleny do dvou skupin:

- Pohyblivý střížník (střížnice a přídržovač jsou pevné)
- Pohyblivá střížnice (pohybuje se pouze přídržovač, a to směrem přes střížník, střížnice je pevná)

#### 3.4.1 Pohyblivý střížník a pevný přídržovač

Přídržovač a střížnice jsou pevné. Střížník se pohybuje podél přídržovače. Toto je nejčastější způsob konstrukce střížných nástrojů. Používá se pro součásti o tloušťce do 5 mm, které mají symetrický tvar. Střížné prvky jsou namáhány příčnými silami na ohyb. Střížník je upevněn na beranu lisu a pohybuje se pomocí hydrauliky. Část, ve které je umístěna střížnice je pevná. Vyhazovač je ovládán také pomocí hydrauliky.





Obr. 24 Schéma nástroje – systém pevný střížník a pohyblivý přídržovač  
 1 – vodící stojánek, 2 – střížník, 3 – přídržovač, 4 – vyhazovač, 5 – tlačné kolíky,  
 6 – střížnice, 7 – zděř, 8 – vyhazovač, 9 – střížník [5]

### 3.5 Mazání

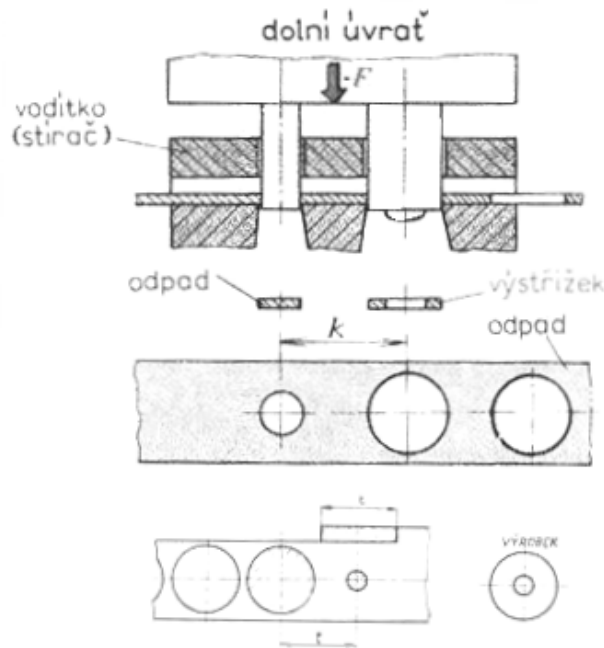
Na bocích střížníku a v otvorech střížnice vzniká při vystřihování vysoký měrný tlak. Aby byl snížen součinitel tření na těchto plochách a zároveň se zvýšila životnost nástrojů a kvalita střížné plochy, je zapotřebí použití maziva, a to převážně oleje.

### 3.6 Střížná vůle u přesného vystřihování

U přesného vystřihování je střížná vůle desetkrát menší než u běžného stříhání. Je to nejdůležitější vliv na kvalitu střížné plochy. Obecně platí, že střížná mezera se rovná 0,5 % tloušťky materiálu, který je stříhán. Střížník je přesně broušen a střížnice má zaoblené ostří, které má vliv na kvalitu plochy.

## 4 POSTUPOVÉ STŘÍHÁNÍ

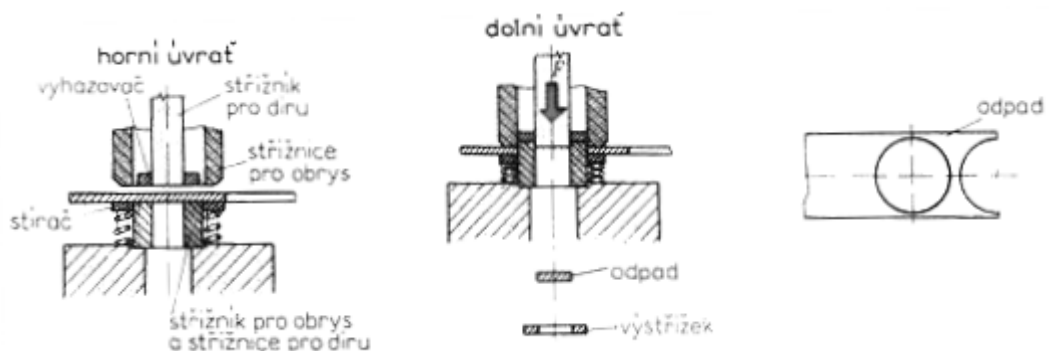
Postupovým stříháním jsou vyráběné díly s jedním nebo více otvory. Jak už je z názvu zřejmé tak pomocí postupového stříhání je výstřížek zhotovován postupně v několika operacích, na více zdvihů.



Obr. 25 Postupové stříhadlo [7]

Nevýhodou postupového stříhání je nutnost dodržet těžiště sil a velké množství odpadu, protože je nutné dodržet velké rozestupy mezi výstřížky.

Výstřížky s dírou je možné vyrábět i pomocí sloučeného střížného nástroje, který se od postupového stříhání liší konstrukcí. U těchto nástrojů je děrování a vystříhování prováděno na jeden zdvih. Výhodou této metody je provádět operaci pomocí jednoho střížníku. Používá se například pro přesné vystříhování s tlačnou hranou.



Obr. 26 Sloučené stříhadlo [7]

## 4.1 Postupový střížný nástroj

Jedná se o obdobu jednoduchého stříhadla, které se využívá ke stříhání jednoduchých dílů bez otvorů. Postupový střížný nástroj je doplněn ještě o děrovací střížníky. Materiál je ve formě pásů nebo svitků. Do stroje vstupuje materiál z levé strany a je posouván doprava. V počáteční fázi je pás zachycen pomocí dorazu a dále je poloha materiálu zajištěna přidržovačem. Nejprve jsou vystřihovány díry výstřížku, které odpadávají do odpadu. Nakonec je vystřižen samotný obvod.

## 4.2 Nástřihový plán pro postupové stříhání

Výrobky jsou vystřihovány buď přímo ze svitků, nebo jsou plechy nastřihány na pásy či tabule. Pro toto vystřihování jsou vhodnější pásy nebo pruhy plechů válcovaných za studena. Uspořádání výstřížků je navrženo do střížného plánu, který je předepsán tak, aby došlo k co nejlepšímu využití materiálu. Při postupovém stříhání z pásů je nutné dodržet mezeru mezi výstřížky a také mezi výstřížkem a okrajem pásu, tato mezera se nazývá můstek. Tím je zaručena dobrá kvalita střížné plochy a posouvání odpadu.

### 4.2.1 Postranní odpad a šířka můstku

Odpad a můstek je u postupového vystřihování větší než u běžného stříhání. U měkkých materiálů se můstek volí menší a u tvrdých materiálů je volen větší, aby bylo možné vyvodit dostatečný tříosý stav napjatosti. Kvalita střížné plochy závisí na velikost můstku a postranního odpadu, které se většinou navrhnou s ohledem na tloušťku materiálu a rozmístění výstřížků na pásu.

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

Obr. 27 Velikost můstku [5]

### 4.3 Těžiště střižných sil

Pokud se stříhá několika střižníky na jednom lisu, musí v ose lisu působit výslednice těchto sil. Když by výslednice působila mimo osu, znamenalo by to menší přesnost výrobku, snížení životnosti nástrojů a předčasné opotřebení střižníku nebo střižnice.

Místo, kde působí výslednice, lze zjistit buď graficky, nebo výpočtem. Jelikož je tloušťka i mechanické vlastnosti materiálu stejné pro všechny výstřižky, jsou velikosti střižných sil přímo úměrné obvodu otvoru. Můžeme tedy předpokládat, že jednotlivé síly působí v těžištích výstřižku.

Na obrázku půdorysu nástroje si v těžištích působících střižných sil nanese velikosti střižných sil (úměrné obvod děrovaného otvoru), a to ve směru vertikálním  $F_{1v}$ ,  $F_{2v}$  atd. Volíme si vhodně libovolný bod (pól)  $P_v$ . Na libovolnou svislou přímku vedle bodu  $P_v$  nanese za sebou síly  $F_{1v}$ ,  $F_{2v}$  atd. Spojíme začátky a konce sil nanesených na přímku s pólem  $P_v$  a dostaneme tzv. pólový obrazec.

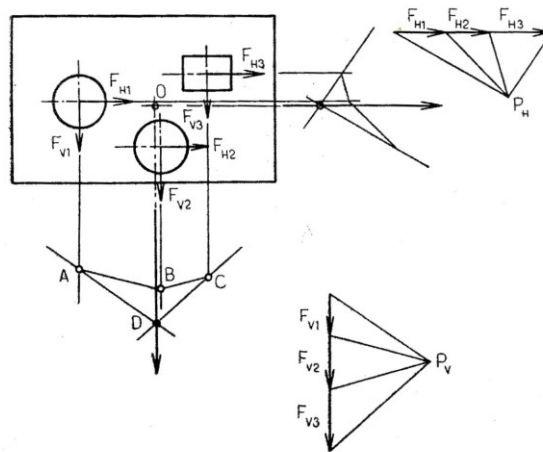
Pod obrázkem půdorysu střižního nástroje prodloužíme směry působících střižných sil. Na prodloužené spojnici síly  $F_{1v}$  volíme libovolný bod  $A$ . Tímto bodem vedeme rovnoběžku s čarou pólového obrazce, která spojuje pól  $P_v$  s koncovým bodem síly  $F_{1v}$  (v pólovém obrazci). Tato rovnoběžka vedená bodem  $A$  přetne prodlouženou čáru síly  $F_{2v}$  v bodě  $B$ . Tímto bodem opět vedeme rovnoběžku s čarou spojující pól  $P_v$  s koncem síly  $F_{2v}$  v pólovém obrazci, až protne prodlouženou čáru síly  $F_{3v}$  v bodě  $C$ . [5]

Pokud by výstřižků bylo více a působilo tím pádem i více střižných sil, postupovali bychom ve vykreslování dále.

Přes bod  $C$  nakreslíme přímku rovnoběžnou se spojnicí pólů  $P_v$  a koncem síly  $F_{3v}$  v pólovém obrazci. Bodem  $A$  vykreslíme rovnoběžku se spojnicí pólů  $P_v$  a koncem síly  $F_{1v}$  v pólovém obrazci. Bodem  $D$ , který vznikne protnutím těchto dvou čar, prochází výslednice střižných sil ve vertikálním směru.

Pro nalezení střižné síly v horizontálním směru postupujeme stejně. Průsečík, který vytvoří výsledné síly je těžiště, tedy působíště těchto sil.





Obr. 28 Výpočet těžiště střížných sil – graficky [5]

Pro zjištění výslednice působících sil je možné zvolit rovněž početní metodu. Při výpočtu používáme podmínky, které platí pro rovnovážný stav. Z toho vyplývá vzorec:

$$F_x \cdot X = F_1 \cdot a + F_2 \cdot b + F_3 \cdot c \tag{11}$$

Kde  $F_x = F_1 + F_2 + F_3$

$X$  – vzdálenost výslednice od osy  $y$

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

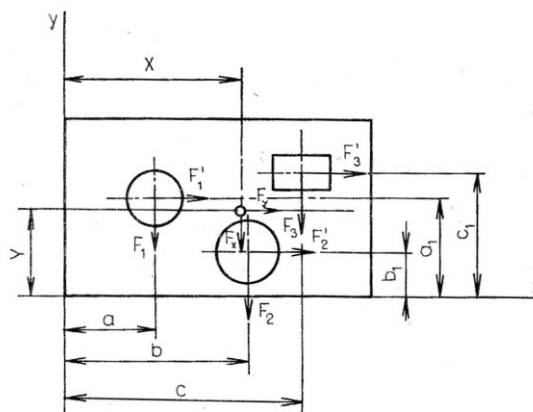
Z toho plyne:

$$X = \frac{F_1 \cdot a + F_2 \cdot b + F_3 \cdot c}{F_1 + F_2 + F_3} \tag{12}$$

$$Y = \frac{F'_1 \cdot a_1 + F'_2 \cdot b_1 + F'_3 \cdot c_1}{F'_1 + F'_2 + F'_3} \tag{13}$$

Kde  $a_1, b_1, c_1$  – vzdálenost sil  $F'_1, F'_2, F'_3$  od osy  $x$

$Y$  – vzdálenost výslednice od osy  $x$



Obr. 29 Výpočet těžiště střížných sil – početně [5]

## 5 SPECIÁLNÍ DĚLENÍ MATERIÁLU

### 5.1 Dělení laserovým paprskem

Laserem je možné dělení plechů, tyčí a profilů. Laser má oproti konvenčním metodám celou řadu výhod, například vysoká přesnost a kvalita řezu, úzká řezná spára, možnost komplikovaných tvarů řezu, minimální tepelná deformace, hladká řezná plocha bez nutnosti dalšího obrábění.

Laser je založen na stimulovaném záření tj. na zesílení světla prostřednictvím emise záření. Laser je světelný zdroj, který má vynikající světelnou charakteristiku, jaká se nevyskytuje u normálních světelných zdrojů jako např. žhavicí žárovku. [5]

Na kvalitu řezané plochy má vliv druh laserového zdroje, který se volí podle druhu a tloušťky materiálu. Lasery jsou od sebe odlišné převážně typem aktivního prostředí, účinností, výkonem, provozními podmínkami a vlnovou délkou.

Laser se nejčastěji používá k obrábění a dělení kovových i nekovových materiálů. Nejčastější výhody jsou v tom, že nevzniká skoro žádný odpad, nástroj (laser) není v kontaktu s výrobkem, výroba může být plně automatizována, výrobek má ostré a hladké plochy, bez otřepů a není nutné žádné další zpracování.

#### 5.1.1 Pevnolátkové lasery

Pevné fáze laseru jsou převážně ionty vzácných zemin nebo jiné prvky. Nejčastěji se používá krystal rubínu a safíru. Tímto je možné dosáhnout i velkých výkonů, ale pouze v krátkých pulzech, jinak by byl krystal zničen.

#### 5.1.2 Lasery plynové

Jako medium je použitý plyn nebo směs plynů. K záření se využívají výboje v plynu. Nejčastěji je používána směs hélia a neónu, kromě toho se používají i plyny jako např. CO<sub>2</sub>. Jsou charakteristické kontinuálním provozem

#### 5.1.3 Lasery polovodičové

Polovodičové lasery mají velkou koncentraci aktivních částic a široké emisní pásy. Tyto lasery pracují na principu impulzního provozu. Nepřetržitý provoz je možný pouze za nízkých teplot.

## 5.2 Vystřihování a dělení pulzním elektromagnetickým polem

Princip vystřihování a děrování spočívá v tom, že vybuzené primární magnetické pole v okolí vinutí pracovní cívky (nástroje) indukuje v součástce určené k tváření proudu. Indukovaný vířivý proud vybudí sekundární magnetické pole v okolí povrchu vložené součástky a vzájemné působení obou polí se projeví silovým účinkem elektromagnetických sil. [5]

Pro hromadění potřebné energie k vytvoření elektrického pole se používají kondenzátorové baterie, které jsou vybíjeny elektrickými rázy pomocí cívky.

Proudový náraz, který při vybití probíhá cívkou, vytváří mezi cívkou a součástkou časově proměnné magnetické pole, indukující v součástce vířivý proud. Rozdělení tlaku po celém povrchu cívky je stejnoměrné. Poněvadž je nutno u cívek dodržet z mechanických důvodů určité rozměry, je třeba u součásti s malými tvářecími oblastmi použít tzv. tvarovacího nástavce magnetického pole, který soustředí magnetické pole do potřebných míst. [5]

Jako hlavní výhody použití magnetického dělení je považováno, že nedochází k dotyku mezi nástrojem a výrobkem, magnetické pole prochází elektricky vodivými materiály, takže lze provést tvářecí operace přes elektroizolační obal, mezi součástkou a magnetickým polem nedochází k tření a není proto nutné použití maziva. Na jeden impuls je možné provádět více operací a nedochází k znečištění součásti.

Nevýhody jsou nedostatečné výsledky s kovy, které mají nízkou elektrickou vodivost. Je obtížné vytvořit rovnoměrný tlak na součástce, která má otvory, zářezy nebo drážky. Expanzivní cívky mají omezené možnosti použití, a to o průměru nad 30 mm.

### 5.2.1 Materiály vhodné pro elektromagnetické tváření

Materiál, který je tvářen pomocí elektromagnetických impulsů, musí být dobrým elektrickým vodičem. Například oceli je možné tvářet jen za speciálních podmínek. Dobře lze tvářet měď a její slitiny, hliník a jeho slitiny, nikl, mosaz a zinek.

### 5.2.2 Použití

Lze děrovat kruhové, trojúhelníkové, čtvercové i nepravidelné otvory, které jsou umístěny na pláštích tenkostěnných trubek nebo čtvercových tenkostěnných součástí, kombinace děrování a tváření, ostřihávání okrajů u válcových součástí

### **5.3 Vystřihování a dělení ultrazvukem**

Intenzivní ultrazvuk umožňuje dělení a vystřihování součástí, a to pomocí vibrací. Je možné používat různé frekvence kmitů od nízkofrekvenčních až po ultrazvukové a rázové vlny. Při použití ultrazvuku vznikají vždy dva druhy tření: vnitřní tření, které je způsobeno ozvučením a vnější tření vzniklé mezi součástí a nástrojem.

## 6 SHRUTÍ A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

V teoretické části bakalářské práce jsou popsány základy tváření a rozděleny podle teploty a podle působení vnějších sil. Dále je práce věnována stříhání materiálu, především postupovému stříhání a přesnému stříhání plechů. Závěrečná část se zabývá speciálními metodám dělení materiálu.

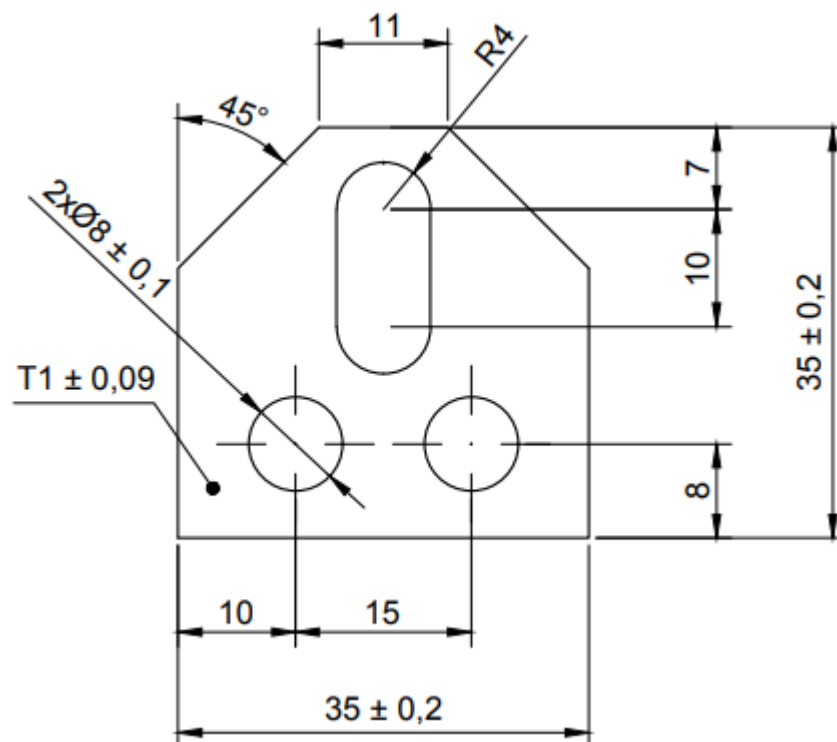
Praktická část je věnována návrhu výstřížku a nástřihového plánu. Také návrhu sestavy postupového střížného nástroje a jeho konstrukci v 3D programu. Cílem práce je vyhodnotit výhodnost tohoto řešení.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 NÁVRH VÝSTŘIŽKU A NÁSTŘIHOVÉHO PLÁNU

Pro návrh výstřížku a nástřihového plánu je potřeba stanovit tvar a rozměry výstřížku, vhodný materiál a počet vystřihovaných kusů. Tyto hodnoty jsou obvykle zadány zákazníkem. V tomto případě je volen výstřížek s dvěma kruhovými otvory a jednou drážkou. Jako materiál jsou vybrány dva odlišné druhy oceli.

### 7.1 Výstřížek



Obr. 30 Rozměry výstřížku

#### 7.1.1 Vhodný materiál

Polotvar je tabule plechu o rozměrech 900x2500mm a tloušťce  $1 \pm 0,09$  mm. Jako materiál jsou vybrány dva různé druhy oceli. První ocel je tř. 11 373.1. Jedná se o neušlechtilou konstrukční ocel, která je tepelně zpracována normalizačním žiháním. Více informací je v materiálovém listu:

**ČSN 41 1373** **Nelegovaná ocel obvyklých** **11 373**  
**STN 41 1373** **vlastností vhodná ke svařování** **Značka**  
**pro ocelové konstrukce**

Chemické složení [hm. %]					
C	P	S		N	
max 0,17	0,045	max 0,045		max 0,007	
Dovolené úchytky chemického složení hotového výrobku					
+0,04	+0,010	+0,010		+0,002	
Polotovary					
[1] tyče válcované za tepla			[8] tyče tažené za studena		
[2] tvarové tyče válcované za tepla			[9] tenké plechy válcované za studena		
[3] dráty válcované za tepla			[10] pásy a pruhy válcované za studena		
[4] tlusté plechy válcované za tepla			[11] pásy podélně dělené válcované za studena		
[5] široká ocel válcovaná za tepla			[12] duté profily tvářené za studena		
[6] tenké plechy válcované za tepla			[13] široké ohybané profily tvářené za studena		
[7] pásy válcované za tepla			[14] tenkostěnné profily ocelové tvářené za studena		
Mechanické vlastnosti					
Polotovary		[6]			[9]
Rozměr t, d [mm]	1,5	1,5–2,0	2,0–2,5	2,5–3,0	0,5–2,0
Stav	.1			.2	
Mez kluzu R <sub>0,2</sub> [MPa] min	235			220	
Mez pevnosti R <sub>m</sub> [MPa]	360–510			360–470	
Tažnost A <sub>50</sub> [%] napříč min	16	17	18	19	20
Fyzikální vlastnosti					
Hustota	Měrná tepelná kapacita	Teplotní součinitel roztažnosti	Tepelná vodivost	Konduktivita	
ρ [kg . m <sup>-3</sup> ]	c <sub>p</sub> [J . kg <sup>-1</sup> . K <sup>-1</sup> ]	α [K <sup>-1</sup> ]	λ <sub>t</sub> [W . m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	λ <sub>b</sub> [MS . m <sup>-1</sup> ]	
7 850	–	11,1 . 10 <sup>-6</sup>	54,5	–	
Odolnost proti degračním procesům					
ODOLNOST PROTI KOROZI	ODOLNOST PROTI ÚNAVĚ plochý ohyb φ 8 mm, R = 22 mm σ <sub>c</sub> [MPa]		ODOLNOST PROTI KŘEHKÉMU LOMU kritické rozevření trhliny δ <sub>c</sub> [mm] přechodová teplota –35 °C, pro KCU 2, KCU 3 = 35 J . cm <sup>-2</sup>		
běžná	plech 20 mm	tyč φ 18–22 mm	–20 °C	–40 °C	–60 °C
	88–117	166–196	0,94	0,75	0,50
Technologické údaje					
TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ					
normalizační žhání	900–930 °C	ochlazovat na vzduchu			
žhání ke snížení prnutí	600–650 °C	zvolna ochlazovat			
teploty přeměn	A <sub>c1</sub> ~ 710–720 °C	A <sub>c3</sub> ~ 830–860 °C			
TVARITELNOST					
Třída tvářitelnosti za tepla 1:	teplota tváření	1 100–850 °C			
TECHNOLOGICKÉ ZKOUŠKY					
Zkouška lámavosti podle ČSN 420401	úhel ohybu α = 180°		průměr trnu D = a (tloušťka tyče)		
polotovary [9]					
Zkouška smačknutím podle ČSN 420415.4	H = $\frac{1,09 D \cdot a}{0,09 D + a}$		H – vzdálenost tlačných desek D – vnější průměr, a – tloušťka stěny		
polotovary [12]					
Zkouška rozšiřováním podle ČSN 420415.5 při vrcholovém úhlu β = 45°	polotovary [9]				
$\frac{d}{D}$	0,9	0,8	0,7	d – vnitřní průměr D – vnější průměr	
$\frac{D_u - D}{D} \cdot 100$	10	11	12	D <sub>u</sub> = vnější průměr pro rozšíření	
SVAŘITELNOST					
podle ČSN 05 1309 vhodná ke svařování; hodnotu uhlíkového ekvivalentu CEV lze dohodnout <sup>2)</sup>					
Doporučené přídatné materiály pro svařování					
plamenem ručně	G 38				
elektrickým obloukem ručně	E 44.71, E44.72, E 44.83				
v ochranné atmosféře CO <sub>2</sub>	P 44 .13 C				
automatem pod tavidlem	drát S1, S2 + tavidlo F – MS1, F – MS2, F – MS4, F – MS6				
OBROBITELNOST					
tyče stav .0, .1	R <sub>m</sub> max = 440 MPa	soustružení, hoblování		frézování, vrtání	
		15b		14b	



<b>Použití</b>					
Součásti konstrukcí a strojů menších tlouštěk, i tavně svařované, namáhané staticky i mírně dynamicky. Vtokové objekty vodních turbin, výtoky, hradílové tabule, stavidla, méně namáhaná svařovaná potrubí a odbočnice, jezové konstrukce. Dna plochá, klenutá a lemovaná vysokotlaká. Součásti svařované kovářsky.					
<b>Ostatní vlastnosti</b>					
Druh oceli podle způsobu výroby		Barevné značení podle ČSN 42 0010		Třída odpadu podle ČSN 42 0030	
neuklidněná nebo polouklidněná		černá-bílá		001	
<b>Porovnání se zahraničními materiály</b>					
<i>ISO</i>		<i>EURO</i>		<i>Německo</i>	
E235-B	ISO 630-95	S235JR	EN 10025/2-04	USI37-2	DIN 1623-09
<i>Francie</i>		<i>Velká Británie</i>		<i>Rusko</i>	
S235JRG1	NF A35-501	Fe360B	BS 4360-86	St3kp	GOST 380-88
<i>USA</i>		<i>Japonsko</i>		<i>Kanada</i>	
Gr.C	ASTM A283-78	STKM12A STKM12C	JIS G3445-08 JIS G3445-08	230G 33G	CSA G40.21M92 CSA G40.21-92
<i>Itálie</i>		<i>Rakousko</i>		<i>Švédsko</i>	
Fe360BFU	UNI 7070-82	St37F USI360B	ÖNORM M3123-73 ÖNORM M3116	1311	SS 141311
<i>Polsko</i>		<i>Maďarsko</i>		<i>Norsko</i>	
St3SX	PN H84020-88	Fe235B/FU	MSZ 500-89	12120	NS 12101
<i>Finsko</i>		<i>Švýcarsko</i>		<i>Španělsko</i>	
Fe37B Fe37BP	SFS 200E SFS 1100	-	-	AE235BFU	UNE 36080-90
<i>Belgie</i>		<i>Čína</i>		-	
AE235-B	NBN A21-101-76	Q235A	GB T700-06	-	
<b>Poznámky</b>					
1) Vnější průměr					
2) Hodnota tažnosti je v daném rozmezí dána stupněm přetváření výrobku					
3) Hodnota uhlíkového ekvivalentu se stanoví z chemického složení tavitby podle vzorce					
$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$					
Normy EN přejímají následující země: Belgie, Bulharsko, Česká republika, Dánsko, Estonsko, Finsko, Irsko, Island, Itálie, Kypr, Litva, Lotyšsko, Lucembursko, Maďarsko, Malta, Německo, Nizozemsko, Norsko, Polsko, Portugalsko, Rakousko, Rumunsko, Recko, Slovensko, Spojené království, Španělsko, Švédsko a Švýcarsko					
Norma STN zrušena					

Obr. 31 Materiálový list pro ocel 11 373

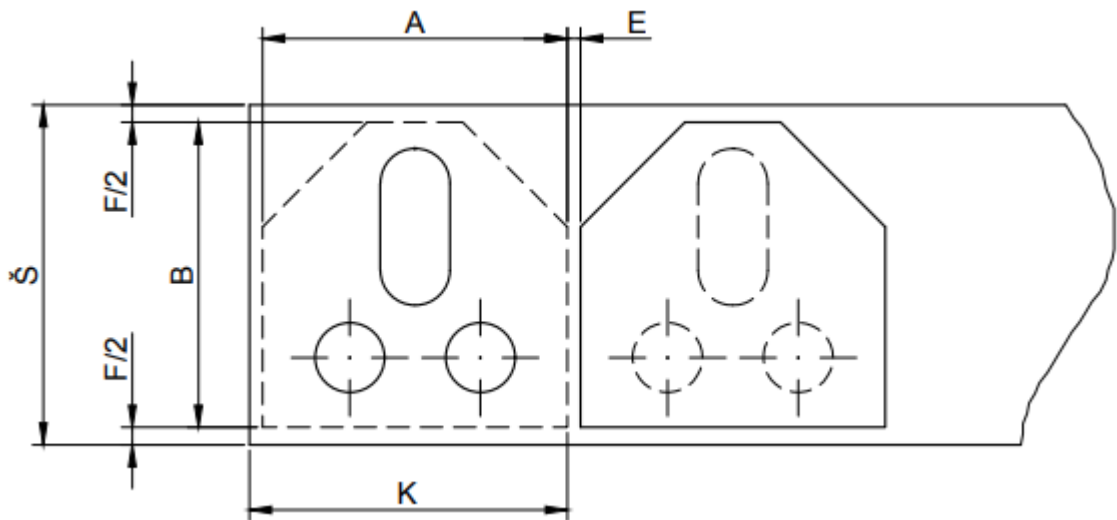
Druhá ocel je tř. 14 260.3, která je žíhaná na měkko. Má vysokou pevnost, tvrdost, ořezuvzdornost, ale tvarovatelnost je obtížná. Další informace jsou v materiálovém listu:

<b>ČSN 41 4260</b>		<b>OCEL</b>					
<b>STN 41 4260</b>		<b>14 260</b>					
<b>Chemické složení [hm. %]</b>							
C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
0,50-0,60	0,50-0,80	1,30-1,60	0,50-0,70	max 0,50	max 0,30	max 0,035	max 0,035
<b>Polotovary</b>							
[1] předvalky	[2] tyče válcované za tepla	[3] tenké plechy válcované za tepla	[4] tlusté plechy válcované za tepla	[5] pásy a pruhy válcované za studena	[6] dráty tažené za studena	[7] tyče tažené za studena	

Mechanické vlastnosti					
Polotovár	[2]	[3]	[4]	[5]	
Rozměr l, d [mm]	–	30 <sup>1)</sup>	0,8–2,8	3–10	–
Stav	.3	.7	.3	.3	.7
Mez kluzu $R_{0,2}$ nebo $R_{0,01}$ [MPa] min	–	1 175	max 880	–	–
Mez pevnosti $R_m$ [MPa]	–	1 370–1 670	–	–	1 420–1 620
Tažnost $A_5$ [%] min	–	7	–	–	–
Kontrakce Z [%] min	–	25	–	–	–
Tvrdost HB, HV	HB max 235	HB 411–485	HB max 253	HB max 253	HV 450–505
Modul pružnosti E [GPa]	200				
Modul pružnosti ve smyku G [GPa]	78,5				
Fyzikální vlastnosti					
Hustota	Měrná tepelná kapacita	Teplotní součinitel roztažnosti	Tepelná vodivost	Rezistivita	
$\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ]	$c_p$ [J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	$\alpha$ [K <sup>-1</sup> ]	$\lambda$ [W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	$\rho$ [Ω·m]	
7 850	–	–	–	–	
Technologické údaje					
TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ					
normalizační žhání	850–890 °C	pomalu ochlazovat na vzduchu			
žhání na měkko	710–750 °C	pomalu ochlazovat v peci			
kalení	840–880 °C	olej			
popouštění	380–580 °C	ochlazovat na vzduchu			
teploty přeměn	$A_{c1} \sim 765$ °C	$A_{c2} \sim 815$ °C	$M_s \sim 310$ °C		
TVAŘITELNOST					
řída tvářitelnosti za tepla	2	teploty tváření 1 100–840 °C	pomalu ochlazovat		
OBROBITELNOST					
soustružení, hoblování, frézování, vrtání					
polotovár [2]	stav .2	$R_m \leq 980$ MPa	11 b		
polotovár [2] [3] [4]	stav .3	$R_m \leq 880$ MPa	11 b		
polotovár [2]	stav .7	$R_m \leq 1 670$ MPa	7 b		
	stav .8	$R_m \leq 1 770$ MPa	7 b		
polotovár [4]	stav .9	$R_m \leq 2 260$ MPa	6 b		
TECHNOLOGICKÉ ZKOUŠKY					
zkouška lámavosti podle ČSN 42 0401					
polotovár [3]	úhel ohybu $\alpha = 90^\circ$	$\varnothing$ trnu D = 4 a			
úhel a nejmenší vnitřní poloměr ohybu r při tváření za studena					
polotovár [5] .3	$a \leq 3$ mm	$\alpha = 180^\circ$	r = 4 a		
	$a \leq 1$ mm	$\alpha = 90^\circ$	r = 9 a		
.7	$1 < a \leq 2$ mm	$\alpha = 90^\circ$	r = 10 a		
Použití					
Vhodná na více namáhané pružiny v konečném stavu .7 nebo .8, používané zvláště pro automobily a železniční vozy, dále pro ventilové pružiny do teploty 300 °C. Rovinné součásti vyžadující odolnost proti opotřebení, jako vyložení skluzů, obložení aktivních částí stavebních a zemědělských strojů. Nelze je svařovat a tvarovat.					
Ostatní vlastnosti					
Druh oceli podle způsobu výroby	Barevné značení podle ČSN 42 0010		Řída odpadu podle ČSN 42 0030		
kyslíková konvertorová, martinská nebo elektroocel	modrá – červená – černá		001		
Porovnání se zahraničními materiály					
ISO		EURO		Německo	
–	–	–	–	54SiCr6	DIN 17221-72
Francie		Velká Británie		Rusko	
54SiCr6	NF A35-571-96	250A61	BS 970/5-72	60S2ChA	GOST 14959-79
60SC7	NF A35-522-86	251A58	BS 970/1-88		
USA		Japonsko		Kanada	
9260	ASTM A322	SUP7	JIS G4801-77	–	–
Itálie		Rakousko		Švédsko	
48Si7	–	–	–	2090	SS142090
Polsko		Maďarsko		Norsko	
60S2	PN H84032-74	–	–	–	–
Finsko		Švýcarsko		Španělsko	
–	–	–	–	–	–
Čína		–		–	
60Si2CrA	GB1222-84	–	–	–	–
Poznámky					
1) referenční vzorek					

Obr. 32 Materiálový list pro ocel 14 260

## 7.2 Nástřihový plán



Obr. 33 Nástřihový plán

$E$  – velikost můstku [mm]

$F/2$  – velikost okraje [mm]

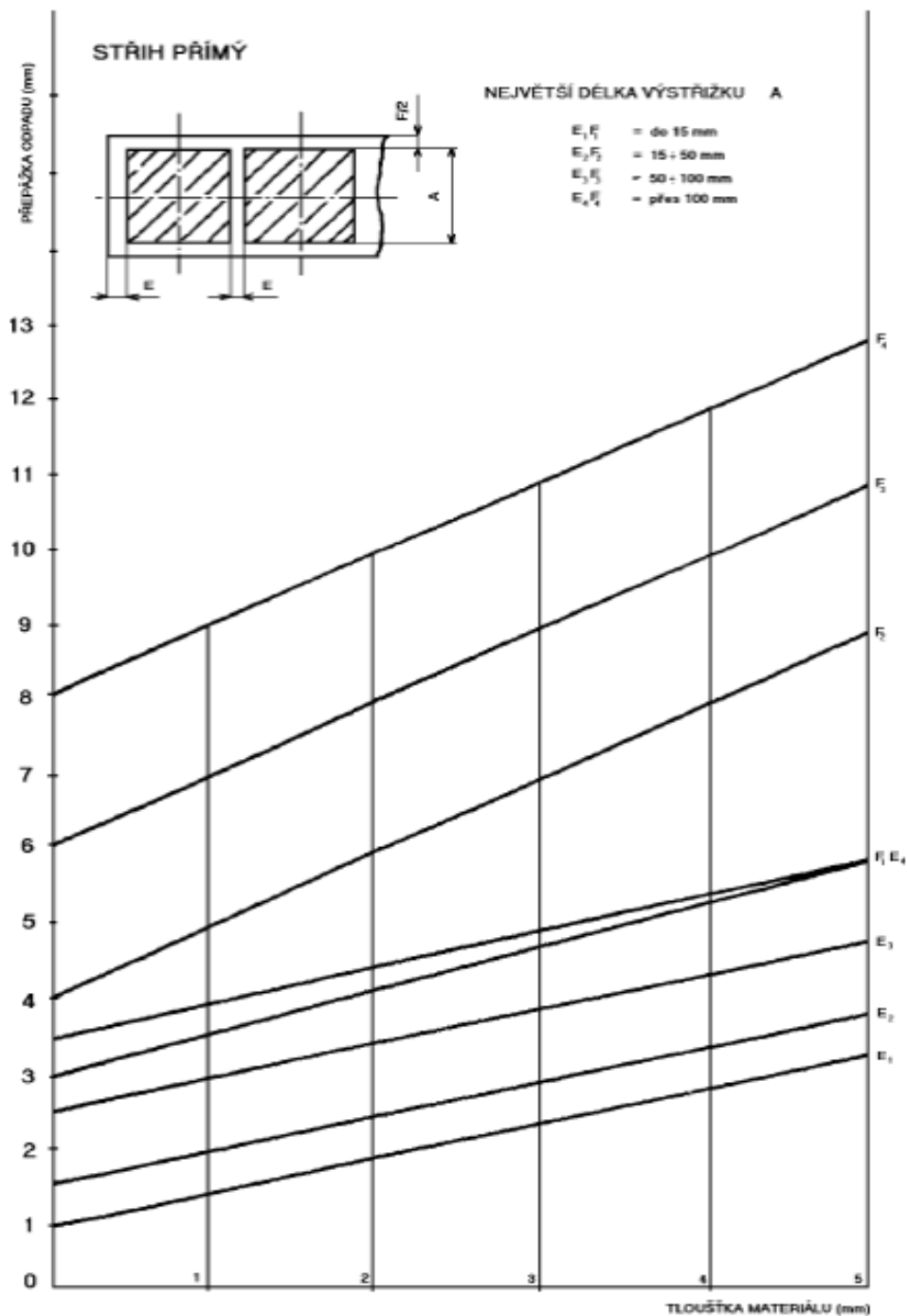
$Š$  – šířka pásu plechu [mm]

$K$  – velikost kroku (posun pásu) [mm]

$A$  – délka výstřížku [mm]

$B$  – šířka výstřížku [mm]

Tabule plechu je rozstříhána na pásy a výstřížky jsou uspořádány přímo za sebou. Velikost můstku a okrajů je volen podle tloušťky plechu, velikosti výrobku, druhu materiálu a uspořádání výstřížků.



Obr. 34 Velikost můstku a okrajů pro přímý stříh

Velikost můstku a okrajů je volena dle obr. 34. Podle největší délky výstřížku  $A = 35$  mm jsou určeny příslušné přímky v grafu, což v tomto případě znamená přímky  $E_2$  a  $F_2$ . Tloušťka plechu  $t = 1$  mm je zadána na vodorovné ose. V místě protnutí přímky  $E_2$  s tloušťkou plechu  $t$  lze ze svislé osy grafu odečíst hodnotu  $E = 1,5$  mm, která určuje

velikost potřebného můstku. Pro velikost okrajů se postupuje obdobně, ale je potřeba tuto hodnotu ještě rozdělit na obě strany výstřížku, proto  $F/2 = 2$  mm.

Velikost kroku  $K$  je rozměr, o který se pás posune. Je to tedy největší délka výstřížku  $A = 35$  mm a velikost můstku  $E = 1,5$  mm.

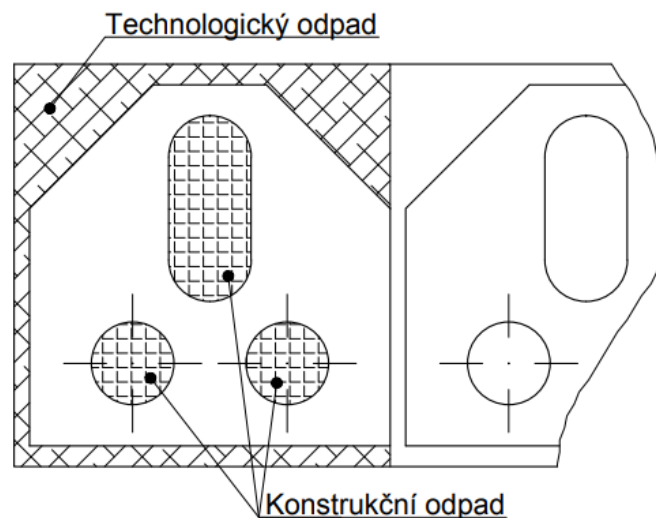
$$K = A + E = 35 + 1,5 = 36,5 \text{ mm} \quad (14)$$

Šířka jednotlivých pásů, na které je plech nastříhán se vypočítá, jako šířka výstřížku  $B = 35$  mm a velikost obou okrajů  $F = 4$  mm.

$$\check{S} = B + F = 35 + 4 = 39 \text{ mm} \quad (15)$$

### 7.3 Využití materiálu

Tabule plechu o rozměrech 900 x 2500 mm je rozdělena na pásy o šířce 39 mm a délce 2500 mm. Z jedné tabule je nastříháno 23 pásů, na jeden se vejde 68 výstřížků. Celkem je z tabule vystříháno 1564 výrobků.



Obr. 35 Odpad při stříhání

Součinitel využití materiálu se označuje  $k_m$ . Určí se v % a vyjadřuje, jak vhodně je navržen nástřihový plán.

$$k_m = \frac{S_v}{S_p} \cdot 100 = \frac{68 \cdot \left( 35 \cdot 35 - 2 \cdot \frac{\pi \cdot 8^2}{4} - 2 \cdot \frac{12 \cdot 12}{2} \right)}{39 \cdot 2500} = 68 \% \quad (16)$$

$S_v$  – plocha výstřížků [mm<sup>2</sup>]

$S_p$  – plocha pásu [mm<sup>2</sup>]

Z potencionálního využití tabule lze vypočítat množství spotřebovaného odpadu.

Potencionální využití tabule:

$$\frac{S_v}{S_t} \cdot 100 = \frac{1564 \cdot \left( 35 \cdot 35 - 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} - 2 \cdot \frac{12 \cdot 12}{2} \right)}{900 \cdot 2500} \cdot 100 = 68 \% \quad (17)$$

$S_p$  – plocha výstřížků [ $\text{mm}^2$ ]

$S_t$  – plocha tabule [ $\text{mm}^2$ ]

Množství odpadu je 32 %.

Pro výpočet odpadu v kg je potřeba vypočítat objem a hmotnost tabule. Hustota oceli při teplotě 20 °C je  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ .

Objem tabule:

$$V_t = S_t \cdot t = 0,9 \cdot 2,5 \cdot 0,001 = 0,00225 \text{ m}^3 \quad (18)$$

Hmotnost tabule:

$$\rho = \frac{m_t}{V_t} \rightarrow m_t = \rho \cdot V_t = 7850 \cdot 0,00225 = 17,6625 \text{ kg} \quad (19)$$

Hmotnost odpadu:

$$m_o = m_t \cdot \frac{32}{100} = 17,6625 \cdot \frac{32}{100} = 5,652 \text{ kg} \quad (20)$$

## 8 VÝPOČET STŘIŽNÉ SÍLY

Střížnou sílu se vypočítá ze vzorce:

$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot s \cdot 0,8 \cdot R_m \quad (21)$$

$F_s$  – střížná síla [N]

$n = 1,2 \div 1,55$  – koeficient zahrnující opotřebení nástroje

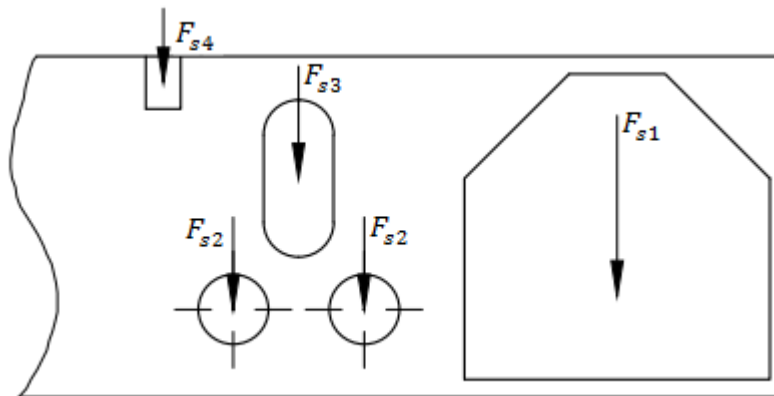
$l$  – délka stříhu (obvod všech střížných hran [mm])

$s$  – tloušťka stříhaného materiálu [mm]

$S$  – plocha stříhu ( $S = l \cdot s$ ) [mm<sup>2</sup>]

$\tau_s$  - střížný odpor ( $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ ) [MPa]

Stříhání je rozděleno do dvou dílčích střížných operací. První dílčí operace je děrování kruhových otvorů, děrování drážky a děrování otvoru na doraz, který je potřebný pro správný posun materiálu. V druhé dílčí operaci je vystřížen obvod výrobku. Na každý obvod, který je vystřížen, působí v těžišti výstřížku střížná síla. Z těchto sil se vypočítá výsledná síla.



Obr. 36 Střížné síly

### 8.1 Výpočet délky stříhu

Střížná délka pro obvod výstřížku:

$$l_1 = 35 + 2 \cdot 23 + 11 + 2 \cdot 16,97 = 125,94 \text{ mm} \quad (22)$$

Střížná délka kruhových otvorů:

$$l_2 = \pi \cdot 8 = 25,13 \text{ mm} \quad (23)$$

Střížná délka drážky:

$$l_3 = 2\pi \cdot 4 + 2 \cdot 10 = 45,13 \text{ mm} \quad (24)$$

Střížná délka dorazu:

$$l_4 = 2 \cdot 6 + 2 \cdot 4 = 20 \text{ mm} \quad (25)$$

Celková střížná délka:

$$l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 125,94 + 25,13 + 45,13 + 20 = 216,2 \text{ mm} \quad (26)$$

## 8.2 Výpočet střížné síly pro materiál tř. 11 373.1

Pro výpočet střížného odporu je potřeba znát experimentálně zjištěnou pevnost v tahu pro materiál tř. 11 373, která má pro tento materiál hodnotu  $R_m = 370 \text{ MPa}$ .

$$\tau_s = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 370 = 296 \text{ MPa} \quad (27)$$

Výpočet střížné síly pro materiál tř. 11 373:

$$F_s = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 216,2 \cdot 1 \cdot 296 = 76794,24 \text{ N} \quad (28)$$

Koeficient zahrnující opotřebení břitu je volen  $n = 1,2$ , protože při stříhání materiálu tř. 11 373 dochází k minimálnímu opotřebení nástroje.

## 8.3 Výpočet střížné síly pro materiál tř. 14 260.3

Pro výpočet střížného odporu je potřeba znát experimentálně zjištěnou pevnost v tahu pro materiál tř. 14 260, která má pro tento materiál hodnotu  $R_m = 880 \text{ MPa}$ .

$$\tau_s = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 880 = 704 \text{ MPa} \quad (27)$$

Výpočet střížné síly pro materiál tř. 14 260:

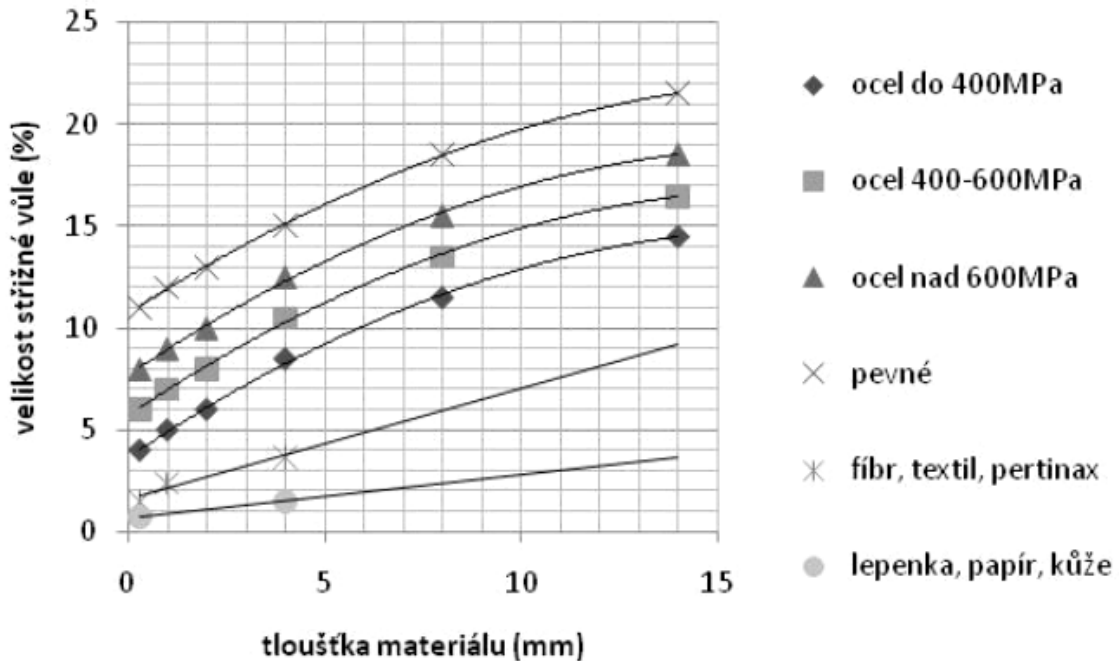
$$F_s = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_s = 1,5 \cdot 232,2 \cdot 1 \cdot 704 = 228307,2 \text{ N} \quad (28)$$

Pro stříhání je tato ocel vhodná, ale dochází k velkému opotřebení nástroje. Proto je volen koeficient zahrnující opotřebení břitu  $n = 1,5$ .



## 9 STŘIŽNÁ VŮLE

Střížná vůle mezi střížníkem a střížnicí je určena podle druhu stříhaného materiálu a jeho pevnosti v tahu. Pro běžné stříhání je voleno  $v = (4 \div 10) \% t$  [mm]



Obr. 37 Velikost střížné vůle

### 9.1 Střížná vůle pro materiál tř. 11 373.1

Pro materiál tř. 11 373.1, který má mez pevnosti  $R_m = 370$  MPa, musí být použita dle tabulky vůle  $v = 5 \% t$ .

$$v = 0,05 \cdot t = 0,05 \cdot 1 = 0,05 \text{ mm} \quad (29)$$

### 9.2 Střížná vůle pro materiál tř. 14 260.3

Pro materiál tř. 14 260.3, který má mez pevnosti  $R_m = 880$  MPa, musí být použita dle tabulky vůle  $v = 9 \% t$ .

$$v = 0,09 \cdot t = 0,09 \cdot 1 = 0,09 \text{ mm} \quad (30)$$

## 10 NÁVRH NÁSTROJE

Nástroj je složen ze dvou částí. Spodní část je upnuta na stole lisu a je nepohyblivá. Horní část nástroje je pomocí stopky uchycena v pohyblivé části lisu. Obě části se skládají z několika desek, které jsou spojeny pomocí šroubů.

### 10.1 Určení tolerance střížníků a střížnice

K určení tolerance pro střížník a střížnici je použit vztah:

$$t = \frac{v}{10} [mm] \quad (31)$$

$v$  – střížná vůle [mm]

$t$  – tolerance [mm]

Výpočet pro materiál 11 373.1

$$t = \frac{0,05}{10} = 0,005 \text{ mm} \quad (32)$$

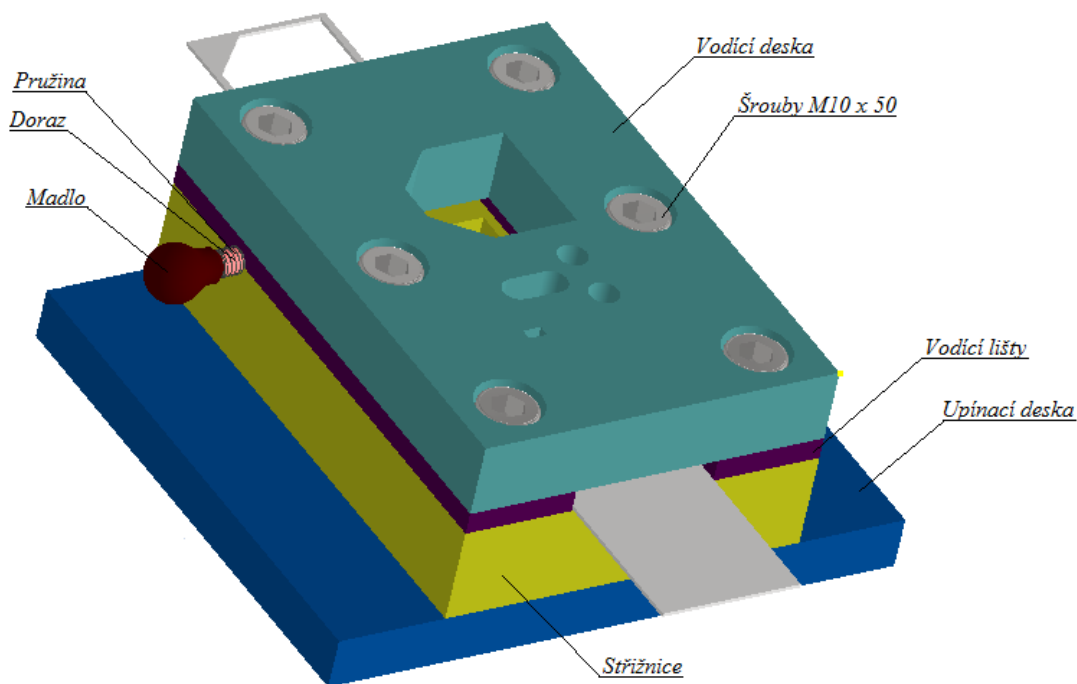
Výpočet pro materiál 14 260.3

$$t = \frac{0,09}{10} = 0,009 \text{ mm} \quad (33)$$

Tolerance pro dané materiály je příliš vysoká. Je dostačující tolerance  $t = 0,02$  mm pro oba materiály.

### 10.2 Spodní část nástroje

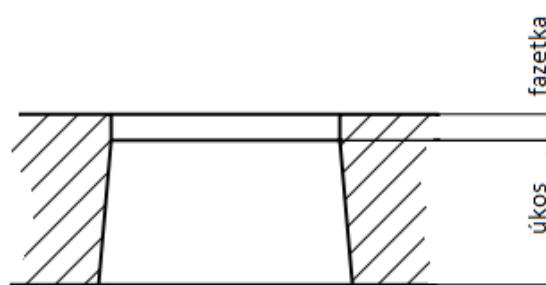
Spodní část nástroje je složena z několika desek. Upínací deska je za pomoci upínek připevněna ke spodní (nepohyblivé) části lisu. K této desce je za pomoci šroubů upevněna střížnice, která je z nástrojové oceli. Dále se nástroj skládá z vodících lišt a vodící desky, které zajišťují správné vedení střížníku. Ve vodících lištách je umístěn doraz, pomocí něho se zajišťuje správná poloha polotvaru.



Obr. 38 Spodní část nástroje

### 10.2.1 Střížnice

Ve střížnici musí být vytvořena fazetka, která slouží k přesnému vedení střížníků a minimalizuje tak tření a opotřebení. Výšky fazetky je zvolena 4 mm. Úkos pod fazetkou zajišťuje snadné propadnutí vystřiženého materiálu.



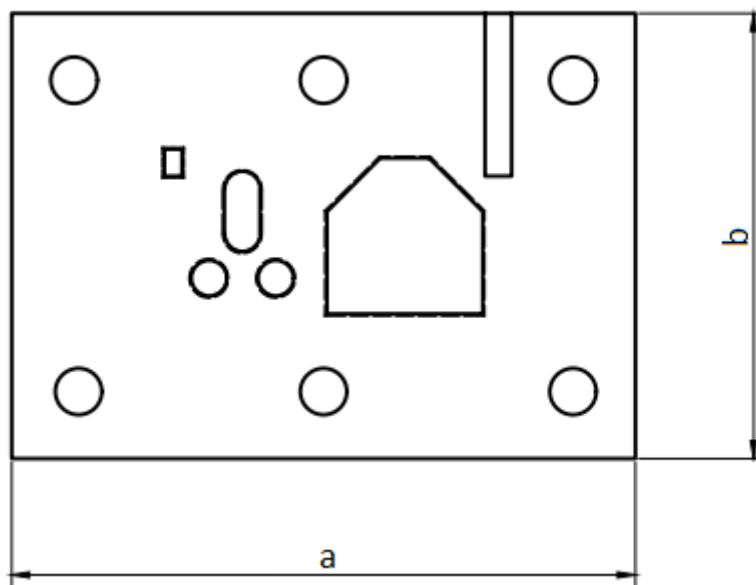
Obr. 39 Fazetka a úkos

Výška střížnice je určena podle jakosti a tloušťky stříhaného materiálu. Pro tloušťku plechu  $t = 1 \text{ mm}$  by měla být dostatečná výška střížnice  $H = 26 \text{ mm}$ .

Pro určení šířky a délky střížnice je potřeba určit minimální vzdálenost okrajů od střížných hran. S ohledem na umístění a velikost šroubů ve střížnici, je zvolena vzdálenost 30 mm.

$$a_{min} = 30 + 2 \cdot K + 30 = 30 + 2 \cdot 36,5 + 30 = 133 \text{ mm} \doteq 140 \text{ mm} \quad (34)$$

$$b_{min} = 30 + \check{S} + 30 = 30 + 39 + 30 = 99 \text{ mm} \doteq 100 \text{ mm} \quad (35)$$



Obr. 40 Rozměry střížnice

Jako materiál pro střížnici je vhodná nástrojová ocel 19 573.3, kterou lze použít pro stříhání za studena tj. všechny druhy nástrojů s velkou životností pro stříhání na lisech a děrování materiálů menších tloušťek, materiálů vysoké pevnosti. Pro vyšší pevnost je materiál kalen na teplotu 1000 – 1500 °C, a to v oleji, na vzduchu nebo v solné lázni.

### 10.2.2 Upínací deska

Upínací deska slouží k tlumení střížných rázů a upnutí nástroje ke stolu lisu. Výška desky  $H_1$  by měla odpovídat asi 1 - 1,5  $H$  výšky střížnice, ale z důvodu snížení výrobních nákladů a snížení hmotnosti je použita deska o výšce  $H_1 = 14\text{mm}$ . Délka desky je stejná jako u střížnice, což je  $a_1 = a = 140\text{ mm}$ , ale šířka je větší s ohledem na prostor pro upnutí  $b_1 = 160\text{ mm}$ . Jako materiál upínací desky je běžně používaná konstrukční uhlíková ocel 11 600.0 s obvyklými vlastnostmi.

### 10.2.3 Vodící lišty

Vodící lišty slouží k přesnému vedení materiálu. Výška vodících lišt je zvolena  $H_2 = 6\text{ mm}$ . Délka je stejná jako délka střížnice a upínací desky tedy  $a_2 = a = 140\text{ mm}$ . Šířka jedné lišty  $b_2 = 30\text{ mm}$ , protože mezera mezi nimi musí být větší než šířka stříhaného plechu. Materiál použitý na vodící lišty je ocel 11 600.0.

### 10.2.4 Vodící deska

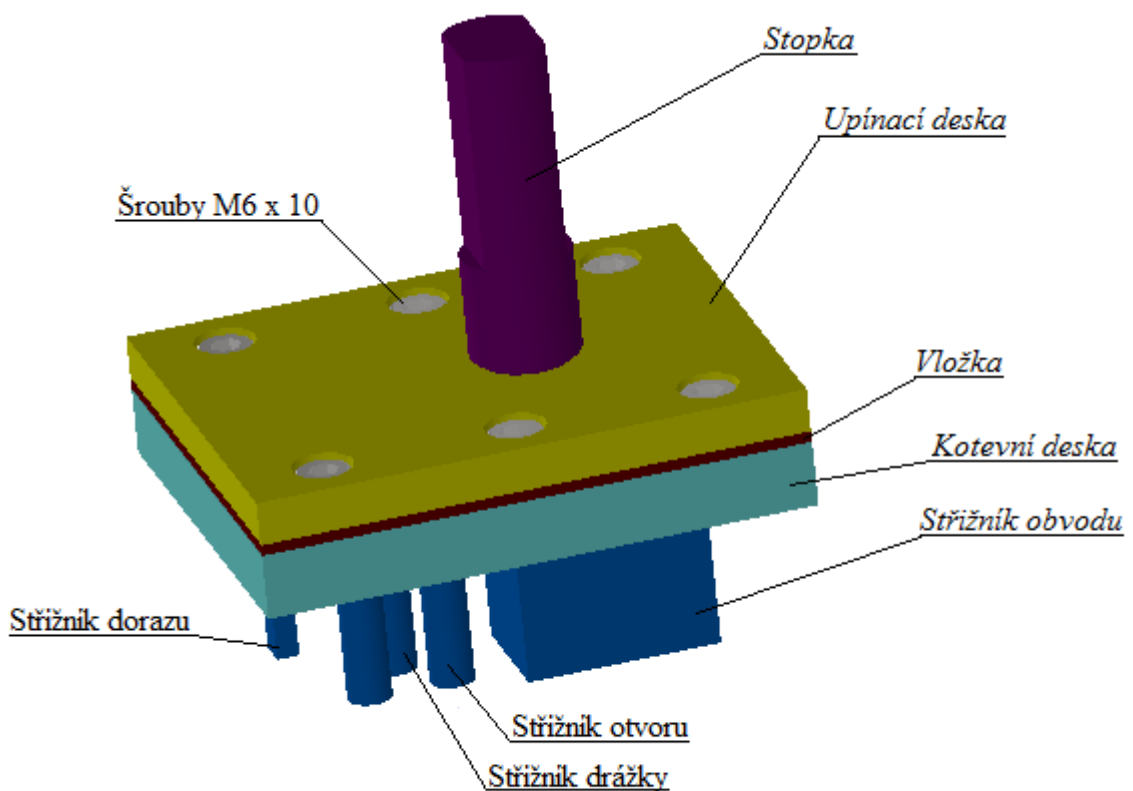
Vodící deska slouží k vedení střížníku. Výška desky  $H_3$  je použita s ohledem na výšku střížnice, a to  $0,8 - 1 H$ .

$$H_3 = 0,8 \cdot H = 0,8 \cdot 26 = 20,8 \text{ mm} \rightarrow 20 \text{ mm} \quad (36)$$

Délka a šířka desky je totožná jako rozměry střížnice. Materiál pro výrobu je konstrukční uhlíková ocel 11 600.0.

### 10.3 Horní část nástroje

Horní část nástroje se skládá ze tří desek. Upínací deska je uchycena pomocí stopky k pohyblivé části lisu. V kotevní desce jsou umístěny kalené střížníky z nástrojové oceli. Mezi těmito deskami je umístěna kalená deska, která zabraňuje protlačení střížníků do upínací desky. Desky jsou k sobě připevněny pomocí zahluobených šroubů.



Obr. 41 Horní část nástroje

### 10.3.1 Upínací deska

Výška upínací desky  $H_4$  je vybrána asi 0,3 - 0,8  $H$  výšky střížnice.

$$H_4 = 0,3 \cdot H = 0,3 \cdot 26 = 7,8 \text{ mm} \rightarrow 8 \text{ mm} \quad (37)$$

Délku upínací desky  $a_4$  lze použít 100 mm a šířku  $b_4 = 80$  mm. Jako materiál je vhodná konstrukční uhlíková ocel 11 600.0.

### 10.3.2 Kotevní deska

Výška kotevní desky je vyšší než výška upínací desky  $H_5 = 12$  mm, a to kvůli snadnějšímu ukotvení střížníků. Materiál je stejný, ocel 11 600.0, Délka  $a_5$  a šířka  $b_5$  je totožná s upínací deskou.

### 10.3.3 Vložka

Mezi kotevní a upínací deskou je umístěna vložka z kalené nástrojové oceli 19 573.3 o výšce  $H_6 = 2$  mm. Vložka zabraňuje protlačení střížníků do upínací desky. Její rozměry jsou také 100 x 80 mm.

### 10.3.4 Poloha stopky

Stopka je k upínací desce přišroubována pomocí závitu M10. Je umístěna v místě působitě výsledné síly.

Pro určení polohy výsledné síly je potřeba určit těžiště jednotlivých dílčích obrazců a také jejich obsah.

$$X_T = \frac{\sum_S^n x_i \cdot S_i}{S} \quad [mm] \quad (38)$$

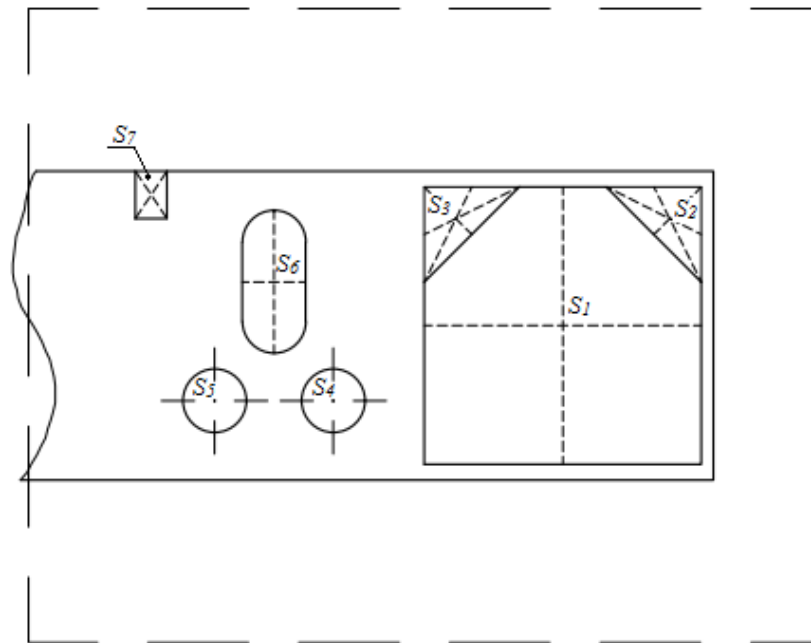
$$Y_T = \frac{\sum_S^n y_i \cdot S_i}{S} \quad [mm] \quad (39)$$

$S_i$  – Obsah dílčích obrazců [mm]

$S$  – Obsah celkového obrazce [mm]

$x_i$  – dílčí souřadnice v ose x [mm]

$y_i$  – dílčí souřadnice v ose y [mm]



Obr. 42 Výpočet polohy stopky

Na obr. 39 je graficky znázorněno těžiště dílčích obrazců. Výstřížky jsou rozděleny na sedm nákrešů. Pomocí grafického znázornění je vidět umístění těžišť jednotlivých částí.

Tabulka 1 Obsah dílčích obrazců a jejich souřadnice v ose x a y

	$S_i$ [mm]	$x_i$ [mm]	$y_i$ [mm]
$S_1$	$35 \cdot 35$	32,5	40
$S_2$	$\frac{12 \cdot 12}{2}$	19	53,5
$S_3$	$\frac{12 \cdot 12}{2}$	46	53,5
$S_4$	$\frac{\pi \cdot 8^2}{4}$	61,5	30,5
$S_5$	$\frac{\pi \cdot 8^2}{4}$	76,5	30,5
$S_6$	$\frac{\pi \cdot 8^2}{4} + 8 \cdot 10$	69	45,5
$S_7$	$4 \cdot 6$	71	46

$$X_i = \frac{x_1 \cdot S_1 - x_2 \cdot S_2 - x_3 \cdot S_3 + x_4 \cdot S_4 + x_5 \cdot S_5 + x_6 \cdot S_6 + x_7 \cdot S_7}{S} =$$

$$\frac{32,5 \cdot (35 \cdot 35) - 19 \cdot \left(\frac{12 \cdot 12}{2}\right) - 46 \cdot \left(\frac{12 \cdot 12}{2}\right) + 61,5 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4}\right) + 76,5 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4}\right) + 69 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4} + 8 \cdot 10\right) + 71 \cdot (4 \cdot 6)}{(35 \cdot 35) - \left(\frac{12 \cdot 12}{2}\right) - \left(\frac{12 \cdot 12}{2}\right) + \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4}\right) + \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4}\right) + \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4} + 8 \cdot 10\right) + (4 \cdot 6)} = 39,5 \text{ mm} \quad (40)$$

$$Y_i = \frac{y_1 \cdot S_1 - y_2 \cdot S_2 - y_3 \cdot S_3 + y_4 \cdot S_4 + y_5 \cdot S_5 + y_6 \cdot S_6 + y_7 \cdot S_7}{S} =$$

$$\frac{40 \cdot (35 \cdot 35) - 53,5 \cdot \left(\frac{12 \cdot 12}{2}\right) - 53,5 \cdot \left(\frac{12 \cdot 12}{2}\right) + 30,5 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4}\right) + 30,5 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4}\right) + 45,5 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4} + 8 \cdot 10\right) + 54,5 \cdot (4 \cdot 6)}{(35 \cdot 35) - \left(\frac{12 \cdot 12}{2}\right) - \left(\frac{12 \cdot 12}{2}\right) + \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4}\right) + \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4}\right) + \left(\frac{\pi \cdot 8^2}{4} + 8 \cdot 10\right) + (4 \cdot 6)}$$

$$= 38,63 \text{ mm} \quad (41)$$

### 10.3.5 Kontrola střížníku

Materiál, ze kterého jsou střížníky vyrobeny, je ze stejné nástrojové oceli jako střížnice, což je vhodné pro stříhání plechů do tloušťky 6mm.

Při kontrole střížníků je uvažován jako stříhaný materiál pouze ocel 14 260.3, protože pro ustříhnutí je potřeba vyvinout větší sílu, než při stříhání materiálu 11 373.1.

Pro kontrolu je potřeba vypočítat jednotlivé síly pro stříhání materiálu 14 260.3, které působí na každý střížník zvlášť.

Síla střížníku pro obvod:

$$F_{s1} = n \cdot l_1 \cdot s \cdot \tau_s = 1,5 \cdot 125,94 \cdot 1 \cdot 704 = 132992,64 \text{ N} \quad (42)$$

Síla střížníku pro díry:

$$F_{s2} = n \cdot l_2 \cdot s \cdot \tau_s = 1,5 \cdot 25,13 \cdot 1 \cdot 704 = 26537,28 \text{ N} \quad (43)$$

Síla střížníku pro drážku:

$$F_{s3} = n \cdot l_3 \cdot s \cdot \tau_s = 1,5 \cdot 45,13 \cdot 1 \cdot 704 = 47657,28 \text{ N} \quad (44)$$

Síla střížníku pro doraz:

$$F_{s4} = n \cdot l_4 \cdot s \cdot \tau_s = 1,5 \cdot 20 \cdot 1 \cdot 704 = 21120 \text{ N} \quad (45)$$

#### 10.3.5.1 Kontrola na vzpěr

Při kontrole na vzpěr je uvažován nejmenší průřez střížníku. Je potřeba znát také uložení konců. Jeden konec je upnutý pevně v kotevní desce a druhý volně vede v ose tyče.

$$F_{vz.k.} = \frac{2\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{l^2} \text{ [N]} \quad (46)$$



$E$  – modul pružnosti v tahu [MPa], pro ocel 19 573.3 je  $E = 1,8 \cdot 10^5 \text{ MPa}$

$J_{min}$  – kvadratický moment plochy [ $\text{mm}^4$ ], pro obdélníkový průřez  $J_{min} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$ , pro

kruhový průřez  $J_{min} = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$

$l$  – volná délka střížníku [mm]

Kontrola obdélníkového střížníku pro otvor na doraz:

$$F_{vz.k.} = \frac{2\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{l^2} = \frac{2\pi^2 \cdot E \cdot \frac{1}{6} b \cdot h^2}{l^2} = \frac{2\pi^2 \cdot 1,8 \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{6} \cdot 4 \cdot 6^2}{34^2} = 73765,9 \text{ N} \quad (47)$$

Podmínka pevnosti  $F_{vz.k.} \geq n \cdot F_{S4}$

$n$  – bezpečnostní koeficient, pro kalenou ocel  $n = 3$

$$F_{vz.k.} \geq n \cdot F_{S4} \rightarrow 73765,9 \text{ N} \geq 3 \cdot 21120 \text{ N} = 63360 \text{ N} \quad (48)$$

Kontrola kruhového střížníku pro otvory:

$$F_{vz.k.} = \frac{2\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{l^2} = \frac{2\pi^2 \cdot E \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{64}}{l^2} = \frac{2\pi^2 \cdot 1,8 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 8^4}{64}}{34^2} = 617979,77 \text{ N} \quad (49)$$

Podmínka pevnosti  $F_{vz.k.} \geq n \cdot F_{S4}$

$n$  – bezpečnostní koeficient, pro kalenou ocel  $n = 3$

$$F_{vz.k.} \geq n \cdot F_{S4} \rightarrow 617979,77 \text{ N} \geq 3 \cdot 26537,28 \text{ N} = 79611,84 \text{ N} \quad (50)$$

Pro kruhový a obdélníkový střížník jsou bezpečnostní podmínky na vzpěr splněny. Pro střížník na obvod a drážku není kontrola na vzpěr potřebná, protože mají střížníky dostatečně velký průřez, aby se zabránilo jejich prohnutí.

### 10.3.5.2 Kontrola na tlak

Dovolené napětí ve střížnících pro nástrojovou ocel je  $\sigma_{dov.} = 1200 \text{ MPa}$ . Pro zajištění pevnostních podmínek vycházíme ze vztahu:

$$\sigma_d = \frac{F_{sx}}{S} \leq \sigma_{dov.} \quad (51)$$

$\sigma_d$  – napětí ve střížníku [MPa]

$F_{sx}$  – střížná síla ve střížníku [N]

$S$  – průřez střížníku [ $\text{mm}^2$ ]

Kontrola střížníku pro obvod:

$$\sigma_{d1} = \frac{F_{s1}}{S_1 - S_2 - S_3} = \frac{132992,64}{(35 \cdot 35) - \left(\frac{12 \cdot 12}{2}\right) - \left(\frac{12 \cdot 12}{2}\right)} = 123,03 \text{ MPa} \quad (52)$$

$$\sigma_d \leq \sigma_{dov.} \rightarrow 123,03 \text{ MPa} \leq 1200 \text{ MPa} \quad (53)$$

Kontrola střížníku pro díry:

$$\sigma_{d2} = \frac{F_{s2}}{S_{5/4}} = \frac{26537,28}{\frac{\pi \cdot 8^2}{4}} = 527,94 \text{ MPa} \quad (54)$$

$$\sigma_d \leq \sigma_{dov.} \rightarrow 527,94 \text{ MPa} \leq 1200 \text{ MPa} \quad (55)$$

Kontrola střížníku pro drážku:

$$\sigma_{d3} = \frac{F_{s3}}{S_6} = \frac{47657,28}{\frac{\pi \cdot 8^2}{4} + 8 \cdot 10} = 365,85 \text{ MPa} \quad (56)$$

$$\sigma_d \leq \sigma_{dov.} \rightarrow 365,85 \text{ MPa} \leq 1200 \text{ MPa} \quad (57)$$

Kontrola střížníku pro doraz:

$$\sigma_{d4} = \frac{F_{s4}}{S_7} = \frac{21120}{6 \cdot 4} = 880 \text{ MPa} \quad (58)$$

$$\sigma_d \leq \sigma_{dov.} \rightarrow 880 \text{ MPa} \leq 1200 \text{ MPa} \quad (59)$$

Všechny střížníky vyhovují pevnostním podmínkám.

## 11 SHRNU TÍ

Cílem této práce je porovnat parametry stříhání pro dva různé materiály a vyhodnotit výhodnost těchto řešení.

Tabulka 2 Parametry stříhání pro materiál 11 373.1 a 14 260.3

	<b>Materiál 11 373.1</b>	<b>Materiál 14 260.3</b>
Střížná délka	2216,2 mm	
Pevnost v tahu	370 MPa	880 MPa
Střížný odpor	296 MPa	704 MPa
Střížná síla	76794 N	228307 N
Střížná vůle	0,05 mm	0,09 mm
Velikost kroku	36,5 mm	
Šířka pásu	39 mm	
Využití materiálu	68%	

V tabulce 2 jsou vypsány základní parametry pro stříhání. Z těchto hodnot jde vidět, že na ustříhnutí materiálu 14 260.3 je potřeba vyvinout větší střížnou sílu, větší střížnou vůli a dochází k většímu opotřebení nástroje než u materiálu 11 373.1. Z toho tedy plyne, že materiál 11 373.1 je vhodnější pro stříhání. Hodnoty pro materiál 14 260.3 jsou pro technologii stříhání ještě dostačující, a proto je možné použít oba materiály.

Využití materiálu je 68%. Při sériové výrobě je snaha dosáhnout co největšího procenta, aby vzniklý odpad byl co nejmenší. Toho lze docílit použitím jiného uspořádání nástřihového plánu např. víceřadým s pootočením. U víceřadého uspořádání je však potřeba vyvinout větší střížnou sílu než pro jednořadé uspořádání. Proto zde volíme pouze jednořadé přímé uspořádání.

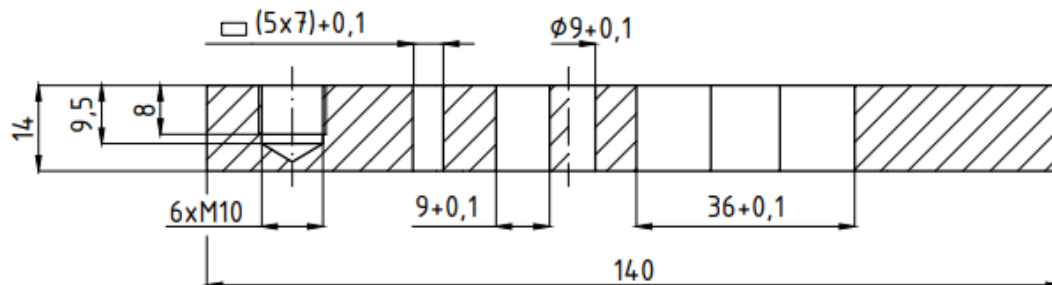
### 11.1 Konstrukční model

Konstrukční model stříhadla je zhotoven v 3D programu Autodesk Inventor tak, aby odpovídalo výpočtům, dalo se jednoduše upnout do lisu a byla zajištěna velikost kroku a přesnost vystřižených součástí.

Jednotlivé části stříhadla jsou vypsány v kusovnících, které jsou pro každou podsestavu zvlášť. Kusovník spodní části je v příloze PII a kusovník horní části je v příloze PIII.

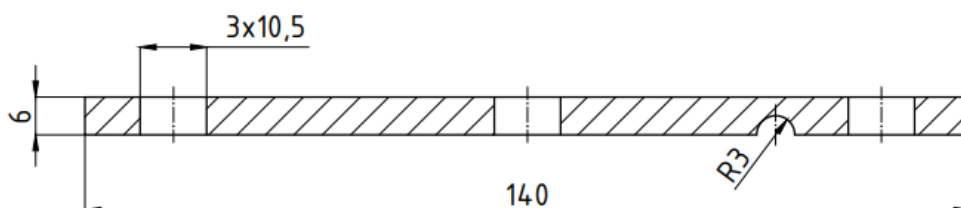
V kusovníku pro spodní část je vidět, že nástroj se skládá z několika desek. Výchozí deskou je střížnice, podle které jsou navrženy rozměry všech ostatních desek. Výkres střížnice je v příloze P VI.

Pod střížnicí je umístěna upínací deska, která je širší než střížnice, aby bylo zajištěno upnutí ke stolu lisu. Pro snadné vyhození výstřížků jsou zde otvory větší než otvory ve střížnici.



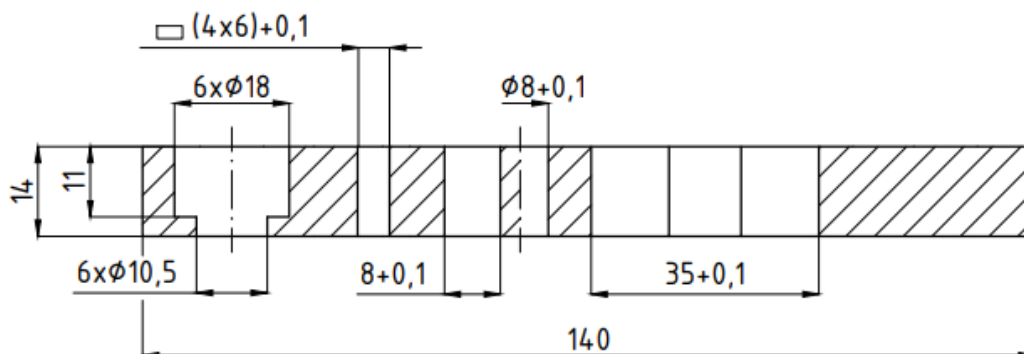
Obr. 43 Řez upínací deskou

Na střížnici leží dvě vodící lišty, které slouží k přesnému vedení pásu. Mezera mezi nimi je 40 mm.



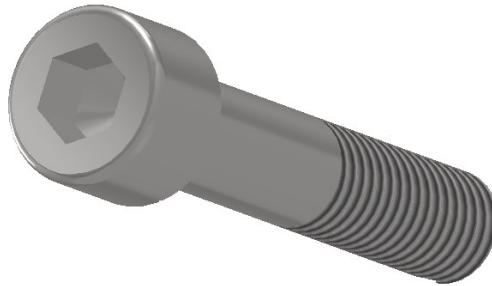
Obr. 44 Řez vodící lištou

Vodící deska, která slouží k přesnému vedení střížníků, je umístěna nad vodícími lištami. Aby nedocházelo k opotřebování střížníků, musí být zajištěna vůle, mezi otvory ve vodící liště a střížníky.



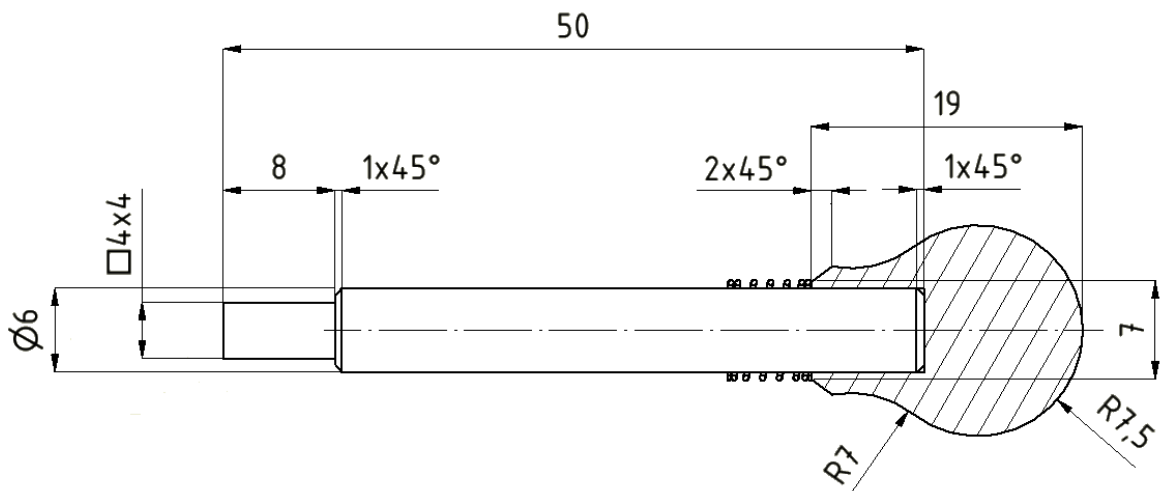
Obr. 45 Řez vodící deskou

Desky jsou spojeny pomocí šesti šroubů M10 x 45 tak, aby šroub procházel všemi deskami a byly zajištěny proti vzájemnému posunutí nebo pootočení.



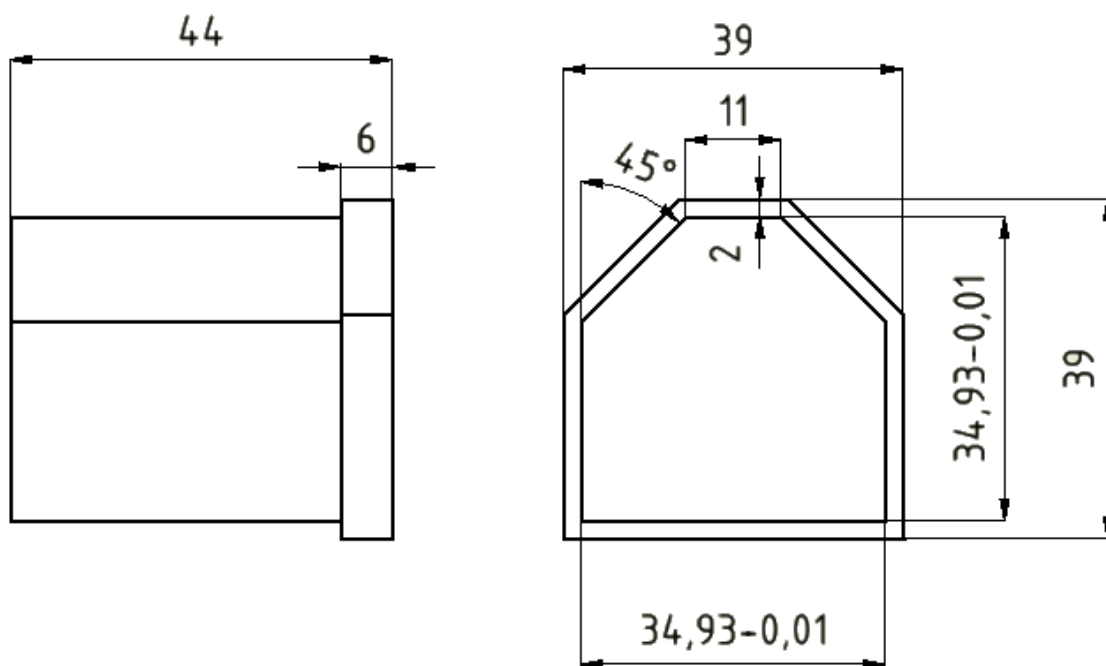
Obr. 46 Šroub M10 x 45

Aby bylo zajištěno přesné posunutí plechu o jeden krok, je mezi střížnicí a vodící lištou umístěn jednoduchý ruční mechanismus, který je složen z dorazu, pružiny a madla. V počátečním kroku je doraz stlačen a zajišťuje tak polohu pásu. V prvním střížném pohybu jsou vystřiženy otvory a s nimi i čtvercová drážka pro doraz. Při posuvu plechu je doraz opět stlačen a zasunut do vystřiženého otvoru tak, aby byla zajištěna přesná poloha pro vystřihnutí obvodu. Zpětný chod dorazu je zajištěn pomocí tlačné pružiny.

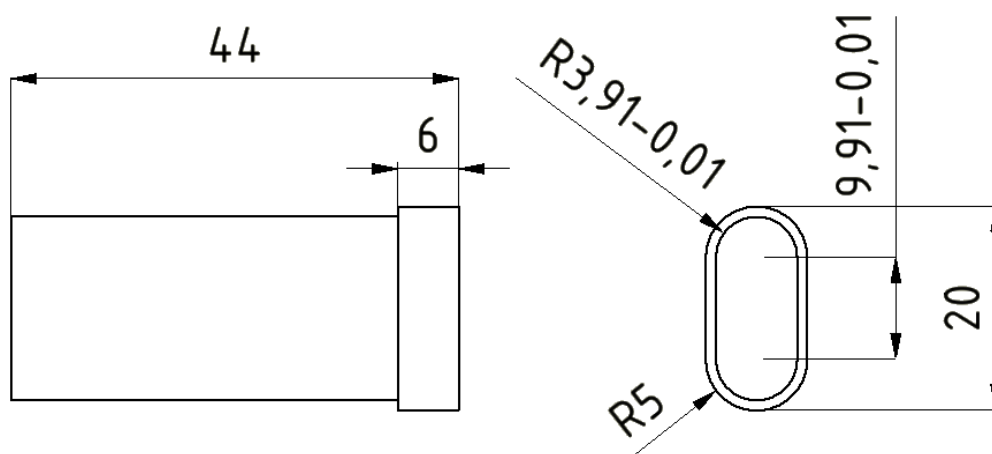


Obr. 47 Dorazový mechanismu

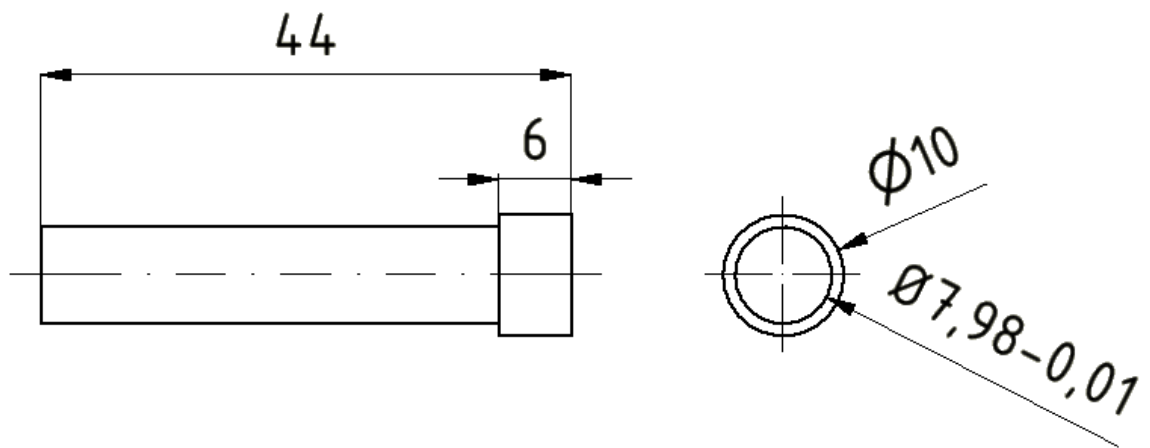
Horní část se skládá především ze střížníků, které slouží k přesnému vystřihnutí kruhových otvorů, drážky, dorazu a obvodu celého výstřižku.



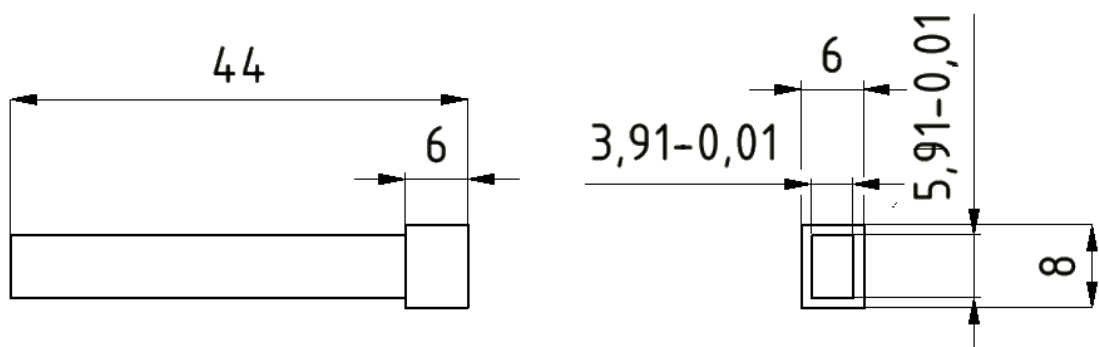
Obr. 48 Střižník obvodu



Obr. 49 Střižník drážky

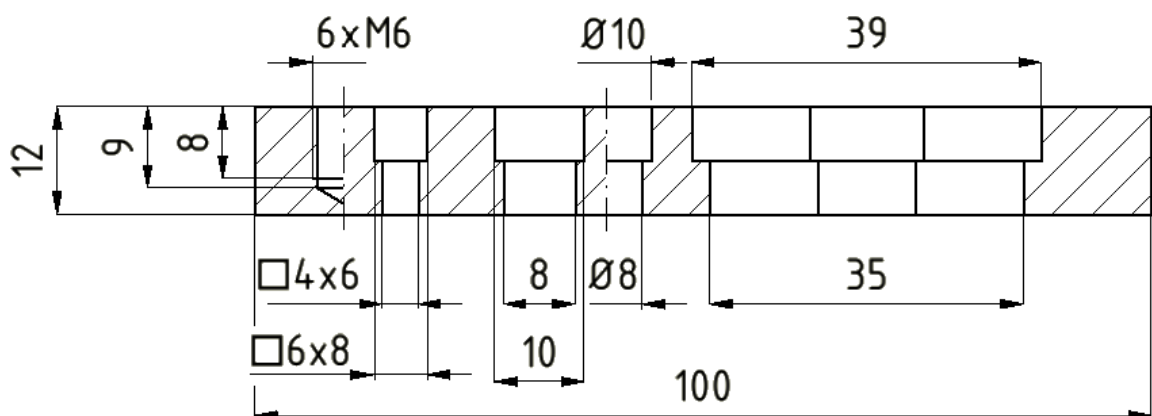


Obr. 50 Střížník kruhového otvoru



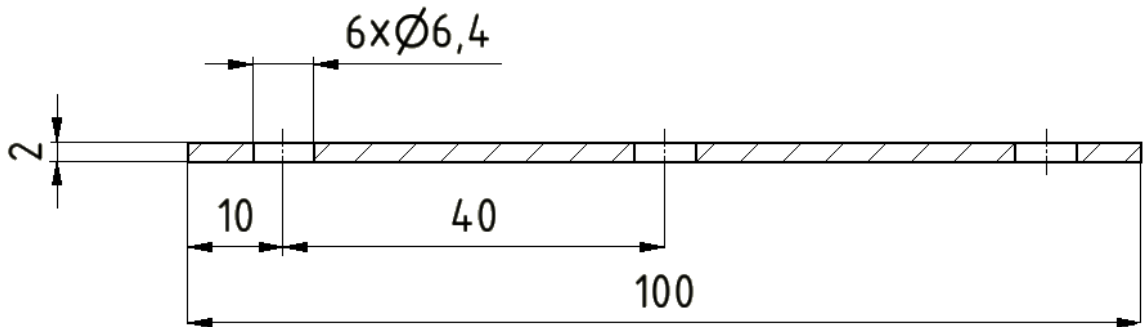
Obr. 51 Střížník dorazu

Střížníky jsou uloženy v kotevní desce, ve které jsou vyfrézovány drážky tak, aby se střížníky dali lehce vložit.



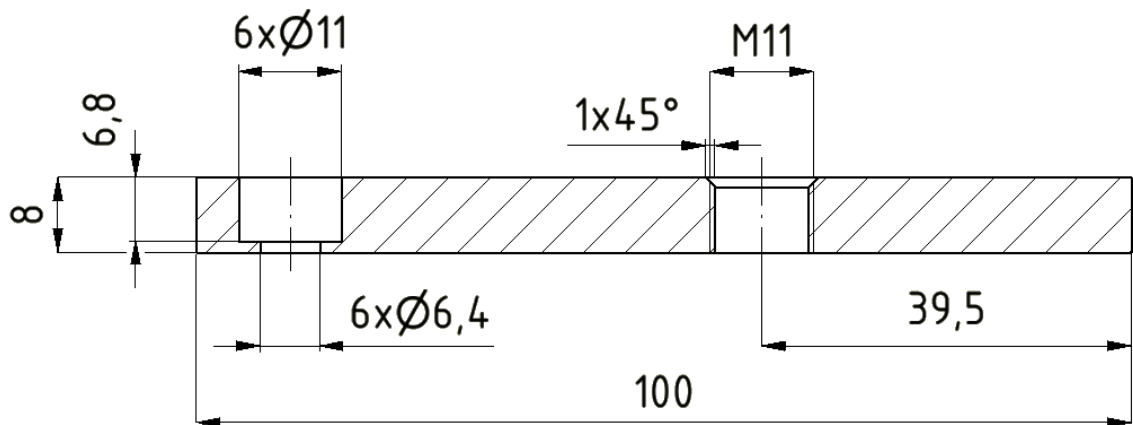
Obr. 52 Řez kotevní deskou

Mezi kotevní a upínací deskou je umístěna vložka z nástrojové oceli, která zabraňuje protlačení střížníků do upínací desky.



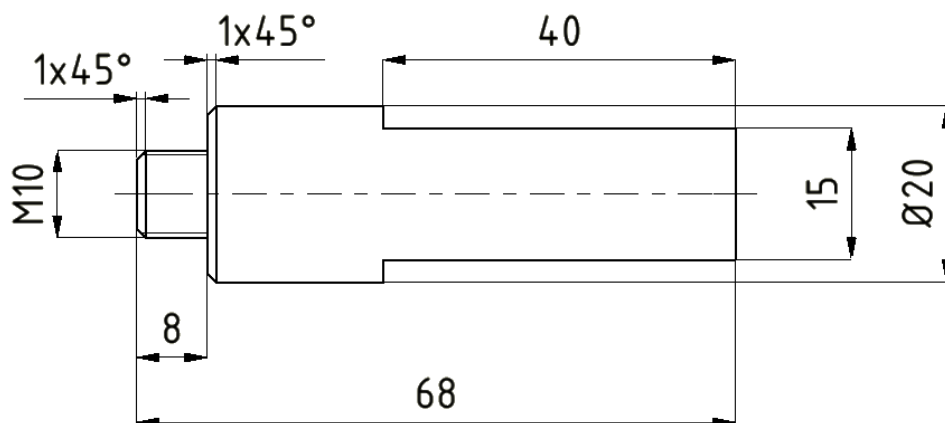
Obr. 53 Řez vložkou

Nad vložkou je upínací deska, v níž je umístěna stopka.



Obr. 54 Řez upínací deskou

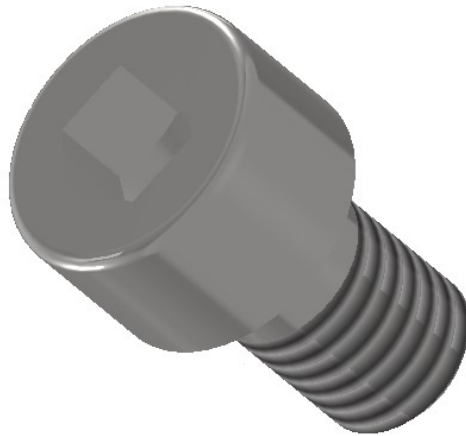
Do upínací desky je pomocí závitů uchycena stopka, která slouží pro upnutí horní části nástroje do pohyblivé části lisu.



Obr. 55 Stopka



Stejně jako desky spodní části, jsou i desky horní části zajištěny proti vzájemnému posunutí nebo pootočení, a to šesti šrouby M6 x 10.



Obr. 56 Šroub M6 x 10

## ZÁVĚR

Bakalářská práce je zpracována na téma postupového stříhání. Teoretická část se v první kapitole zabývá technologií tváření, která je rozdělena podle tvářecí teploty a podle působení vnějších sil. Druhá kapitola je zaměřena na stříhání, které obsahuje různé operace jako děrování, vysekávání, nastříhování, vystříhování atd. Je zde také popsán střížný proces, střížné síly, střížné vůle a nástřihový plán pro jednoduché stříhání. Dále je pak popsáno přesné stříhání plechů a jeho technologie. Postupové stříhání je popsáno ve čtvrté kapitole. Poslední část je zaměřena na speciální metody dělení materiálu, jako dělení laserovým paprskem, pulzním elektromagnetickým polem a ultrazvukem.

Praktické část navazuje na kapitolu postupového stříhání. Podle výrobního výkresu výstřížku je navržen nástřihový plán, stanoveno využití plechu a zvoleny dva materiály vhodné ke stříhání, a to ocel 11 373.1, což je neušlechtilá konstrukční ocel obvyklé jakosti vhodná ke svařování. Druhým materiálem je ocel 14 260.3, která je vhodná pro pružiny a rovinné součásti vyžadující odolnost proti opotřebení, není vhodná ke svařování a tvarování. Pro tyto materiály jsou vypočítány základní střížné parametry (střížná síla a střížná vůle). Pro materiál 11 373.1 je střížný odpor roven 296 MPa, střížná síla rovna 76794 N a střížná vůle je 0,05 mm. Pro materiál 14 260.3 je střížný odpor roven 704 MPa, střížná síla rovna 228307 N a střížná vůle je 0,09 mm.

V kapitole s názvem „Návrh nástroje“ je popsána tvorba nástroje v 3D programu Autodesk Inventor. V této části jsou také určeny hlavní rozměry veškerých součástí a tolerance střížníků a střížnice.

V poslední kapitole jsou tabulkově shrnuty a porovnány hlavní střížné parametry pro oba materiály. Cílem bakalářské práce bylo porovnat výhodnost řešení pro dva vybrané materiály. Z porovnaných střížných parametrů v tabulce 2 plyne, že materiál 11 373.1 je vhodnější ke stříhání, ale parametry materiálu 14 260.3 jsou dostačující, proto je vhodné použít oba materiály. Podkapitola „Konstrukční model“ je věnována jednotlivým součástem a jejich výkresům v řezu.

Výstupem řešení je model postupového střížného nástroje ve formátu AIM v programu Autodesk Inventor a tvoří elektronickou přílohu bakalářské práce PI. Taktéž elektronickou přílohu tvoří model podsestav horní a spodní části PII – PIII ve formátu AIM a modely jednotlivých součástí PIV – PXVII ve formátu IPT. Součástí elektronických příloh je

výkres sestav s kusovníkem PXVIII – PXV a výrobní výkres střížnice PXVI ve formátu PDF.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HÝSEK, Rudolf. *Tvářecí stroje*. 3., upravené a dopln. vyd. Praha: SNTL, 1980. Řada strojírenské literatury.
- [2] *Technologie tváření kovů* [online]. Liberec: Technická univerzita Liberec [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/01.htm#011](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm#011)
- [3] *Tváření za tepla* [online]. Třebešín, 2013 [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: [https://www.moodle-trebesin.cz/pluginfile.php/28220/mod\\_resource/content/1/Tv%C3%83%C2%A1%C3%85%C2%99en%C3%83%C2%AD%20za%20tepla.pdf](https://www.moodle-trebesin.cz/pluginfile.php/28220/mod_resource/content/1/Tv%C3%83%C2%A1%C3%85%C2%99en%C3%83%C2%AD%20za%20tepla.pdf)
- [4] *Technologie tváření kovů* [online]. 2009 [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: [http://old.kvm.tul.cz/studenti/texty/uvod\\_do\\_strojirenstvi/UdS-5pr.pdf](http://old.kvm.tul.cz/studenti/texty/uvod_do_strojirenstvi/UdS-5pr.pdf)
- [5] NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1980.
- [6] 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.
- [7] *Technologie plošného tváření - stříhání* [online]. Liberec: Technická univerzita Liberec [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm)
- [8] HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2*. 2., upr. vyd. Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-7183-244-8.
- [9] DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.
- [10] HLUCHÝ, Miroslav a Jan KOLOUCH. *Strojírenská technologie 1*. 4., rev. vyd. Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-26-5.
- [11] 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.
- [12] TSCHÄTSCH, H. *Metal Forming Practise*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.

- [13] BOLJANOVIC, Vukota; PAQUIN, J. R. *Die Design Fundamentals*. Industrial Press, 2006.
- [14] KOTOUČ, Jiří, et al. *Tvářecí nástroje*. 1. Vyd. Praha: ČVUT Praha, 1993. 349s. Skriptum. ISBN 80-01-01003-1.
- [15] GUIDI, Alfons. *Přistřihování a přesné stříhání*. Praha: SNTL, Řada strojírenské literatury.
- [16] Konstrukce odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství. *Dělení materiálů laserovým paprskem je stále na vzestupu zájmu* [online]. Ing. Jan Šplíchal Messer Technogas, 9. říjen 2020n. 1. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://konstrukce.cz/svarovani-a-deleni-materialu/deleni-materialu-laserovym-paprskem-je-stale-na-vzestupu-zajmu-591>
- [17] SCHULER. *Metal Forming Handbook*. Berlin: Springer, 1998, XX, 563 s. ISBN 35-406- 1185-1
- [18] *Technologie přesného stříhání* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2014 [cit. 2021-01-05]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/39611706-Vyroba-casti-univerzalniho-otviraku-technologiei-presneho-strihani.html>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$v_k$	Kritická nárazová rychlost	$m/s$
$\varepsilon$	Poměrná deformace	
$\rho$	Hustota	$kg/m^3$
$\sigma_k$	Okamžitá mez kluzu	MPa
$M_p$	Ohybový moment	MPa
$F$	Síla	N
$a$	délka	mm
$M_T$	Klopný moment	MPa
$T$	Tečná složka síly	N
$F_P$	Síla přidržovače	N
$F_S$	Střížná síla	N
$O$	Obvod stříhu	mm
$s$	Tloušťka plechu	mm
$\tau_s$	Napětí ve smyku	MPa
$b$	Délka stříhu	mm
$\varphi$	Úhel sklonu nožů	°
$\alpha$	Úhel sklonu řezné roviny	°
$v$	Střížná vůle	mm
$\tau_{ps}$	Pevnost ve stříhu	MPa
$C$	Součinitel závislý na druhu stříhání	
$D$	Jmenovitý rozměr výrobku	mm
$d$	Jmenovitý rozměr odpadu	mm
$U_s/U_m$	Tolerance výstřížku/odpadu	mm
$D_s$	Jmenovitý rozměr střížnice	mm

---

$d_s$	Jmenovitý rozměr střížníku	mm
$P_k/P_s$	Tolerance střížníku/střížnice	mm
$P_m$	Dovolená úchylka výstřížku	mm
$P_v$	Bod	
$A, B, C, D$	Bod	
$F_{V1}, F_{V2}, F_{V23}$	Síly ve vertikálním směru	N
$F_x, F_y$	Výslednice sil	N
$X$	Vzdálenost výslednice od osy y	mm
$k_m$	Součinitel využití materiálu	%
$m$	Hmotnost	kg
$V$	Objem	mm <sup>3</sup>
$S$	Obsah	mm <sup>2</sup>
$l$	Střížná délka	mm
$n$	Koeficient zahrnující opotřebení nástroje	
$\tau_s$	Střížný odpor	MPa
$R_m$	Pevnost v tahu	MPa

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Uspořádání vláken ve výrobku.....	12
Obrázek 2 Rozdělení tvářecích procesů podle teploty.....	13
Obrázek 3 Změna tvaru zrn v důsledku tváření .....	13
Obrázek 4 Oblast tvářecích teplot v diagramu FeFe <sub>3</sub> C .....	14
Obrázek 5 Závislost přetvářeného odporu na teplotě .....	15
Obrázek 6 Základní operace stříhání .....	18
Obrázek 7 Rozdíl délek stříhu při ptříhání rovnoběžnými a skluněnými noži .....	19
Obrázek 8 Úpravy střížníků a střížnic .....	19
Obrázek 9 Princip stříhání bez přídržovače .....	20
Obrázek 10 Kvalita střížné plochy.....	21
Obrázek 11 Rozložení zpevnění v oblasti střížné plochy .....	22
Obrázek 12 Rozložení zpevnění v okolí stříhu při různých rychlostech .....	23
Obrázek 13 Princip a silové působení u stříhu s rovnoběžnými noži.....	24
Obrázek 14 Povnání průběhu střížné síly při stříhání rovinými a šikmými nůžkami.....	25
Obrázek 15 Nástříhový plán .....	27
Obrázek 16 Přesné vystříhování .....	28
Obrázek 17 Přehled vybraných materiálů dle ČSN pro přesné stříhání .....	29
Obrázek 18 Schéma napjatosti při přesném vystříhování.....	30
Obrázek 19 Přesné stříhání se zaoblenými střížnými hranami .....	31
Obrázek 20 Způsoby přistříhování .....	32
Obrázek 21 Přesné stříhání se zkoseným přídržovačem.....	32
Obrázek 22 Vzorke ke stanovení rozměrů pracovní části stříhadel.....	35
Obrázek 23 Schéma nástroje – systém pohyblivý střížník a pevný přídržovač.....	36
Obrázek 24 Schéma nástroje – systém pevný střížník a pohyblivý přídržovač.....	37
Obrázek 25 Postupové stříhadlo .....	38



Obrázek 26 Sloučené stříhadlo .....	38
Obrázek 27 Velikost můstku.....	39
Obrázek 28 Výpočet těžiště střížných sil - graficky .....	41
Obrázek 29 Výpočet těžiště střížných sil - početně .....	41
Obrázek 30 Rozměry výstřížku .....	48
Obrázek 31 Materiálový list pro ocel 11 373 .....	49
Obrázek 32 Materiálový list pro ocel 14 260 .....	50
Obrázek 33 Nástřihový plán .....	52
Obrázek 34 Velikost můstků a okrajů pro přímý stříh.....	53
Obrázek 35 Odpad při stříhání.....	54
Obrázek 36 Střížné síly.....	56
Obrázek 37 Velikost střížné vůle.....	58
Obrázek 38 Spodní část nástroje.....	60
Obrázek 39 Fazetka a úkos .....	60
Obrázek 40 Rozměry střížnice.....	61
Obrázek 41 Horní část nástroje.....	62
Obrázek 42 Výpočet polohy stopky.....	64
Obrázek 43 Řez upínací deskou.....	68
Obrázek 44 Řez vodící lištou.....	68
Obrázek 45 Řez vodící deskou .....	68
Obrázek 46 Šroub M10 x 50.....	69
Obrázek 47 Dorazový mechanismus .....	69
Obrázek 48 Střížník obvodu .....	70
Obrázek 49 Střížník drážky .....	70
Obrázek 50 Střížník kruhového otvoru.....	71
Obrázek 51 Střížník dorazu .....	71

---

Obrázek 52 Řez kotevní deskou .....	71
Obrázek 53 Řez vložkou.....	72
Obrázek 54 Řez upínací deskou.....	72
Obrázek 55 Stopka.....	72
Obrázek 56 ŠroubM6 x 10.....	73

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Obsah dílčích obrazců a jejich souřadnice v ose x a y.....	63
Tabulka 2 Parametry stříhání pro materiál 11 373.1 a 14 260.3.....	68

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Sestava postupového střížného nástroje v sw. Inventor

Příloha P II: Sestava horní části v sw. Inventor

Příloha P III: Sestava spodní části v sw. Inventor

Příloha P IV: Upínací deska v sw. Inventor

Příloha P V: Střížnice v sw. Inventor

Příloha P VI: Vodící lišta v sw. Inventor

Příloha P VII: Vodící lišta s dírou v sw. Inventor

Příloha P VIII: Doraz v sw. Inventor

Příloha P IX: Madlo v sw. Inventor

Příloha P X: Pružina v sw. Inventor

Příloha P XI: Upínací deska střížníku v sw. Inventor

Příloha P XII: Kotevní deska v sw. Inventor

Příloha P XIII: Vložka v sw. Inventor

Příloha P XIV: Střížník dorazu v sw. Inventor

Příloha P XV: Střížník drážky v sw. Inventor

Příloha P XVI: Střížník otvoru v sw. Inventor

Příloha P XVII: Střížník obvodu v sw. Inventor

Příloha P XVIII: Stopka v sw. Inventor

Příloha P XIX: Kusovník spodní části

Příloha P XX: Výkres sestavy spodní části

Příloha P XXI: Výkres sestavy horní části

Příloha P XXII: Výrobní výkres střížnice

# PŘÍLOHA P XVIII: KUSOVNÍK SPODNÍ ČÁSTI

POZ.	NÁZEV - OZNAČENÍ	POLOTVAR	MN.
	VÝKRES - NORMA	MATERIÁL	
1.	UPÍNAČÍ DESKA 01-BP-3TZ1	ŠIROKÁ OCEL 170 X 16 - 150 ČSN 42 5524.0 11 600.0	1KS
2.	STRÍŽNICE 02-BP-3TZ1	PLO 155 X 30 - 150 ČSN 42 5526.10 19 573.3	1KS
3.	VODICÍ LIŠTA 03-BP-3TZ1	TYČ PLOCHÁ 30 X 7 - 150 ČSN 42 5522.01 11 600.0	1KS
4.	VODICÍ LIŠTA S DÍROU 04-BP-3TZ1	TYČ PLOCHÁ 30 X 7 - 150 ČSN 42 5522.01 11 600.0	1KS
5.	VODICÍ DESKA 05-BP-3TZ1	ŠIROKÁ OCEL 160 X 25 - 150 ČSN 42 5524.0 11 600.0	1KS
6.	DORAZ 06-BP-3TZ1	Ø6 - 52 ČSN 42 5510.12 11 600	1KS
7.	MADLO 07-BP-3TZ1	Ø16 - 22 ČSN 42 5510.12 11 600	1KS
8.	TLAČNÁ PRUŽINA	ČSN 02 6202	1KS
9.	ŠROUB M10 X 45	ČSN 02 1143	6KS

ZOBRAZENÍ	MĚŘÍTKO	1:1	SYMBOL	ZMĚNA	DATUM	POPIS
	HODNOTA STAVU POVRCHU	Ra				
POZNAMKA	VŠEOBECNÁ TOLERANCE	ISO 2768-m	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY	21-BP-3TZ1		
MATERIÁL	TŘ. ODPADU	001	UTB-FT			
ROZMĚR, POLOTVAR	HR. HMOTNOST	Č. HMOTNOST	NÁZEV			
PRACOVNÍ SKUPINA	3TZ1		SPODNÍ ČÁST			
VYPRACOVAL	MUDRÁKOVÁ		ČÍSLO VÝKRESU			
KONTROLOVAL			21-BP-3TZ1			
DATUM	10. 5. 2021	ROZMĚRY VÝKRESU	A4			

# PŘÍLOHA P XIV: VÝKRES SESTAVY SPODNÍ ČÁTI

