

# Stanovení technologie tváření plechového dílu

Ondřej Štalmach

---

Bakalářská práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Ondřej Štalmach
Osobní číslo:	T21047
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Stanovení technologie tváření plechového dílu

## Zásady pro vypracování

- Teoretická rešerše na dané téma
- Návrh technologie postupového stříhání plechového dílu
- Matematické výpočty stříhu
- Sestavení CAD modelu postupového nástroje
- Vytvoření podkladů pro bezvýkresovou výrobu

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

**Seznam doporučené literatury:**

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.

WANG, Darren, ed. *Handbook of metal forming process*. New York: NY research press, [2015], VI, 212 s. ISBN 978-1-63238-253-5.

ALTAN, Taylan a A. Erman TEKKAYAY, ed. *Sheet metal forming fundamentals*. Ohio: ASM International, [2012], XIII, 296 s. ISBN 978-1-61503-842-8.

BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014, 173 s. ISBN 9788074544712.

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

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

L.S.

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

**doc. Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 4. března 2024

## 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 užit 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:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Hlavním cílem této bakalářské práce je stanovení technologie pro tváření plechového dílu a hodnocení efektivity a správnosti navrženého řešení. Teoretická část práce se zaměřuje na základní metody tváření, zejména plošné tváření stříháním, kde je podrobněji rozebírána teorie stříhání a střížného nástroje. V závěrečné části je diskutována technologie ražení. Praktická část práce se zabývá návrhem nástřihového plánu a provedením výpočtů střížné síly a střížné vůle. Nakonec je navržena sestava postupového střížného nástroje a provedeno 3D modelování.

Klíčová slova: tváření, stříhání, střížný nástroj, střížník, střížnice, ražení

## **ABSTRACT**

The main objective of this bachelor work is to determine the technology for the forming of a sheet metal part and to evaluate the efficiency and correctness of the proposed solution. The theoretical part of the thesis focuses on the basic forming methods, in particular the flat shear forming, where the theory of shearing and the shearing tool is discussed in detail. In the final part the stamping technology is discussed. The practical part of the work deals with the design of the cutting plan and the calculation of the shearing force and shearing clearance. Lastly, the assembly of the progressive shearing tool is designed and 3D modelling is performed.

Keywords: forming, shearing, shearing tool, punch, die, stamping

Mé hlavní poděkování patří mému vedoucímu doc. Ing. Ondřeji Bílkovi, PhD za cenné rady, pomoc a ochotu mi kdykoliv poradit při vypracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat společnosti ROSTRA s.r.o za možnost spolupracovat na této bakalářské práci, jmenovitě bych chtěl poděkovat p. Ing. Miroslavovi Smudovi, p. Ing. Liborovi Matyáščíkovi a mým spolupracovníkům za poznatky a cenné rady z praxe. V poslední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině a také mým blízkým kteří přišli, ale taky i těm, kteří odešli.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové 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 PODLE TEPLoty TVÁŘENÉHO PROCESU.....	12
1.1.1 Tváření za studena.....	13
1.1.2 Tváření za tepla .....	13
1.1.3 Tváření za poloohřevu.....	14
1.2 ROZDĚLENÍ PODLE ÚČINKU TVÁŘECÍ SÍLY .....	14
1.3 ROZDĚLENÍ PODLE POUŽITÉ TECHNOLOGIE .....	14
<b>2 STŘÍHÁNÍ</b> .....	<b>15</b>
2.1 ROZDĚLENÍ PODLE KONSTRUKCE NOŽŮ .....	15
2.1.1 Stříhání rovnoběžnými noži .....	16
2.1.2 Stříhání skloněnými noži.....	16
2.1.3 Stříhání kotoučovými noži .....	17
2.2 ROZDĚLENÍ STŘÍHÁNÍ PODLE TYPu OPERACE.....	17
2.3 STŘIŽNÝ PROCES .....	18
2.3.1 Střížná plocha.....	19
2.3.2 Střížná vůle.....	20
2.3.3 Rychlost stříhání.....	21
2.4 STŘIŽNÁ SÍLA .....	21
2.4.1 Síla pro rovnoběžné nože .....	22
2.4.2 Síla pro šikmé nože .....	22
2.4.3 Síla pro kotoučové nože .....	22
<b>3 TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ</b> .....	<b>23</b>
3.1 STŘÍHÁNÍ S TLAČNOU HRANOU.....	23
3.2 STŘÍHÁNÍ SE ZÁPORNou VŮLI.....	24
3.3 VYSTŘIHOVÁNÍ SE ZAOBLENÝMI STŘIŽNÝMI HRANAMI .....	25
<b>4 STŘIŽNÝ NÁSTROJ</b> .....	<b>26</b>
4.1 ROZDĚLENÍ STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ .....	26
4.2 STŘIŽNÍK .....	28
4.2.1 Tvary střížníků .....	29
4.2.2 Povolávání střížníků.....	29
4.3 STŘIŽNICE .....	29
4.3.1 Střížné otvory .....	30
4.4 STÍRACÍ DESKA.....	31
4.5 HLEDÁČKY .....	32

4.6	DORAZY .....	32
4.7	VODÍCÍ LIŠTY .....	32
4.8	NÁSTŘIHOVÝ PLÁN.....	33
<b>5</b>	<b>RAŽENÍ .....</b>	<b>36</b>
5.1	RAŽENÍ (EMBOSOVÁNÍ).....	36
5.2	KALIBROVÁNÍ .....	36
5.3	ROVNÁNÍ.....	37
5.4	VÝPOČET SÍLY A MECHANICKÉ PRÁCE.....	37
5.5	RAZÍCÍ NÁSTROJ .....	38
<b>6</b>	<b>SHRnutí TEORETICKÉ ČÁSTI PRÁCE.....</b>	<b>39</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>41</b>
8.1	MATERIÁL VÝSTŘIŽKU .....	42
8.2	ROZMĚRY VÝSTŘIŽKU .....	42
<b>9</b>	<b>VÝPOČTOVÁ ČÁST.....</b>	<b>44</b>
9.1	NÁSTŘIHOVÝ PLÁN.....	44
9.2	VYUŽITÍ MATERIÁLU .....	47
9.3	VÝPOČET STŘIŽNÝCH SIL.....	48
9.4	VÝPOČET STŘIŽNÉ VŮLE.....	49
9.5	PEVNOSTNÍ KONTROLA STŘIŽNÍKU .....	49
9.5.1	Kontrola na tlak.....	49
9.5.2	Kontrola na vzpěr.....	50
9.6	VÝPOČET TLAČNÉ HRANY .....	52
9.7	VÝPOČET SÍLY PŘI RAŽENÍ.....	53
9.8	VÝPOČET POLOHY STOPKY .....	53
<b>10</b>	<b>KONSTRUKČNÍ ČÁST .....</b>	<b>55</b>
10.1	BEZ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....	55
10.2	SPODNÍ ČÁST NÁSTROJE .....	56
10.2.1	Střižnice.....	57
10.2.2	Upínací deska .....	58
10.2.3	Vodící lišty .....	58
10.3	HORNÍ A PROSTŘEDNÍ ČÁST NÁSTROJE .....	59
10.3.1	Střižníky .....	61
10.3.2	Upínací desky.....	62
10.3.3	Kotevní desky.....	63
10.3.4	Držák ražení .....	64
10.3.5	Stírací deska .....	65
10.3.6	Hledáček.....	66



<b>11</b>	<b>ZVOLENÝ LIS.....</b>	<b>67</b>
<b>12</b>	<b>TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>69</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>79</b>

## ÚVOD

V dnešní době se průmyslová výroba neustále vyvíjí a zavádí stále sofistikovanější technologie a postupy, aby uspokojila rostoucí poptávku po inovativních výrobcích. Jednou z klíčových technik používaných ve zpracovatelském průmyslu je tváření materiálů. Tváření materiálů zahrnuje širokou škálu procesů, jako například tváření za tepla nebo za studena, které umožňují formování kovových a nekovových materiálů do požadovaných tvarů a rozměrů. Tato technika hraje klíčovou roli v různých odvětvích průmyslu, včetně automobilového, leteckého anebo stavebního. Cílem této bakalářské práce je poskytnout ucelený pohled na procesy tváření materiálů, kde se hlavně zaměří na metodu plošného tváření za studena stříháním. Stříhání plechů je jedním z nejdůležitějších procesů v průmyslové výrobě, který umožňuje přesné a efektivní rozdělení plechových materiálů do požadovaných tvarů a rozměrů. Tento proces je klíčovým prvkem ve výrobě automobilů, spotřebičů, elektroniky a mnoha dalších výrobků. V práci budou detailně popsány jednotlivé faktory a klíčové aspekty související s plošným stříháním, jako je samotný proces stříhání, střížná síla a střížná vůle. Tyto faktory jsou klíčové pro návrh nástrojů využívaných při tomto druhu tváření materiálů. Dále se popíšu různé typů střížných nožů a jejich specifických vlastností, které mají vliv na účinnost a kvalitu stříhacích operací. Dále se rozebere jednotlivé metody přesného stříhání, které je klíčové pro přesné tvary plechů. Tato metoda je důležitá v automobilovém průmyslu z důvodu požadované velké přesnosti jednotlivých výstřižků. V následující část bude zaměřena na střížný nástroj, který představuje klíčový prvek v procesu tváření materiálů. Jeho správný návrh a provedení má zásadní vliv na kvalitu, efektivitu a spolehlivost celého stříhacího procesu. Střížný nástroj se skládá z různých částí, jako například střížníky, střížnice a dalších komponent. Tyto jednotlivé části společně umožňují oddělení materiálu podle požadovaného tvaru a rozměru. Přesný a pečlivý návrh střížného nástroje je zásadní pro dosažení požadovaných výsledků, zejména v oblastech, kde je vyžadována vysoká přesnost a sériovost výroby, jako například v automobilovém průmyslu. V závěrečné teoretické části se povídá o metodě objemového tváření ražením. Ta je důležitá v oblasti automobilového průmyslu jako například ke značení výrobků. Praktická část se zabývá návrhem střížného nástroje požadovaného výstřižku, který je výstřižkem firmy ROSTRA s.r.o. Pro to, aby byl střížný nástroj správně navržen se využije veškeré teoretické znalosti, jako je návrh nástřihového plánu, výpočet maximální střížné síly apod., ale také se využijí i znalosti z praxe.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

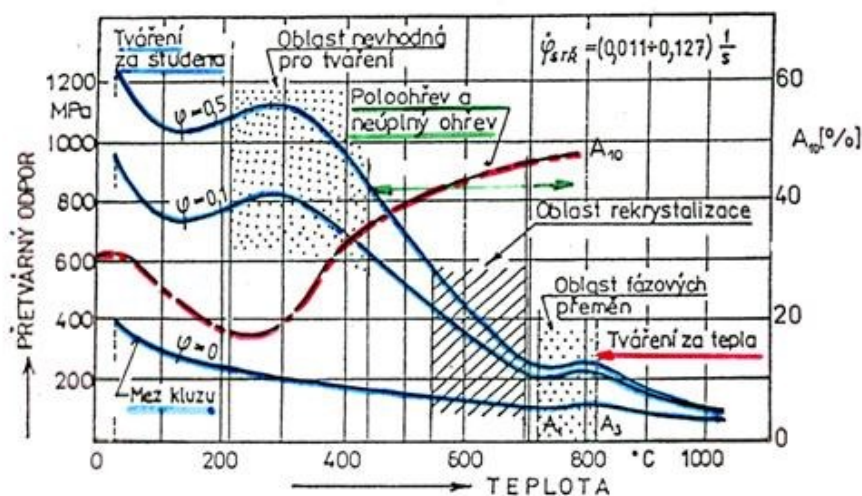
# 1 TVÁŘENÍ

Tváření materiálu velkými plastickými deformacemi je proces, při kterém dochází k trvalé změně tvaru a rozměrů materiálu pod působením vnějších sil pomocí tvářecího nástroje a stroje. Tímto procesem se vyvolává stav napjatosti v materiálu nad jeho mez kluzu, což vede k trvalé deformaci v požadovaného směru a velikosti bez porušení materiálu. Tato metoda je zejména vhodná pro materiály, které umožňují trvalou deformaci bez rizika porušení. Tváření má značný význam:

- Zajišťuje vysokou produktivitu práce, včetně možnosti automatizace, což přispívá k efektivitě výrobního procesu.
- Přináší vysokou hospodárnost díky beztržkovému zpracování a minimalizaci množství odpadu, což snižuje náklady a zvyšuje efektivitu využití materiálu.
- Zlepšuje vlastnosti kovů, jako je pevnost a houževnatost, a při tváření za studena nedochází k přerušování vláken, což zvyšuje odolnost materiálu proti únavě.
- Je vhodné především pro větší série výroby, zvláště vzhledem k ceně nástrojů, která se amortizuje při větším množství vyrobených dílů. [19]

## 1.1 Rozdělení podle teploty tvářecího procesu

Při změně teploty se mění schopnost materiálu (např. oceli) odolávat deformaci při tváření. Na obrázku 1 lze vidět diagram závislosti přetvárného odporu k teplotě, kde lze vyčíst, že s rostoucí teplotou se zvyšují plastické vlastnosti kovů a jejich slitin. [1]

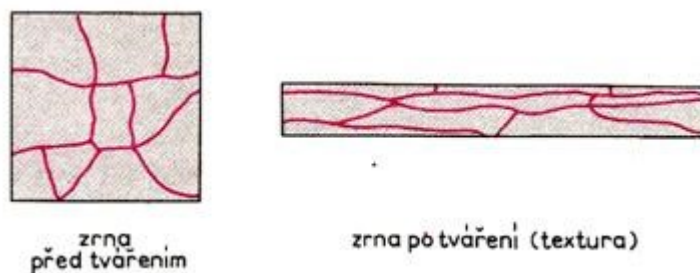


Obrázek 1 Rozdělení tvářecích procesů podle teploty [1]

Rozdělení tvářecích procesů podle teploty je založena na vztahu mezi pracovní teplotou materiálu během tváření a teplotou, při které dochází k rekrystalizaci materiálu. Rekrystalizační teplota představuje bod, kdy dochází k regeneraci deformovaných zrn v materiálu vytvořených během tváření za studena, aniž by došlo k jakýmkoliv změnám v krystalové struktuře. Tím se umožňuje rozdělení tvářecích technologií podle teplotních parametrů. [1]

### 1.1.1 Tváření za studena

Tváření se provádí při teplotách pod rekrystalizační teplotou, kdy teplota procesu tváření činí méně než 30 % teploty tání daného materiálu. V důsledku toho dochází k zpevňování materiálu, což přetrvává a zvyšuje odpor proti dalšímu tváření. Zrna materiálu jsou deformována ve směru tváření a vytváří se textura. Zpevněním se zvyšují mechanické vlastnosti, jako je pevnost a kluz, avšak současně se snižuje plasticita a formovatelnost. Tento proces poskytuje výhodu vysoké přesnosti rozměrů, kvalitního povrchu bez okují a zlepšení vlastností zpevněním. Nicméně, nevýhodou je nutnost použití velké síly k deformaci materiálu, nepravidelné zpevňování a omezená formovatelnost materiálu.



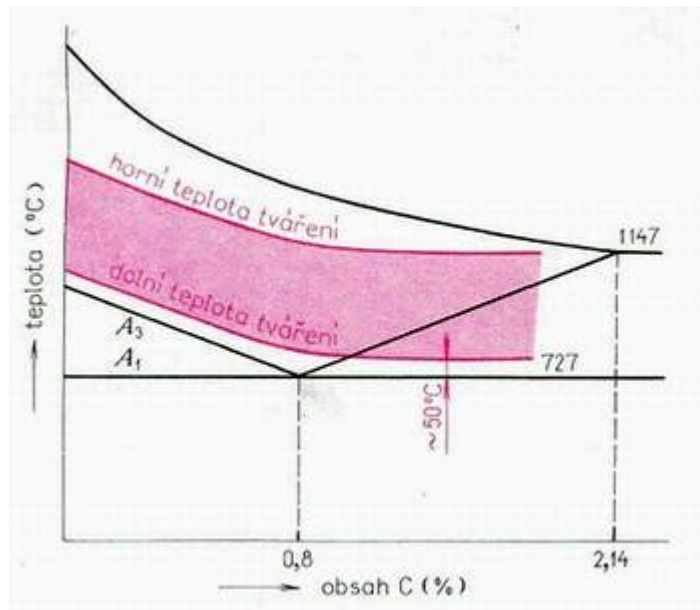
Obrázek 2 Změna tvaru zrn v důsledku tváření [1]

### 1.1.2 Tváření za tepla

Tváření za tepla je proces prováděný při teplotách nad bodem rekrystalizace materiálu. Při teplotách obvykle mezi 900 až 1250 °C, se síly potřebné k deformaci snižují, což umožňuje větší deformace a složitější tvary. Dynamická rekrystalizace při těchto teplotách dále zvyšuje tažnost materiálu a umožňuje získat jemnozrnnou mikrostrukturu. Tento proces může vést k vytvoření textury a vláknité struktury, což ovlivňuje mechanické vlastnosti materiálu. Navzdory zlepšení tvárnosti a odolnosti vůči korozi však tváření za tepla může vést k poklesu pevnosti, houževnatosti a tvrdosti materiálu, stejně jako ke hrubnutí zrna, což může ovlivnit kvalitu výsledného produktu. [15]

### 1.1.3 Tvářením za poloohřevu

Tváření za poloohřevu představuje střední cestu mezi tvářením za studena a za tepla. Jeho primárním cílem je zlepšení plasticity ve srovnání s tvářením za studena, snížení tvárných odporů a dosažení zvýšení mechanických a fyzikálních vlastností, přesnosti a kvality povrchu. Maximální teplota je omezena oxidací povrchu. [1]



Obrázek 3 Oblast tvářecích teplot [1]

## 1.2 Rozdělení podle účinku tvářecí síly

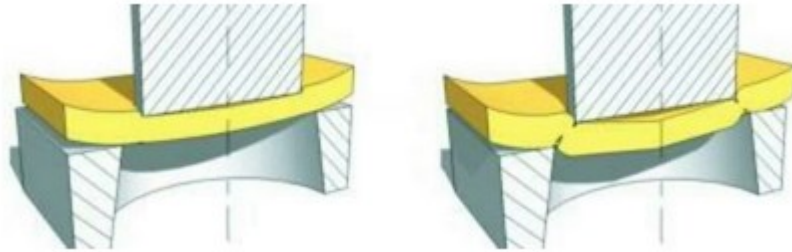
Tvářecí procesy lze rozdělit podle účinku tvářecí síly na tvářením klidným tlakem, známé také jako statické tvářením, prováděné například hydraulickým lisem, a dynamické tvářením, nazývané tvářením rázem, které se obvykle provádí pomocí bucharu. [2]

## 1.3 Rozdělení podle použité technologie

Podle použité technologie lze tvářecí procesy rozdělit na plošné a objemové tvářením. Mezi plošné tvářecí procesy patří stříhání, ohýbání a tažení. Mezi objemové tvářecí procesy pak spadají kování, válcování, ražení a pěchování. [2]

## 2 STŘÍHÁNÍ

Stříhání je proces tvarování materiálů pomocí matrice, kde klíčovými faktory jsou střížná síla, rychlost stříhání, povrchový stav a materiál střížníku a střížnice, ostří střížníku a střížnice, použité mazivo a velikost střížné vůle. Tento proces spočívá v oddělování výstřížku od původního materiálu za pomoci střížných nožů, které vytvářejí napětí překračující mez kluzu. Napětí se postupně zvyšuje, dokud nedosáhne meze pevnosti materiálu ve smyku, což způsobí oddělení materiálu. Technologie stříhání se často používá pro dělení plechových tabulí na pásy, separaci svitků na pásy, dělení profilových polotovarů a tvorbu různých tvarů. [17]



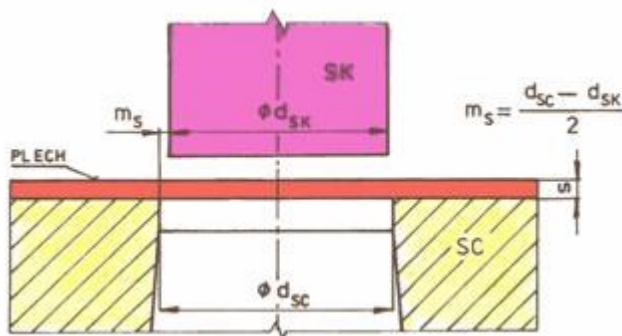
Obrázek 4 Fáze procesu stříhání [11]

### 2.1 Rozdělení podle konstrukce nožů

Dělení materiálů stříháním je prováděno na různých strojích, které se liší podle výkonu stříhacího nástroje, nazývaného též střížníku. Podle konstrukce nožů lze tyto stroje rozdělit na stříhání s rovnoběžnými noži, se skloněnými noži, s tvarovými noži a s rotačními noži. [2]

### 2.1.1 Stříhání rovnoběžnými noži

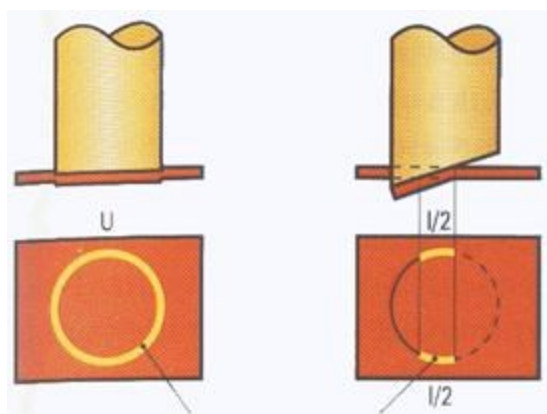
Při stříhání s rovnoběžnými noži se používá střížný nástroj, skládající se ze střížníku a střížnice, mezi nimiž je vytvořena střížná vůle, princip lze vidět na obrázku 5. Pro dosažení kvalitního výstřížku je klíčové zvolení optimální šířky této vůle mezi střížníkem a střížnicí. Ostří střížníků jsou rovnoběžná a relativně krátká. Síla působící při stříhání rychle narůstá, což může vést k vzniku rázů. [2]



Obrázek 5 Stříhání rovnoběžnými noži [4]

### 2.1.2 Stříhání skloněnými noži

Při stříhání se skloněnými noži se nůž postupně zasouvá do materiálu pod úhlem, což si vyžaduje delší zdvih. Tím se významně snižuje vznik rázů. Postup práce při stříhání je prakticky podobný jako u stříhání s rovnoběžnými noži. Střížník je při této metodě delší a má delší životnost, což ovšem zvyšuje i jeho náklady. [2]

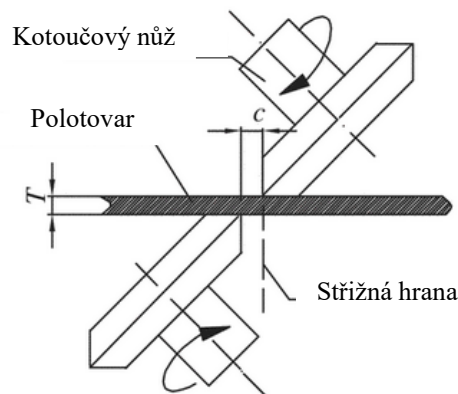


Obrázek 6 Porovnání délky stříhu při stříhání rovnými, resp. šikmými noži [4]



### 2.1.3 Stříhání kotoučovými noži

Tato konstrukce nožů umožňuje plynulé stříhání bez rázů. Stýkají se s materiálem pouze v krátké délce, téměř bodově, to umožňuje vystřihování křivkových profilů. Tyto nůžky lze označit jako rotační nebo křivkové. [2]



Obrázek 7 Stříhání kotoučovými noži

## 2.2 Rozdělení stříhání podle typu operace

Základní operace se dají rozdělit takto, lze vidět i na obrázku 8 [7]:

- a) vystřihování – zhotovení výstřižku oddělením materiálu po uzavřeném obrysu
- b) vystřihování zářezů – oddělování částí v okraji, vystřižená část je odpad
- c) přistřihování – dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch
- d) nastřihování – částečné oddělení materiálu v okraji tak, že není úplně oddělen
- e) prostřihování – částečné oddělení materiálu v libovolném tvaru uvnitř dílce
- f) protrhávání – protržení materiálu pro vytvoření hrotů, otvorů
- g) vysekávání – oddělování materiálu výsečnickem na podložce
- h) ostřihování – oddělování přebytečného materiálu
- i) prosté stříhání – rozdělování materiálu (pásů, tabulí, tyčí), někdy též přestřihování
- j) děrování – vytváření otvorů různých tvarů

Druh stříhání	Schéma	Výrobek	Odpad
Prosté stříhání - rozdělování materiálu (pásu, tabulí, tyčí)			—
Děrování - vytváření otvorů různých tvarů			
Vystřihování - zhotovení výstřížků různého tvaru			
Přistřihování - dosažení přesných tvarů, rozměrů, hladkých ploch			
Nastřihování - částečné nastřížení materiálu na okraji			—
Prostřihování - částečné nastříhnutí materiálu uvnitř dílce			—
Protrhávání - protržení materiálu pro vytvoření otvoru, hrotu apod.			—
Vysekávání - oddělování materiálu výsečником na podložce			
Ostřihování - oddělování přebytečného materiálu			

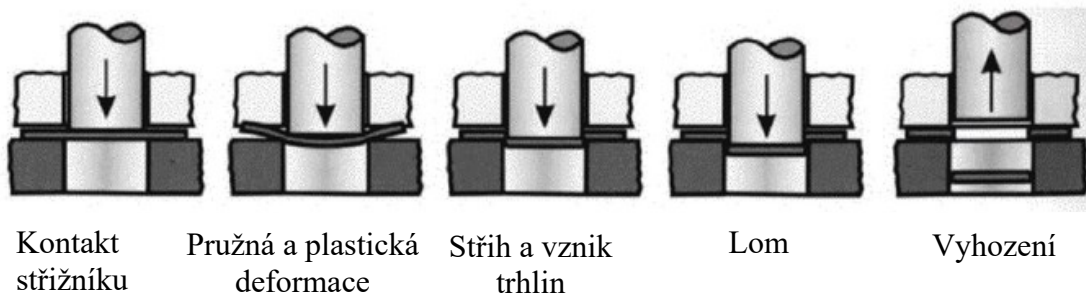
Obrázek 8 Základní operace plošného stříhání [19]

### 2.3 Střížný proces

Proces stříhání lze považovat za sérii fází, ve kterých dochází k deformaci a oddělení plechu, jak je vidět na obrázku 9. [13]

- **Kontakt střížníku** – Střížník se nejprve dotkne upnutého plechu, při nárazu se na střížníku rychle vytvoří tlakové napětí a vyšle do něj rázovou vlnu.
- **Pružná a plastická deformace** – Střížník pronikne do plechu, přičemž nejprve způsobí pružnou deformaci a následně se změni na plastickou deformaci.
- **Střih a vznik trhlin** – Když se napětí zvyšuje, dojde ke střihu a následně k trhlíně. Trhlina začíná jak od střížníku, tak na konci plechu i na konci střížnice. Obvykle se setkávají a dojde k úplnému lomu materiálu a dochází k lámání.

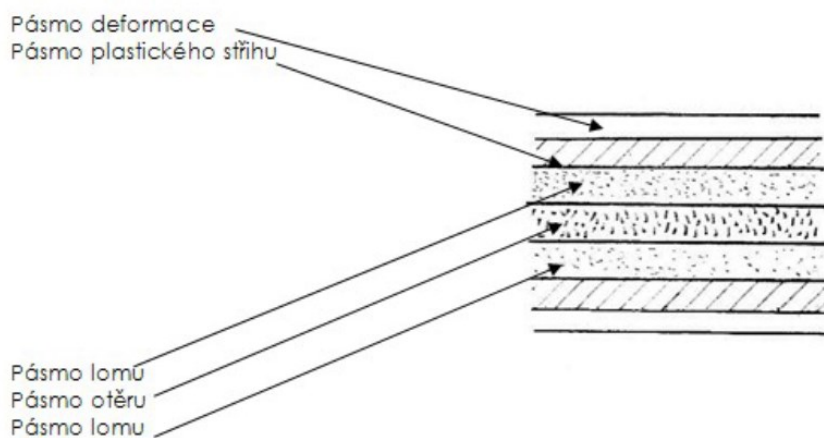
- **Lom** – Pokud má materiál plechu vysokou pevnost nebo je silný, je pro proces stříhání potřeba větší síla. Během lomu se v nástroji akumulují tlakové síly. Když dojde k úplnému lomu, dojde k okamžitému uvolnění těchto tlakových sil. Ty vytvářejí ráz, který může v některých případech vést k prasknutí střížníku.
- **Vyhození** – Střížník se posune dolů do mrtvého bodu a vyhodí díl. V dolním mrtvém bodě se směr pohybu střížníku obrátí. V důsledku tření mezi polotovarem a povrchem razníku dochází k odtržení povrchu polotovaru od razníku. [13]



Obrázek 9 Fáze střížného procesu [13]

### 2.3.1 Střížná plocha

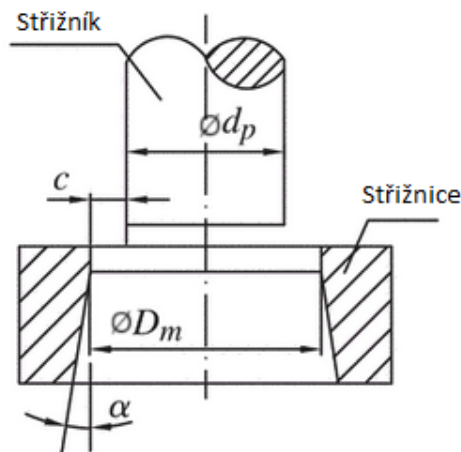
Střížná plocha typicky skládá z čtyř ploch, z nichž třetí část tvoří přibližně 80 % celkové střížné plochy, což ji činí klíčovou pro hodnocení kvality střížné plochy. Trhliny se rozšiřují od obou protilehlých ostří a spojují se v centrální oblasti bez vzniku nežádoucího otřepu. Pokud je mezi noži příliš velká nebo naopak příliš malá mezera, trhliny se v centrální oblasti nespojí, což vede k nedostatečnému stříhání materiálu a zhoršení kvality střížné plochy. [10]



Obrázek 10 Pásma střížné plochy

### 2.3.2 Střížná vůle

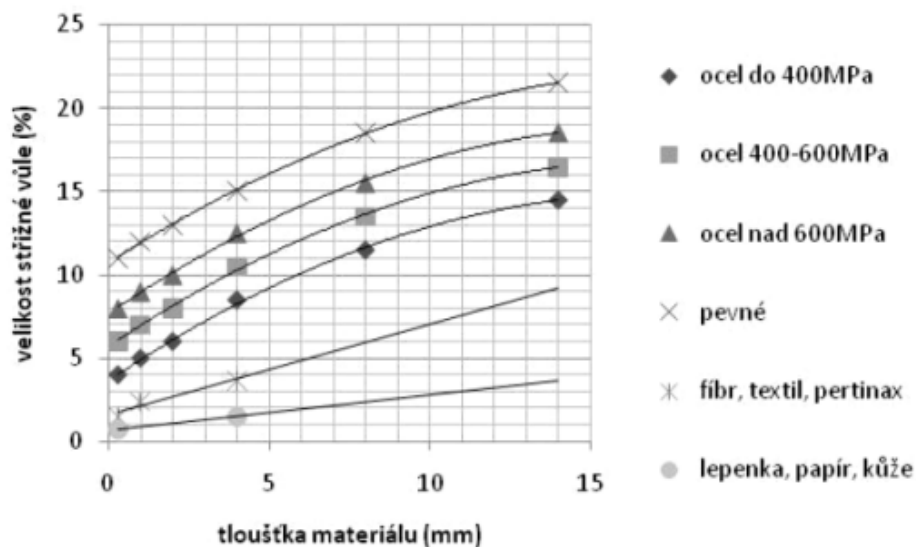
Střížná mezera vzniká jako rozdíl rozměrů pracovních částí střížníku a střížnice. Správná velikost této mezery je klíčová pro kvalitu a přesnost stříhu, životnost nástroje a spotřebu energie. Je klíčové zajistit, aby střížná mezera byla konzistentní a rovnoměrná po celé délce střížné křivky. Nesprávné rozložení této mezery po obvodu může vést k vzniku povrchových vad, ostřin a nekvalitní střížné plochy. [11]



Obrázek 11 Vůle mezi razníkem a matricí [6]

Kde:  $d_p$  – průměr razníku;  $D_m$  – průměr matrice;  $\alpha$  – pracovní úhel

Velikost střížné mezery je především ovlivněna typem a tloušťkou materiálu, který se stříhá. Obvykle se velikost střížné mezery pohybuje v rozmezí 3-20 % tloušťky stříhaného materiálu.



Obrázek 12 Grafické vyjádření velikosti střížné vůle v závislosti na tloušťce stříhaného materiálu [11]

Velikost střížné vůle lze zjistit buď graficky jako na obrázku 12, nebo lze vypočítat z následujících vztahů: [11]

pro plechy do  $s \leq 3$  mm

$$v = 2Cs\sqrt{\tau_s} \text{ [mm]} \quad (1)$$

pro plechy  $s \geq 3$  mm

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

kde:  $s$  – tloušťka plechu [mm]

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

$C$  – součinitel, kde volíme v rozmezí 0,005 – 0,035. Nižší hodnoty zvolíme pro lepší střížnou plochu, vyšší hodnoty zvolíme pro dosažení minimálních střížných sil.

### 2.3.3 Rychlost stříhání

Rychlost stříhání má vliv na velikost střížného úkonu, kvalitu povrchu po stříhu, distribuci pevnosti materiálu a životnost nástrojů. Zvýšení rychlosti stříhání na hydraulických lisech má za následek redukcii hloubky oblasti, která je deformována a trvale změněna. Při rychlostech, které přesahují tzv. kritickou rychlost nárazu, se oblast ovlivněná tvářením rozšiřuje. Kritická nárazová rychlost, označovaná jako  $v_k$ , je ta rychlost, při které materiál přechází z houževnatého do křehkého stavu, a je definována vztahem odvozeným od Kármána: [3]

$$v_k = \int_0^\varepsilon \sqrt{\frac{d\sigma_k}{\varepsilon}} \frac{1}{\rho} [m \cdot s^{-1}] \quad (3)$$

kde:  $\varepsilon$  – poměrná deformace [-]

$\rho$  – hustota stříhaného kovu [mm<sup>3</sup>]

$\sigma_k$  – okamžitá mez kluzu [MPa]

Hodnota  $v_k$  pro oceli je v rozmezí 50–150 m·s<sup>-1</sup>.

## 2.4 Střížná síla

Při procesu stříhání se vyvíjí střížná síla, která postupně narůstá až k dosažení určitého maxima. Jakmile ve stříhaném materiálu začnou vznikat trhliny, střížná síla začne klesat. Po

úplném oddělení materiálu dosáhne střížná síla hodnoty nuly. Poměr maximální hodnoty střížné síly k původnímu průřezu stříhaného materiálu se běžně nazývá stříhová pevnost. [3]

#### 2.4.1 Síla pro rovnoběžné nože

Střížná síla pro rovnoběžné nože lze vypočítat ze vztahu: [4]

$$F_S = k \cdot S \cdot \tau_S = k \cdot l \cdot s \cdot \tau_S [N] \quad (4)$$

Kde:  $S$  – plocha stříhaného materiálu ve střížné rovině ( $S = l \cdot s$ ) [ $\text{mm}^2$ ]

$l$  – délka stříhu [ $\text{mm}$ ]

$s$  – tloušťka stříhaného materiálu [ $\text{mm}$ ]

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

$\tau_S$  – pevnost ve stříhu, která lze zjistit ze vztahu:  $\tau_S = 0,8 \cdot R_m [MPa]$

#### 2.4.2 Síla pro šikmé nože

Při použití šikmých nožů pro stříhání je potřebná menší síla než při stříhání rovnoběžnými noži, ale dráha pohybu těchto nožů je delší. [4]

$$F_S = k \cdot S \cdot b \cdot \tau_S = k \cdot S^2 \cdot \frac{\tau_S}{\text{tg}\varphi} [N] \quad (5)$$

Kde:  $S$  – plocha stříhaného materiálu ve střížné rovině [ $\text{mm}^2$ ]

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

$\tau_S$  – pevnost ve stříhu;  $\tau_S = 0,8 \cdot R_m [MPa]$

$\varphi$  – úhel sklonu nožů ( $2^\circ$  až  $6^\circ$  pro tabulové nůžky;  $7^\circ$  až  $20^\circ$  pro pákové nůžky)

#### 2.4.3 Síla pro kotoučové nože

Střížná síla pro výpočet dvou kotoučů se stejným průměrem: [4]

$$F_S = (0,33 - 0,8) \frac{S^2 \cdot \tau_S}{2\text{tg}\alpha} [N] \quad (6)$$

Kde:  $S$  – plocha stříhaného materiálu ve střížné rovině [ $\text{mm}^2$ ]

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

$\tau_S$  – pevnost ve stříhu;  $\tau_S = 0,8 \cdot R_m [MPa]$

$\alpha$  – úhel sklonu rezné roviny

### 3 TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ

Pojem přesného stříhání označuje souhrn metod stříhání plechů a pásů ve stříhadlech s cílem dosažení vysoce kvalitní a hladké střížné plochy a rozměrové přesnosti vyráběných součástí v rozmezí IT6 až IT9. Tolerance ve stupni IT6 jsou aplikovány na plechy o tloušťce 0,5 mm až 1 mm, zatímco IT9 se používá pro tloušťky nad 6 mm. Technologie přesného stříhání představuje ekonomicky výhodnou možnost pro hromadnou výrobu a je ideální pro výrobky s vysokým procentem odpadu, které vyžadují další dokončovací operace jako například vystružení, broušení, protahování a podobně. [5]

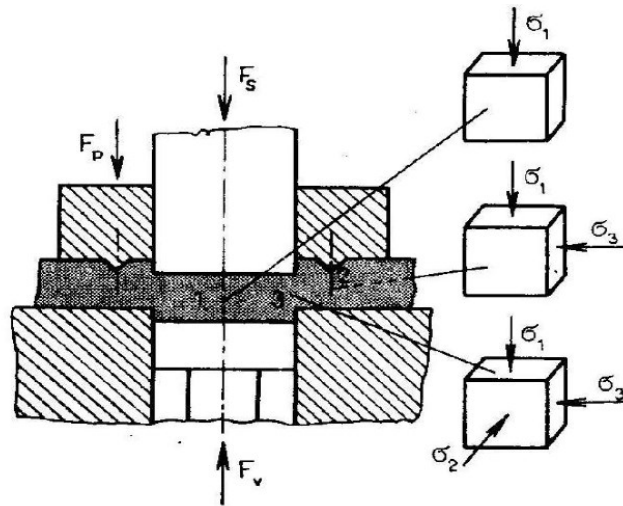
Označení materiálu						Vhodnost pro přesné stříhání
ČSN	11 300	11 320	11 330	11 343	11 373	Velmi dobrá
	11 423	11 425				
	12 010	12 014	12 020	12 023	12 024	
ČSN	424 214 (mosaz)					
ČSN	11 500	11 600	11 700			Dobrá
	16 720					
ČSN 423213	(CuZn37, Ms 63)					Špatná
ČSN 42 3223	(CuZn39Pb3, Ms 58)					Nevhodná
ČSN 42 3214	(CuZn39Pb3, Ms 63Pb)					Nehodí se
ČSN	12 040	12 041	12 050	12 060	12 061	Opotřebení nástroje
	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			

Obrázek 13 Přehled vybraných materiálů dle ČSN pro přesné stříhání [5]

#### 3.1 Stříhání s tlačnou hranou

Princip spočívá v tom, že během počáteční fáze stříhání je stříhaný materiál sevřen mezi přidržovačem a střížnicí, což způsobí, že tlačná hrana je před samotným stříhem vtlačena do plechu, lze vidět na obrázku 14. Tlačná hrana na přidržovači je umístěna mimo křivku stříhu. Tato metoda stříhání využívá prostorového stavu tlakové napjatosti v materiálu, kde dochází

k rozšíření pásma plastické deformace vlivem této napjatosti. Nejlepší rozložení hlavních napětí  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  je lokalizováno v oblasti stříhu, kde vzniká trojosá napjatost. Rovnoměrný tlak podporuje čistě plastický průběh stříhu. Tato technologie umožňuje stříhat hliník a jeho slitiny s pevností  $R_m = 300$  MPa, měď, některé druhy mosazi, nelegované oceli, nízkolegované oceli a podobně. [5]



Obrázek 14 Schéma přesného stříhání [5]

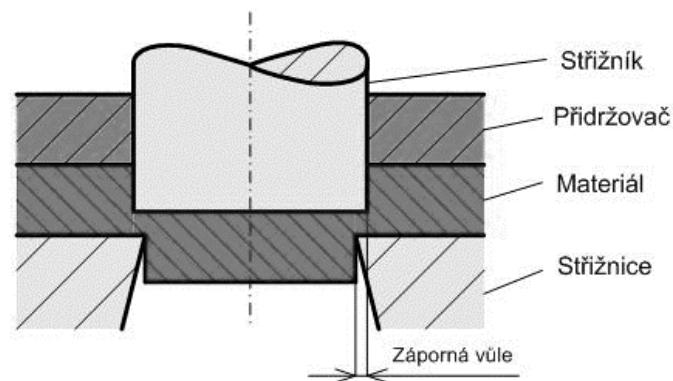
Technologie přesného stříhání s tlačnou hranou má však i své nevýhody:

- Musí se často volit větší šířka pásu i větší můstky, to vede ke větší spotřebě materiálu.
- Výstřižky jsou omezené tvarem v poměru mezi tloušťkou plechu a rozměrem součástky. Střížná vůle volí asi 0,5 % tloušťky stříhaného plechu.
- Nelze vystříhovat např. ostré rohy

### 3.2 Stříhání se zápornou vůlí

Stříhání se zápornou vůlí představuje proces, během něhož nedochází k průniku střížníku do otvoru ve střížnici. Průměr střížníku je přibližně o 0,1 až 0,2 % větší než průměr střížnice. Střížník musí zůstat nad rovinou střížnice v rozmezí 0,2 až 0,5 mm, čímž vytváří tlakové napětí v materiálu (mezikruží), přičemž střížná síla zůstává vyšší. [4]

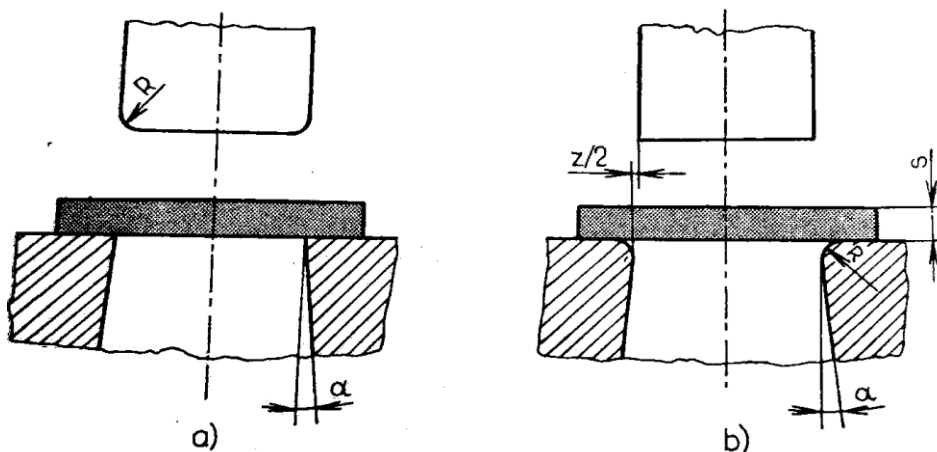




Obrázek 15 Stříhání se zápornou vůlí [4]

### 3.3 Vystříhování se zaoblenými střížnými hranami

Při použití zaoblených střížných hran na střížnici nebo střížníku při vystříhování je dosaženo hladké a kolmé střížné plochy. Tento efekt vzniká díky částečnému dopřednému protlačování materiálu během stříhu. V místě stříhu vzniká dvojosý stav napětí. Potřebný poloměr zaoblení střížné hrany se pohybuje v rozmezí 15 až 20 % tloušťky materiálu, a to v závislosti na tvaru součásti. [5]

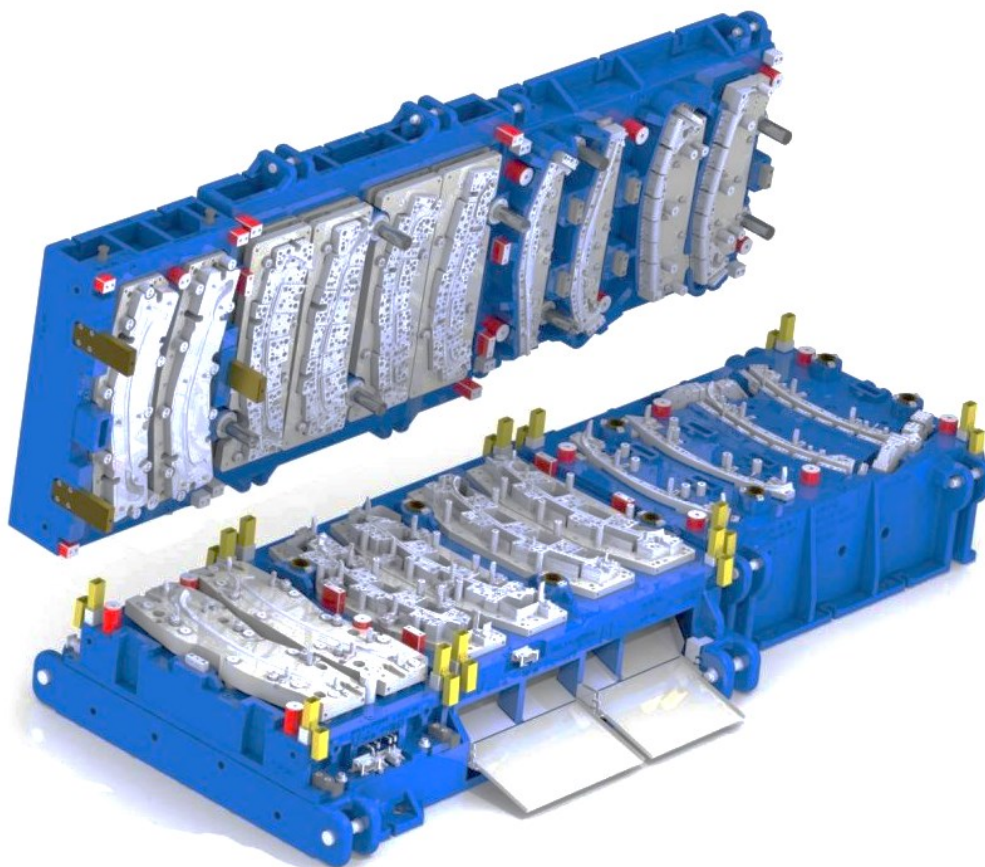


Obrázek 16 Vystříhování se zaoblenými střížnými hranami [5]

a – hladká střížná plocha při děrování; b – hladká střížná plocha při vystříhování

## 4 STŘIŽNÝ NÁSTROJ

Při tváření kovů je tvar vylisku určen tvarem matrice a vyžaduje vyšší síly než při obrábění. Proces tváření obvykle zahrnuje více kroků, jako je stříhání, ohýbání atd., kvůli složitosti dílů. Při návrhu se stanovují výrobní metody, počet a pořadí kroků, což je zaznamenáno v nástřihovém plánu. Cílem je minimalizovat počet lisovacích forem a zároveň dosáhnout vysoké spolehlivosti. Integrovaní více operací do jednoho vylisku však zvyšuje náklady, snižuje výkon a spolehlivost. Příklad střížného nástroje můžeme vidět na obrázku 17, kde nástroj je majetkem firmy ROSTRA s.r.o [12]

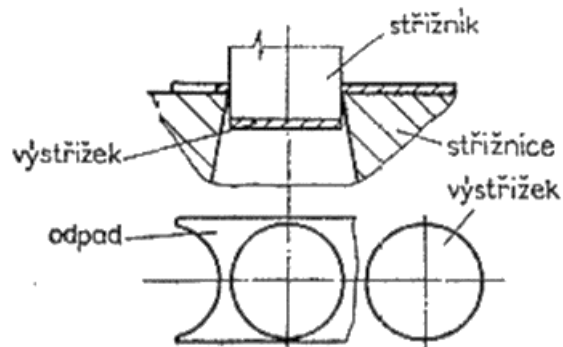


Obrázek 17 Ukázka postupového nástroje [21]

### 4.1 Rozdělení střížných nástrojů

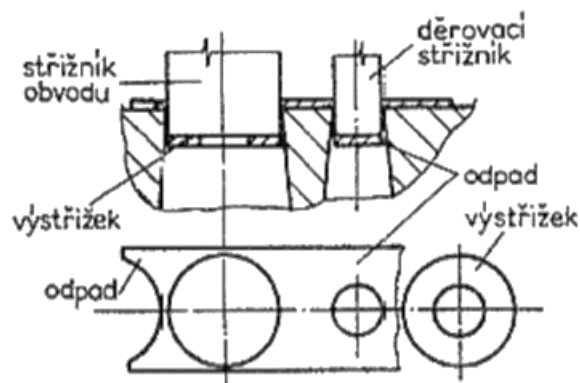
Podle počtu pracovních úkonů při jednom zdvihu se lisovací nástroje dělí na následující kategorie: [14]

- **Jednoduché:** Vytvářejí výrobek při každém jednom zdvihu lisu, například vystřížení jednoduchého tvaru během jednoho kroku.



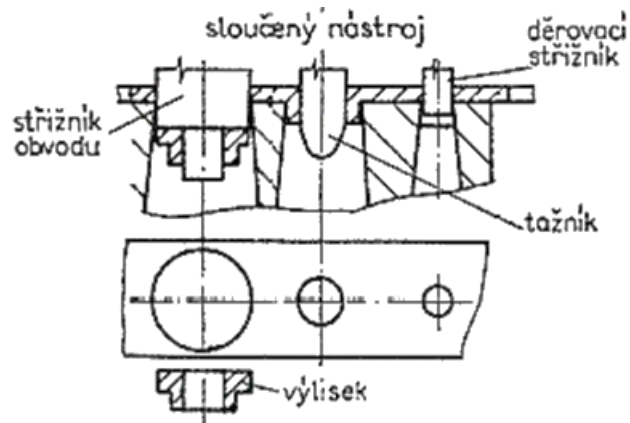
Obrázek 18 Jednoduchý nástroj [14]

- **Postupové:** Výrobek je tvořen postupně během dvou nebo více stejných úkonů prováděných stejným nástrojem za sebou. Například se tváří výstřížek postupně: první krok je děrování, druhý krok je stříhání obvodu.



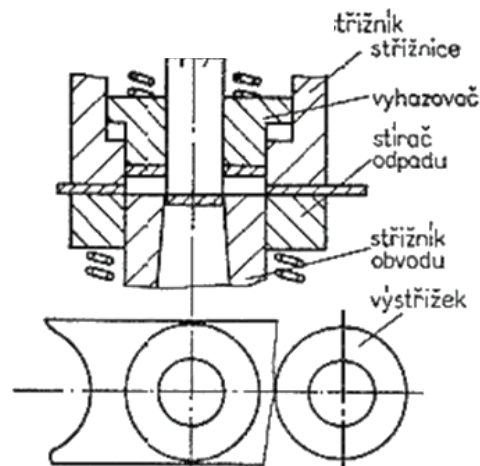
Obrázek 19 Postupový nástroj [14]

- **Sloučené:** Výlisek vzniká najednou sloučením několika stejných pracovních úkonů do jednoho nástroje. Například se provádí děrování a vystřížení současně.



Obrázek 21 Sloučený nástroj [14]

- **Sdružené:** Tyto nástroje jsou postupové a provádějí pracovní úkony různého druhu za sebou. Mohou to být například operace stříhání a tažení, které jsou prováděny v jednom nástroji.



Obrázek 20 sdružený nástroj [14]

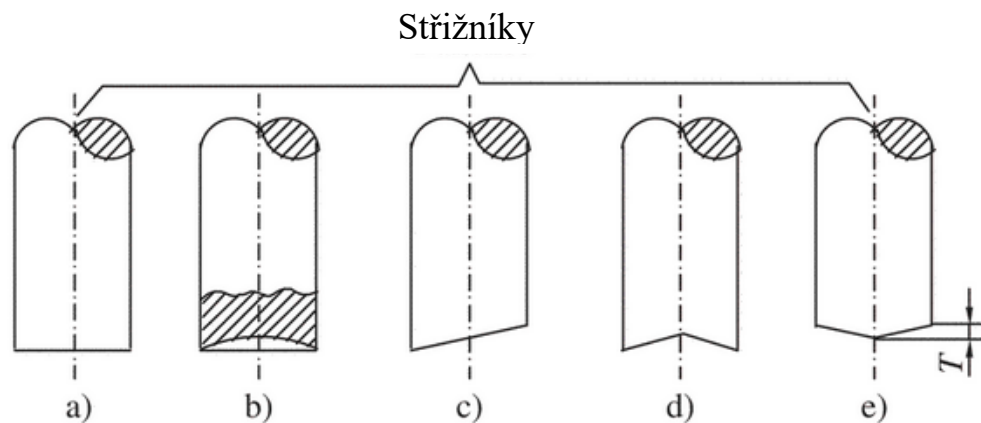
## 4.2 Střížník

K dispozici jsou standardní střížníky pro širokou škálu kulatých, oblých a čtvercových otvorů. Výrobci dodávají tyto razníky ve standardizovaných velikostech i na speciální objednávku. Při navrhování střížníků je třeba brát v úvahu především následující faktory: [6]

- Měly by být navrženy tak, aby se neprohýbaly.
- Měly by být dostatečně pevné, aby odolaly oddělovacím silám.
- Neměly by se v důsledku stříhání otáčet.

### 4.2.1 Tvary střížníků

Stříhanou plochu je možné v každém okamžiku ovlivnit tím, že povrch střížníku a střížnice svírá úhel (je zkosený). Na obrázku 22 je znázorněno několik typů geometrie čelní plochy střížníku:



Obrázek 22 Typy tvarů střížníků; a) rovnoběžný, b) zaoblený, c) zkosený, d) a e) dvojitě zkosený [6]

Pokud je povrch střížníku a střížnice rovnoběžná, síla střížníku při stříhání rychle narůstá, protože celý jeho povrch je rovný. Geometrie čelní plochy střížníku na obrázku 22 je při dostatečném úhlu stříhu na střížnici obzvláště vhodná pro stříhání tlustých polotovarů, protože snižuje sílu potřebnou na začátku zdvihu. Úhel rovněž snižuje hladinu hluku. [6]

### 4.2.2 Povlakování střížníků

Materiály a povlaky střížníků hrají důležitou roli při ovlivňování životnosti. Materiál střížníku a povlaky se vybírají v závislosti na materiálu polotovaru, působících silách a očekávané životnosti nástroje. [13]

## 4.3 Střížnice

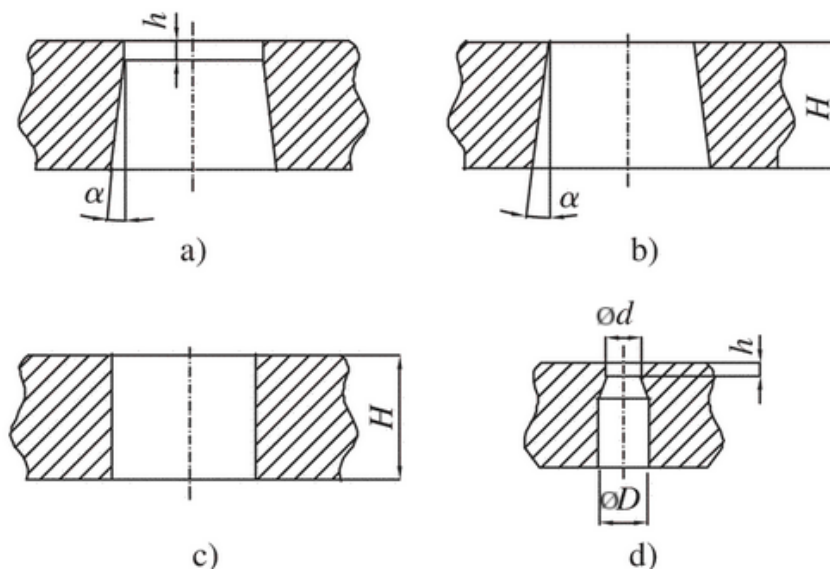
Střížnice je technologická součást, kde otvor tvoří tvar výstřížku. Otvory střížnice mohou být vyrobeny celistvé z nástrojové oceli, nebo mohou být vyrobeny po částech. Střížnice je před upevněním na upínací desku předvrtána, závitována a zjednodušena. [6]

### 4.3.1 Střížné otvory

Tvar otvorů závisí na účelu a požadované toleranci výstřížku. Na obrázku 23 jsou znázorněny čtyři profily otvorů. Profil na obrázku 23a poskytuje nejkvalitnější výstřížek, ale jeho výroba je nejdražší. Hodnota  $h$  je uvedena v tabulce 23a. Tento typ otvoru se používá pro díly se složitými obrysy s větší přesností. [6]

Tabulka 1 Tabulka velikosti  $h$  v závislosti na tloušťce na materiálu  $T$  [6]

Tloušťka materiálu $T$ [mm]	< 0,5	0,5 až 5,0	5,1 až 10,0
Výška $h$ [mm]	3,0 až 5,0	5,1 až 10,0	10,1 až 15,0
Úhel $\alpha$	3° až 5°		



Obrázek 23 Typy otvorů střížnic [6]

Profil otvoru matrice na obrázku 23b se používá pro výrobu malých dílů s nízkou přesností. Úhel kužele,  $\alpha = 10'$  až  $20'$  pro materiál o tloušťce  $T < 1$  mm a  $\alpha = 25'$  až  $45'$  pro materiál o tloušťce  $T \geq (1 \text{ až } 5)$  mm. Aby byl úhel správně odvozen, musí být splněn následující vztah:

$$\alpha \leq \arctg \frac{\Delta}{2H} \quad (7)$$

Kde:  $\Delta$  – tolerance výstřížku [mm]

$H$  – výška matrice [mm]

Nejjednodušším profilem výlisku je válcový profil, jak je znázorněno na obrázku 23c. Tento typ profilu se používá pro výrobu relativně velkých dílů. Dvouválcový profil otvoru

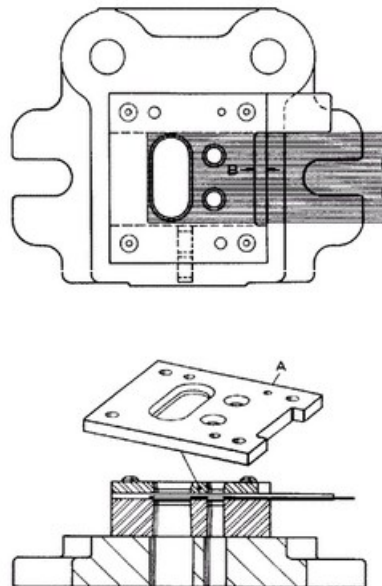
střížnice, znázorněný na obrázku 23d, se používá k vystřížení otvorů s malým průměrem ( $d \leq 5$  mm). Hodnotu  $h$  lze převzít z tabulky 1. Průměr většího válce musí být  $D = d + 3$  mm.

#### 4.4 Stírací deska

Stírací deska plní při děrování tři důležité role:

- Stírací deska pevně drží díl během děrování
- Střížník je veden k plechu přes vůli ve stírací desce
- Díl je po vystřížení oddělen od konce střížníku.

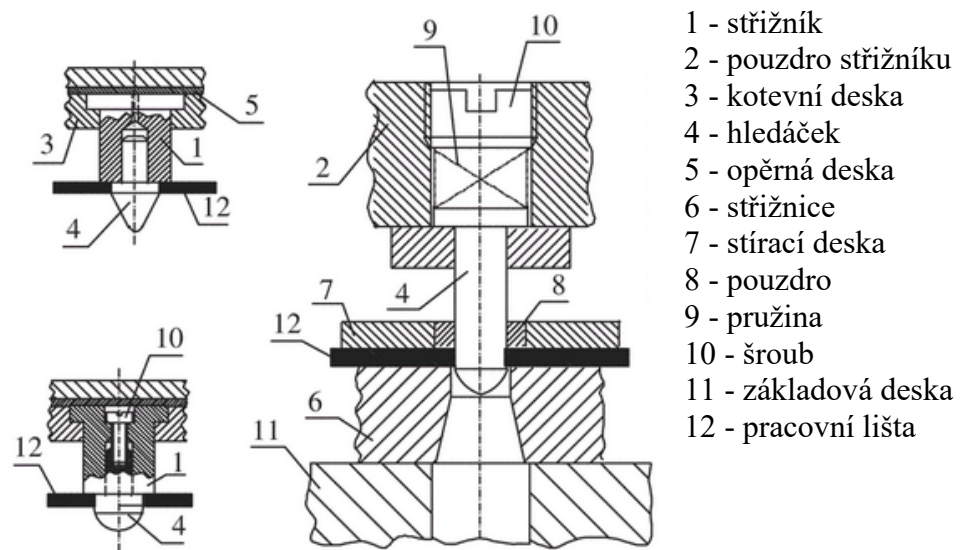
Existují tři základní druhy stíracích desek: pevné, uretanové a pružinové stírací desky. Pevné stírací desky nedrží materiál během stříhání, protože je nutná vůle pro pohyb materiálu. Proto má materiál dílu tendenci se prohýbat. Pevné stírací desky také neabsorbují nárazy a praskání, které jsou pro stříhání důležité v závislosti na materiálu a tloušťce dílu. Uretanové stírací desky se snadno používají a jsou levné. Používáním se opotřebují a na střížnicích se uvolňují. Pružinové stírací desky jsou mnohem účinnější při držení dílu během stříhání. Zabraňují také zvedání dílu při vytahování střížníku. Pružinová stírací deska je umístěn na konci střížníků. Pružinová stírací deska je jedna z prvních komponent, která přichází do styku s dílem, a drží tak díl v lisu. Stírací síla se v praxi počítá jako 10 % ze střížné síly. [13]



Obrázek 24 Aplikace pevné stírací desky [16]

## 4.5 Hledáčky

Hledáčky se používají v postupových a složených nástrojích k polohování pásu tak, aby byly zachovány vzdálenosti mezi jednotlivými kroky. Otvor, do něhož se hledáček vkládá, by měl být prodloužen skrz razník, aby bylo možné hledáček vyjmout, pokud se zlomí. Hledáček by měl zapadnout do otvoru v plechu s tolerancí od 0,02 do 0,15 mm. Hledáčky se obvykle vyrábějí z nástrojové oceli a jsou kalené a leštěné. Mohou mít kulový nebo kuželový konec. Způsoby upínání hledáček lze vidět na obrázku 25. [6]



Obrázek 25 Různé metody upínání hledáček ve střižníku [6]

## 4.6 Dorazy

Jsou to kolíky, umístěné na střižnici nebo vodící desce, které řídí posunutí plechu o jeden krok vpřed. Dorazy mohou být buď dopředné, což zabraňuje přesunu plechu zpět, nebo zpětné, což brání pohybu plechu dopředu. Existují různé typy dorazů, včetně kolíkových, háčkových, pružných a načínacích. [14]

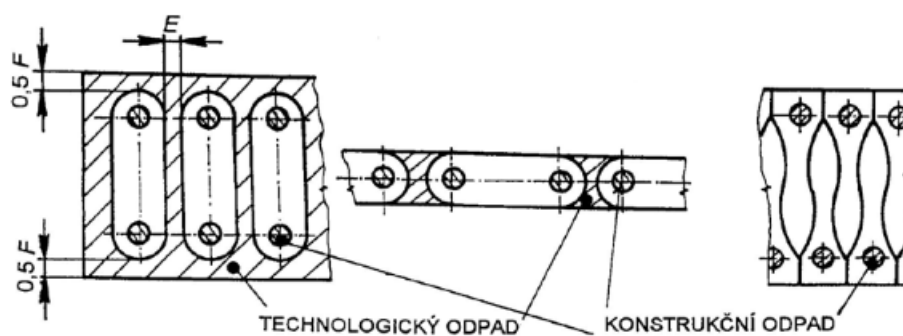
## 4.7 Vodící lišty

Vodící lišty slouží k vedení pásu střižným nástrojem; jsou umístěny mezi regálem nebo střižným nástrojem a stírací deskou nebo vodící deskou. Dobrá konstrukce umožňuje vést vstupní materiál tak, aby se nezasekával. [6]



## 4.8 Nástřihový plán

Hlavní část nákladů na lisování tvoří materiál. Proto je z hlediska nákladů nejdůležitější hospodárnost materiálu. Padesát až sedmdesát procent nákladů na lisování připadá na materiál. Metoda použitá při rozvržení odpadního pásu přímo ovlivňuje finanční úspěch či neúspěch každé lisovací operace. Polotovar musí být umístěn tak, aby se při výrobě výlisku využila maximální plocha pásu. Rozložení polotovaru se navrhne předtím, než se začne pracovat na samotné konstrukci lisu. Rozvržení pásu se ve skutečnosti řídí tvary a rozměry mnoha prvků střížnice. [16]



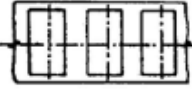



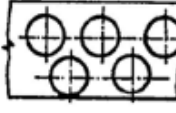
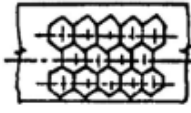
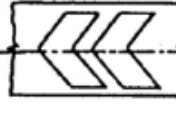
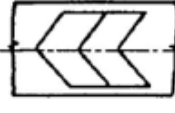
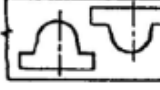



Obrázek 26 Rozmístění výstřížků na pásu ( $E$  – velikost můstku,  $F$  – velikost bočního odpadu) [8]

V sériové a hromadné výrobě je výhodné používat plech ve svitcích, což usnadňuje automatizaci procesu podávání materiálu. V případě menších sérií nebo při zpracování materiálu, který není dodáván ve svitcích od hutních podniků, se vychází z tabulí plechu, které jsou stříhány na pásy pomocí tabulových nůžek. [8]

Základními principy při konstrukci optimálního nástřihového plánu jsou:

- Místo kruhového obrysu výstřížku se doporučují rovnoběžníkové tvary, které jsou výhodnější.
- Seskupování výstřížků je klíčové. Různé metody seskupování jsou popsány v tabulce 2, kde je u každé varianty zahrnuta možnost s přepážkou a bez přepážky.
- Zvýšení využití materiálu lze dosáhnout stříháním různých součástí během jednoho stříhu.
- Při větších sériích je výhodné používat více střížníků stejného tvaru, což umožňuje vystřížení více identických výstřížků v jednom zdvihu beranu lisu.

Tabulka 2 Základní způsoby seskupení výstřížků [8]

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

Úspornost nástřihového plánu se vyjadřuje pomocí součinitele využití materiálu  $\eta$  v procentech, kde jeho výpočet lze vidět ve vztahu níže:

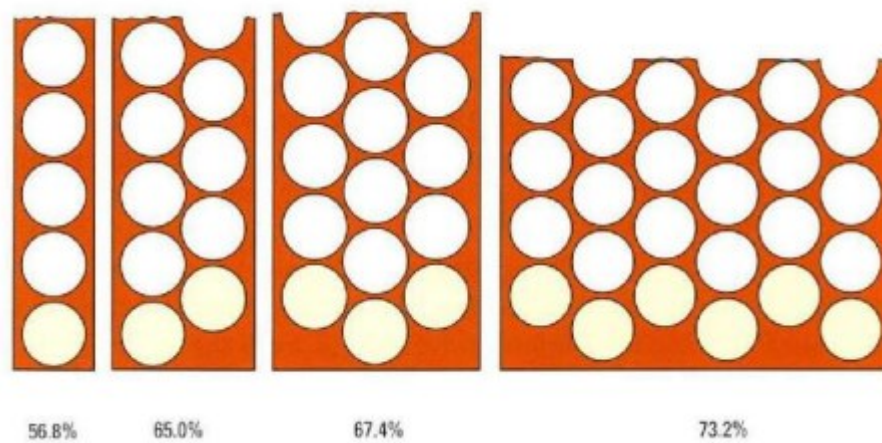
$$\eta = \frac{S_v \cdot P}{S_p} \cdot 100 [\%] \quad (8)$$

Kde:  $S_v$  – plocha výstřížku [ $\text{mm}^2$ ]

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

$P$  – počet výstřížků

Čím vyšší sériovost při dané výrobě, tím větší důraz je kladen na efektivnost nástřihového plánu s ohledem na úsporu materiálu viz. obrázek 27. Efektivně navržený nástřihový plán by se měl blížit k  $\eta = 70 \%$ .



Obrázek 27 Ukázka využití materiálu při rozložení výstřižků [12]

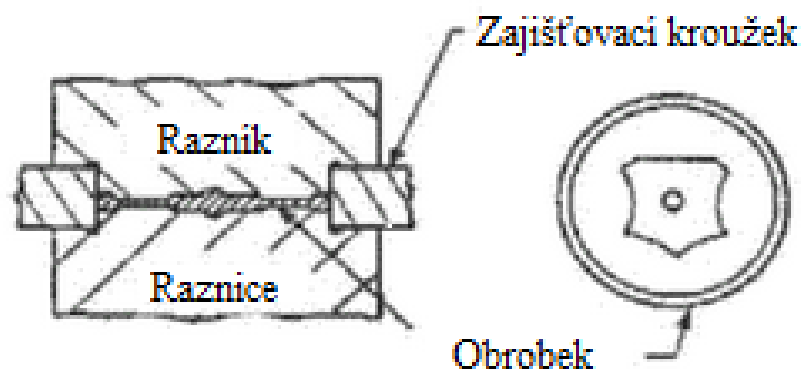
U plechových pásů nelze znát celkovou plochu celého polotovaru, protože přesná délka pásu není známa. Z tohoto důvodu se výpočet součinitele využití materiálu provádí na opakujícím se úseku pásu. Účinnost nástřihového plánu by měla být v případě tabulí i plechových pásech co nejvyšší, přičemž se zvyšující se sériovostí výroby se tento požadavek ještě umocňuje. [8]

## 5 RAŽENÍ

V posledních desetiletích se na vysoce výkonné plechy klade zvýšený důraz, aby se co nejvíce zlepšila palivová účinnost vozidel a ochrana životního prostředí. Protože nejjednodušším způsobem, jak toho dosáhnout, je snížit hmotnost karoserie vozidla, jsou vyžadovány stále tenčí plechy s vyšší pevností v tahu nebo stále lehčí plechy. Tuhost a tvarovatelnost tenčích nebo lehčích plechů je však ve srovnání s tlustšími, resp. těžšími plechy obecně špatná. Proto se například při označování plechů využívá metody objemového tváření ražením. [20]

### 5.1 Ražení (Embosování)

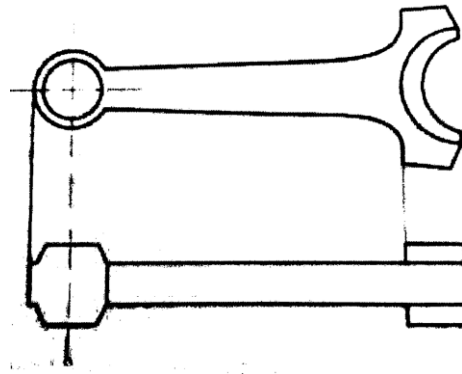
Při tváření plechů se používá k vytváření vrubů a vyvýšených částí v dílu. Během tohoto procesu se kov záměrně ztenčuje nebo zesiluje, aby se dosáhlo požadovaného povrchu důlků nebo vyvýšených částí. Je široce používán pro nápisy na plech nebo součásti. [18]



Obrázek 28 Ražení v nástroji [18]

### 5.2 Kalibrování

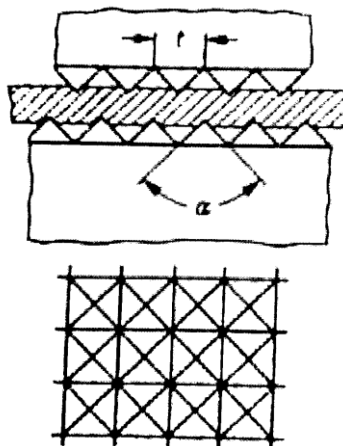
Je využíváno k dosažení zvýšené přesnosti již před tvarovaného polotovaru. Například u zápustkově kovaných ojnicích se dosahuje vyšší geometrické přesnosti úpravou tloušťky náboje a rozteče středů náboje. [9]



Obrázek 29 Kalibrace zápustkově kované ojnice [9]

### 5.3 Rovnání

Tato metoda se využívá k vyrovnání deformovaných nebo zkroucených lisovaných dílů. Použitím vzorovaného ražení (rovnání) je možné uvolnit napětí a dosáhnout rovnosti dílů. [9]



Obrázek 30 Mřížkový vzor na rovnací matici [9]

$\alpha$  – úhel jednotlivých bodů;  $t$  – rozteč

### 5.4 Výpočet síly a mechanické práce

Při výpočtu se rozlišuje mezi ražbou, vlačováním nápisů a hlubokou ražbou. Při hlubokém ražení je hloubka reliéfu, a tedy i deformační napětí  $k_r$  větší než při ražbě.

Tabulka 3 Hodnoty  $k_r$  pro ražení

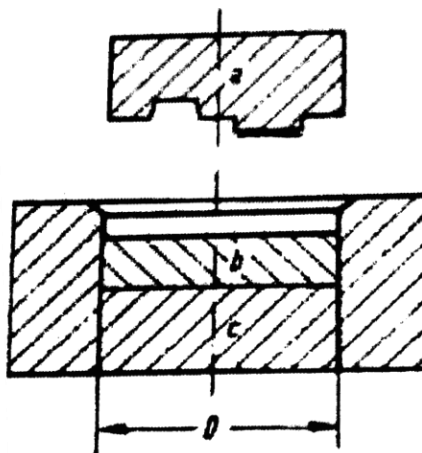
Materiál	$R_m$ [MPa]	$k_r$ [MPa]	
		Ražení	Hluboké ražení
Hliník, 99%	80 - 100	50 - 80	80 - 120
Slitina hliníku	180 - 320	150	350
Mosaz, Ms 63	290 - 410	200 - 300	1500 - 1800
Měď, měkká	210 - 240	200 - 300	800 - 1800
Ocel	280 - 420	300 - 400	1200 - 1500
Nerezová ocel	600 - 750	600 - 800	2500 - 3200

Výpočet maximální síly pro ražení spočítáme dle vztahu:

$$F = k_r \cdot A \text{ [N]} \quad (9)$$

Kde:  $k_r$  – deformační napětí [MPa]

$$A \text{ – oblast ražení; } A = \frac{D_0^2 \cdot \pi}{4} \text{ [mm}^2\text{]}$$



Obrázek 31 Základní rozměry u ražení;  
a – razník, b – polotovar ; c – matrice [9]

## 5.5 Razicí nástroj

Razicí nástroj je obvykle vedeny vodícími sloupky. Vyvýšené části na razníku jsou negativem otisků, které se mají vytvořit na obrobku. Stejně jako u kovářských zápustek se i zde rozlišuje mezi uzavřenými a otevřenými maticemi. Uzavřené matrice se používají při menším posunu materiálu, například při výrobě mincí. Otevřené matrice, při nichž vznikají na obrobku otřepty, se používají při ražbě výrobků s velkými deformacemi. [9]

## 6 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI PRÁCE

V teoretické části se řeší problematika tváření materiálů které může probíhat za tepla, za studena nebo za poloohřevu a taky se rozděluje na plošné a objemové tváření. Tato práce se zaměřila na technologii plošného tváření za studena, konkrétně na metodu nazývanou stříhání. Stříhání je proces tvarování materiálů, který využívá střížníku a střížnice k vystřížení výstřížku z pásu materiálu. Klíčové faktory ovlivňující tento proces jsou střížná síla, rychlost stříhání a velikost střížné vůle. Oddělení materiálu probíhá tak, že střížník vytvoří takové napětí, které překročí mez kluzu, což umožňuje oddělení materiálu a vytvoření požadovaného tvaru. Dále se v práci rozebere přesné stříhání, což je důležitý proces pro dosažení vyšší přesnosti výstřížků. Tento postup je nezbytný při výrobě dílů s vysokými estetickými požadavky nebo při výrobě součástí, které musí přesně zapadat do složitých sestav. V následující části práce se rozebírá teorie střížných nástrojů, kde se povídá o jednotlivých komponentech, jako jsou střížníky, střížnice a další součásti, které mají hlavní vliv na průběh stříhání a kvalitu výsledných dílů. V závěrečné části práce se rozebírá teorie ražení, což je metoda objemového tváření sloužící k označování dílů, které je se používá například v automobilovém průmyslu.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

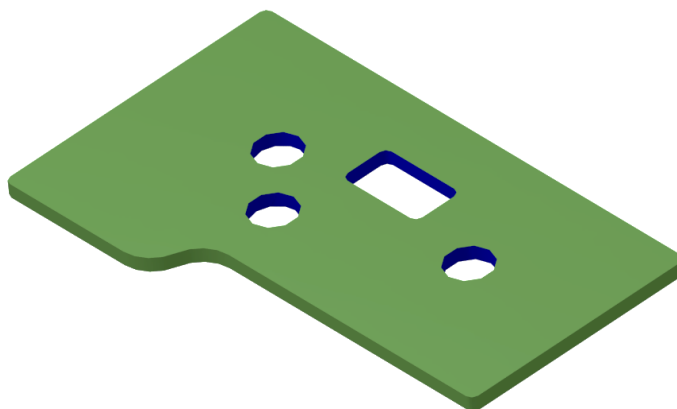


## 7 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je správně navrhnout a zkonstruovat střižný nástroj na zadaný výstřižek. Pro správný návrh nástroje je zapotřebí navrhnout správný nástřihový plán tak, aby jednotlivé operace měly správně navržený krok, můstek a okraje. Dále je důležitý faktor procento využití materiálu, kde výsledné procento využití se snaží být co nejvyšší. Další důležitý bod je výpočet základních veličin, jako například střižná síla, střižná vůle, ale taktéž i výpočet síly při ražení. Následně se vymodelují v CAD programu jednotlivé části střižného nástroje, ze kterých se poté vytvoří celá sestava nástroje. Během modelování se budou jednotlivé součásti barvit dle tabulky barev bez výkresové dokumentace, kde barvy udávají geometrickou toleranci a taky i způsob výrobního postupu.

## 8 VÝSTŘIŽEK

Tvar výstřížku se skládá z obdélníkového obvodu s výstupkem se zaoblením, třemi kruhovými otvory o stejném průměru a o obdélníkovou drážku se zaoblením. Výstřížek slouží jako k uchycení plastových nárazníků k výztuze automobilu. Na výrobek se kladou vysoké požadavky na přesný ořez kvůli svařovacím robotům, aby správně svařili plechový díl k výztuze automobilu. Pokud by ořez nebyl přesný, mohlo by se stát, že svařovací robot špatně navařil díl a následně by nárazník nebylo možné správně namontovat. V horším případě by nárazník mohl upadnout při používání automobilu z důvodu špatného svaření výstřížku s nárazníkem.



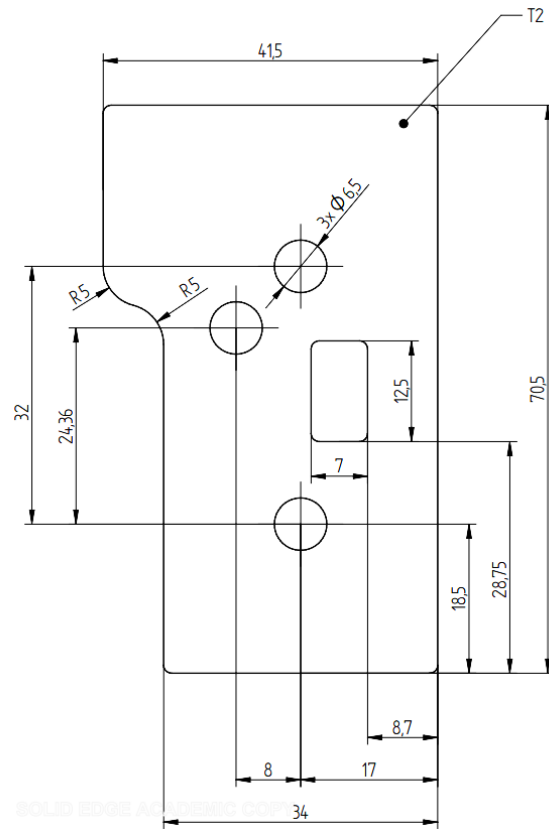
Obrázek 32 Model výstřížku

### 8.1 Materiál výstřížku

Materiál plechového dílu má obchodní název HR 380LA-UC-A, ekvivalent dle normy Wr.Nr. je 1.0550, dle ČSN má označení 11 523. Jedná se o nízkolegovanou nebo mikro legovanou ocel válcované za tepla s mezí kluzu v rozmezí  $R_e = 380 - 480 \text{ MPa}$ . Mez pevnosti pro tento materiál se pohybuje v rozmezí  $R_m = 450 - 570 \text{ MPa}$ . Materiál slouží převážně pro tváření za studena. Materiálový list je uveden v příloze P I. [22]

### 8.2 Rozměry výstřížku

Rozměry daného výrobku jsou zadané zákazníkem. Také je požadavek velké přesnosti ořezu a polohy otvorů. Základní rozměry lze vidět na obrázku 33, detailní výkres s geometrickými tolerancemi je uveden v příloze P II.



Obrázek 33 Základní rozměry výstřižku bez tolerancí

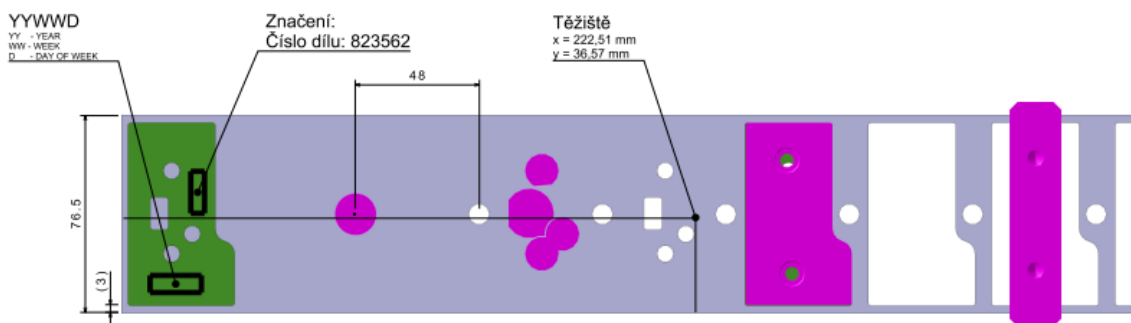
## 9 VÝPOČTOVÁ ČÁST

Ve výpočtové části se zaměří na zvolení vhodných podmínek pro tváření plechového dílu. Rozměry a materiál je zadán zákazníkem, tudíž z těchto parametrů se musí navrhnout vhodný nástřihový plán s ohledem na využití materiálu, navrhnout vhodné střížníky, střížnici a razníky na ražení značení, navrhnout tlačnou hranu a zjistit polohu stopky.

### 9.1 Nástřihový plán

Na svitek tvářeného plechu se výstřižky uspořádaly za sebou. Velikost můstku a okrajů se volí podle tloušťky plechu, velikosti výstřižku a jejich uspořádání. Nástřihový plán je rozdělen na osm operací:

1. Ražení značení
2. Děrování hledáčku
3. Volný krok
4. Děrování otvorů
5. Volný krok
6. Vystřížení obvodu do propadu
7. Volný krok
8. Odstřížení odpadu



Obrázek 34 Nástřihový plán

Výkres nástřihového plánu lze nalézt v příloze P III.

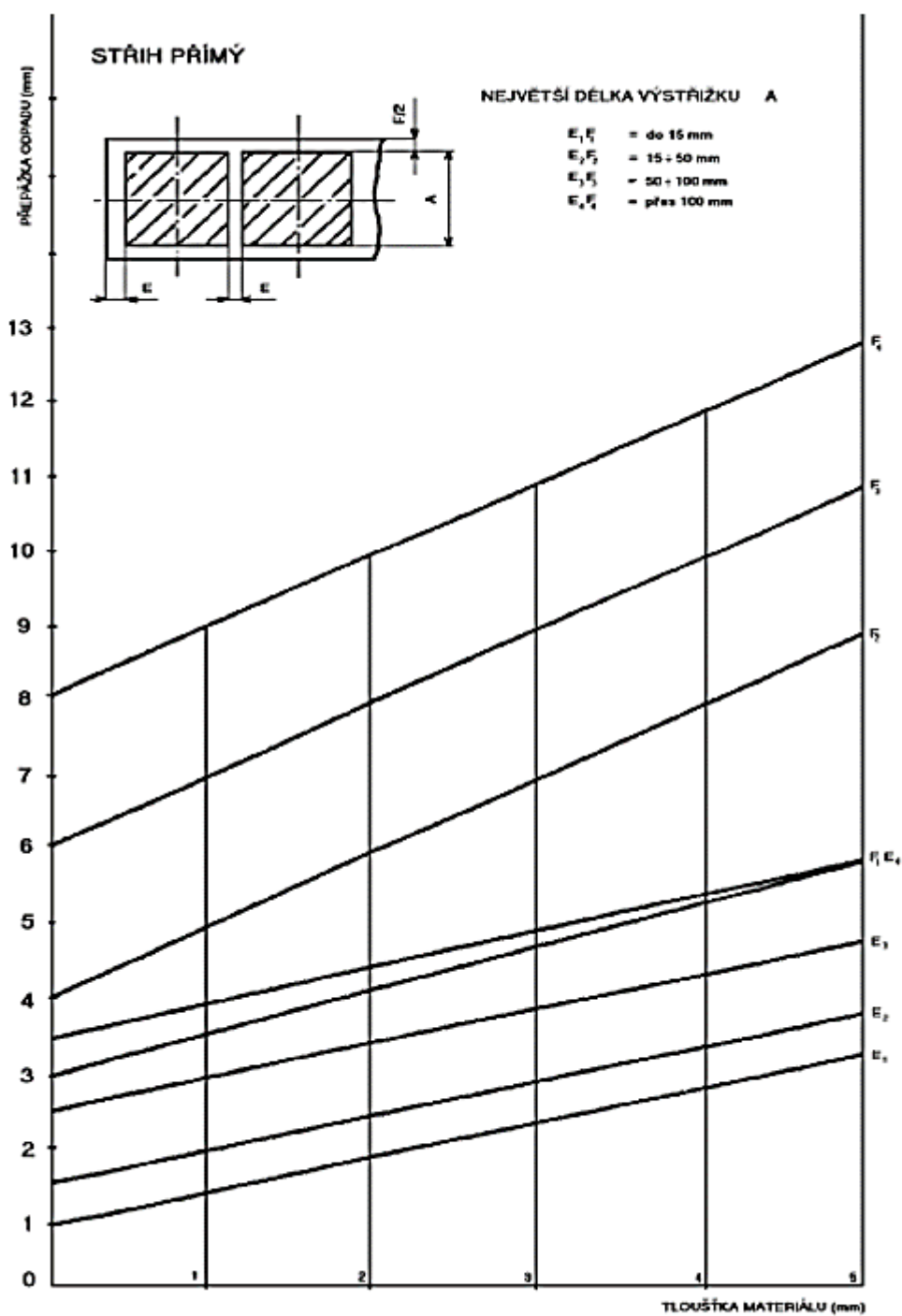
Hodnoty můstku a okrajů se vyčty z obrázku 35. Největší délka výstřižku  $A = 70,5$  mm nám udává přímky v diagramu  $E_3$  a  $F_3$ , které se protnou s vodorovnou osou, která určuje tloušťku plechu  $s = 2$  mm. Z protnutí tloušťkou plechu  $s$  a přímkou  $E_3$  můžeme vyčíst na svislé ose hodnotu můstku  $E = 2,5$  mm, tato hodnota nám určuje velikost mezery mezi jednotlivými výstřižky. Pro určení okrajů postupujeme podobně. Velikost okrajů je

$F = 6$  mm, ale tuto hodnotu musíme rozdělit na obě strany výstřížku, proto volíme  $F/2 = 3$  mm. Velikost kroku  $K$  nám určuje vzdálenost, o kterou se pás posune na další operaci. Tato hodnota se zjistí sečtením délky výstřížku  $B = 41,5$  mm a velikosti můstku  $E = 2,5$  mm.

$$K = B + E = 41,5 + 2,5 = 44 \text{ mm}$$

Minimální hodnota kroku vyšla  $K = 44$  mm, z důvodu doporučení a zkušeností z praxe se tato hodnota zvětší na  $K = 48$  mm. Šířku pásu určíme sečtením šířky výstřížku  $A = 70,5$  mm a velikosti okrajů  $F = 6$  mm.

$$\check{S} = A + F = 70,5 + 6 = 76,5 \text{ mm}$$



Obrázek 35 Diagram pro určení můstku a okrajů

## 9.2 Využití materiálu

Vstupní materiál do nástroje je na míru vyrobený svitek plechu o tloušťce 2 mm. Při rozvinutí šířka  $a = 76,5$  mm a délka  $b = 4000$  mm. Z těchto hodnot se zjistí plocha svitku:

$$S_{sv} = a \cdot b = 76,5 \cdot 4000 = 306\,000 \text{ mm}^2$$

Délka svitku se podělí zvoleným krokem  $K = 48$  mm, tím se dokáže zjistit kolik výstřížků se vejde na jeden svitek.

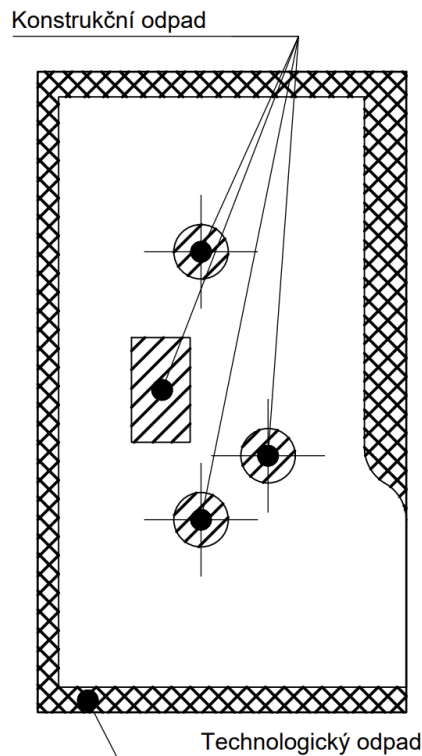
$$P = \frac{S_{sv}}{K} = \frac{4000}{48} = 83,33 \doteq 83$$

Z výpočtu se zjistilo, že z jednoho svitku se vystříhne 83 výrobků.

Po dosazení do vztahu (8) se získá koeficient využití materiálu pro navržený nástřihový plán.

$$\eta = \frac{S_V}{S_{sv}} \cdot 100 = \frac{2396,26 \cdot 83}{306\,000} \cdot 100 = 65 \%$$

Navržený nástřihový plán pro zadaný výstřížek je  $\eta = 65 \%$ . Výsledná hodnota se blíží k 70 % tzn., že nástřihový plán je vhodně navržen.



Obrázek 36 Odpad výstřížku

### 9.3 Výpočet střížných sil

Za pomoci vztahu (4) se určí jednotlivé síly, které působí při daném kroku. Pro ocel 1.0550 se mez pevnosti zvolila  $R_m = 570$  MPa. Koeficient opotřebení břitu se volí  $k = 1,2$  z důvodu minimálního opotřebení nástroje.

$$\tau_s = 0,8 \cdot 570 = 456 \text{ MPa}$$

Střížená délka díry hledáčku, jejíž průměr je  $d_H = 8,1$  mm:

$$l_1 = \pi \cdot d_H = \pi \cdot 8,1 = 25,45 \text{ mm}$$

Střížná síla pro hledáček:

$$F_{sH} = k \cdot l_1 \cdot s \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 25,45 \cdot 2 \cdot 456 = 27\,852 \text{ N}$$

Střížená délka kruhové díry o průměru  $d_{kD} = 6,5$  mm:

$$l_2 = \pi \cdot d_{kD} = \pi \cdot 6,5 = 20,42 \text{ mm}$$

Střížná síla pro kruhovou díru:

$$F_{skD} = k \cdot l_2 \cdot s \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 20,42 \cdot 2 \cdot 456 = 22\,348 \text{ N}$$

Kruhové díry na výstřížku jsou tři, tudíž střížná síla pro tři kruhové díry je:

$$F_{s3kD} = 22\,348 \cdot 3 = 67\,044 \text{ N}$$

Střížená délka obdélníkové díry o rozměrech  $12,5 \times 7$  mm se zaoblenými rohy o velikosti  $R = 1$  mm:

$$l_3 = 2 \cdot (b + h) - (2 \cdot \pi \cdot r) = 2 \cdot (12,5 + 7) - (2 \cdot \pi \cdot 1) = 32,72 \text{ mm}$$

Střížná síla pro obdélníkový otvor:

$$F_{sOD} = k \cdot l_3 \cdot s \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 32,72 \cdot 2 \cdot 456 = 35\,809 \text{ N}$$

Po sečtení střížných sil otvorů, tak se získá výsledná síla pro 4. krok:

$$F_{sO} = F_{3kD} + F_{sOD} = 67\,044 + 35\,809 = 102\,853 \text{ N}$$

Střížná plocha obvodu výstřížku se zjistila z 3D CAD modelu:  $l_4 = 316,82$  mm. Střížná síla pro plochu tedy je:

$$F_{sV} = k \cdot l_4 \cdot s \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 316,82 \cdot 2 \cdot 456 = 346\,728 \text{ N}$$

Střížená délka konce pásu je  $l_5 = 6$  mm, tudíž střížná síla pro odstřížení konce pásu:

$$F_{sKp} = k \cdot l_5 \cdot s \cdot \tau_s = 1,2 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 456 = 6\,566 \text{ N}$$



Výslednou střížnou sílu se získá sečtením všech sil:

$$F_{SC} = F_{sH} + F_{sO} + F_{sV} + F_{sKp}$$

$$F_{SC} = 27\,852 + 102\,853 + 346\,728 + 6\,566$$

$$F_{SC} = 483\,999\,N = 484\,kN$$

Také se počítala stírací síla jako 10 % ze střížné síly, tudíž stírací síla vychází:

$$F_{sSD} = 0,1 \cdot 484 = 48\,kN$$

## 9.4 Výpočet střížné vůle

Střížná vůle se obvykle vypočítá jako procento tloušťky materiálu nebo se zjistí použitím vztahu (1). Střížná mezera za použití vztahu (1), kde se zvolí konstanta  $C = 0,005$  z kvůli vysoké přesnosti výstřižku:

$$v = 2 \cdot C \cdot s \cdot \sqrt{\tau_s} = 2 \cdot 0,005 \cdot 2 \cdot \sqrt{408} = 0,40\,mm$$

Výsledná hodnota se počítá na stranu, tudíž výsledek se podělí dvěma, proto se pro konstrukci střížnic zvolí  $v = 0,20\,mm$ .

## 9.5 Pevnostní kontrola střížníku

Při návrhu střížného nástroje je potřeba zjistit, zda střížníky budou pevnostně vyhovovat. Střížníky mohou být namáhané na tlak a vzhledem k namáhání na vzpěr.

### 9.5.1 Kontrola na tlak

Střížníky se kontrolují na tlak dle vztahu (10).

$$\sigma_D = \frac{F_s}{S_S} \leq \sigma_{Ddov} \quad (10)$$

Kde:  $\sigma_D$  – Napětí ve střížníku [MPa]

$F_s$  – Střížná síla [N]

$S_S$  – Plocha střížníku [mm<sup>2</sup>]

Dovolené napětí ve střížnicích pro nástrojovou ocel bývá obvykle  $\sigma_{Ddov} = 1200\,MPa$ .

Střížník pro vystřížení otvoru hledáčku:

$$\sigma_{DSH} = \frac{F_{SH}}{S_{SH}} = \frac{27\,852}{\frac{\pi \cdot 8,02^2}{4}} = 551,34 \text{ MPa}$$

Střížník pro vystřížení kruhové díry:

$$\sigma_{DSkD} = \frac{F_{SkD}}{S_{SkD}} = \frac{22\,348}{\frac{\pi \cdot 6,7^2}{4}} = 633,87 \text{ MPa}$$

Střížník pro vystřížení obdélníkové díry:

$$\sigma_{DSoD} = \frac{F_{SoD}}{S_{SoD}} = \frac{35\,809}{(12,7 \cdot 7,2) - \frac{\pi \cdot 2,2^2}{4}} = 408,60 \text{ MPa}$$

Střížník pro vystřížení plochy výstřížku:

$$\sigma_{DSoD} = \frac{F_{Spl}}{S_{Spl}} = \frac{346\,728}{622,98} = 556,56 \text{ MPa}$$

Všechny střížníky dle výpočtů vyhovují dovolenému napětí v tlaku.

### 9.5.2 Kontrola na vzpěr

Střížníky menších průměrů se kontrolují na vzpěr. Pro střížník upevněný na jednom konci a vedené na druhém konci, jak je znázorněno na obrázku 37, může být kritická síla následující vypočítat podle vzorce:

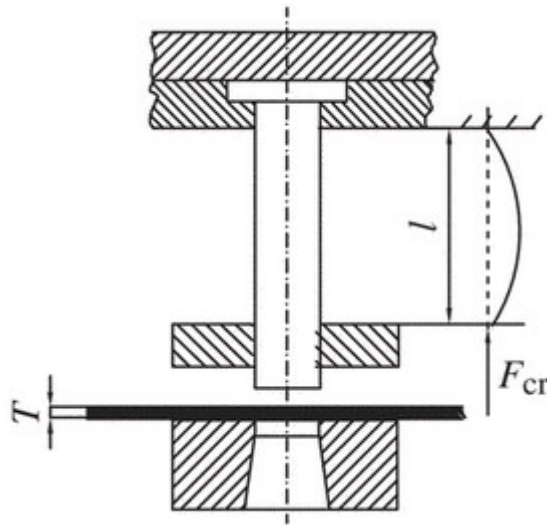
$$F_{er} = \frac{2\pi \cdot E \cdot J_{min}}{l^2} \quad (11)$$

Kde:  $E$  – Youngův modul pružnosti v tahu [MPa]

$J_{min}$  – minimální kvadratický moment průřezu [mm<sup>4</sup>]; pro kruhový průřez

$J_{min} = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$ ; pro obdélníkový průřez  $J_{min} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$

$l$  – Volná délka střížníku [mm]



Obrázek 37 Střižník, kde jeden konec je vetknutý a druhý konec je vedený

Minimální kvadratický moment průřezu pro kruhovou díru hledáčku:

$$J_{min_H} = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 8,02^4}{64} = 203,08 \text{ mm}^4$$

Kritická síla střižníku hledáčku na vzpěr:

$$F_{er_H} = \frac{2\pi \cdot E \cdot J_{min_H}}{l^2} = \frac{2\pi \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 203,08}{70^2} = 54\,6855 \text{ N} \geq 27\,852 \text{ N}$$

Minimální kvadratický moment průřezu pro kruhovou díru hledáčku:

$$J_{min_K} = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 6,7^4}{64} = 98,92 \text{ mm}^4$$

Kritická síla střižníku kruhového otvoru:

$$F_{er_K} = \frac{2\pi \cdot E \cdot J_{min_K}}{l^2} = \frac{2\pi \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 98,92}{70^2} = 26\,637 \text{ N} \geq 22\,348 \text{ N}$$

Minimální kvadratický moment průřezu pro obdélníkovou díru:

$$J_{min_O} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 7,2 \cdot 12,7^2 = 193,55 \text{ mm}^4$$

Kritická síla střižníku obdélníkové díry:

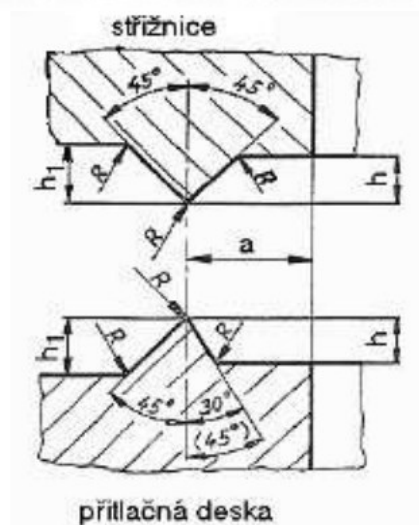
$$F_{er_O} = \frac{2\pi \cdot E \cdot J_{min_O}}{l^2} = \frac{2\pi \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 193,55}{70^2} = 52\,119 \text{ N} \geq 35\,809 \text{ N}$$

## 9.6 Výpočet tlačné hrany

Rozměry tlačné hrany se zvolily dle níže uvedené tabulky. Z tabulky se hodnoty volily dle tloušťky materiálu. Zadaný výstřížek má tloušťku  $s = 2$  mm. Na obrázku 38 lze vidět okótované rozměry, které jsou uvedené v tabulce 4.

Tabulka 4 Rozměry tlačné hrany [23]

Tloušťka mat./mm/	a	b	$h_1$	R
0,5	0,5	0,2	0,25	0,04
0,8	0,6	0,25	0,3	0,05
1,0	0,7	0,3	0,35	0,06
1,2	0,8	0,3	0,35	0,06
1,5	1,0	0,35	0,4	0,07
1,8	1,2	0,4	0,45	0,08
2,0	1,4	0,4	0,45	0,08
2,2	1,5	0,4	0,45	0,08
2,5	1,75	0,4	0,45	0,08
3,0	2,1	0,45	0,5	0,09
3,5	2,5	0,45	0,5	0,09
4,0	2,8	0,5	0,55	0,1
4,5	3,2	0,5	0,55	0,1
5,0	3,7	0,55	0,6	0,11
5,5	4,0	0,6	0,65	0,12
6,0	4,2	0,6	0,65	0,12
6,5	4,4	0,65	0,7	0,13
7,0	4,6	0,65	0,7	0,13
7,5	4,8	0,7	0,75	0,14
8,0	5,0	0,7	0,75	0,14
8,5	5,25	0,7	0,75	0,14
9,0	5,5	0,8	0,85	0,16
9,5	5,75	0,8	0,85	0,16
10,0	6,0	0,85	0,9	0,17



Obrázek 38 Tvar tlačné hrany [23]

## 9.7 Výpočet síly při ražení

Na výstřižku se nachází vyražené číselné označení „823562“, a také označení, kdy výstřižek byl vyroben, to je vyraženo jako „YYWWD“, kde „YY“ znamená rok výroby, „WW“ týden v roce a „D“ znamená den v týdnu, ve kterém byl výstřižek vyroben. Výpočet razící síly se zjistí dosazením do vztahu (9). Výška jednoho znaku je  $h = 3,5 \text{ mm}$  a šířka je polovina výšky znaku.

Výpočet plochy vyraženého znaku:

$$A_0 = h \cdot \frac{h}{2} = 3,5 \cdot \frac{3,5}{2} = 6,13 \text{ mm}^2$$

Výpočet razící síly jednoho znaku, kde hodnota konstanty  $k_r$  se zvolila z tabulky 3 pro ocel:

$$F_{zn_1} = k_r \cdot A_0 = 350 \cdot 6,13 = 2\,146 \text{ N}$$

Číselné označení je složeno ze šesti znaků, tudíž výsledná síla se vynásobí  $n = 6$ :

$$F_{zn_6} = F_{zn_1} \cdot n = 2\,146 \cdot 6 = 12\,873 \text{ N}$$

Datumové označení se skládá z pěti znaků, proto se síla vynásobí  $n = 5$ :

$$F_{zn_5} = F_{zn_1} \cdot n = 2\,146 \cdot 5 = 10\,728 \text{ N}$$

Výsledná síla ražení tedy je:

$$F_{CZ} = F_{zn_6} + F_{zn_5} = 12\,873 + 10\,728 = 23\,601 \text{ N}$$

## 9.8 Výpočet polohy stopky

Pro optimální funkci lisovacího nástroje je nezbytné zajistit jeho správné vyvážení. Celková síla působící ze všech střižníků musí být v souladu s osou beranu. Toto vyvážení lze dosáhnout umístěním stopky do místa působení této síly. Pokud by stopka nebyla správně umístěna, mohlo by dojít k vzniku klopného momentu, což by zatěžovalo vedení beranu a negativně ovlivňovalo funkci nástroje. Polohu stopky lze určit buď početní nebo grafickou metodou, kdy se najdou výslednice sil ze všech střižníků v obou směrech a stopka se umístí do jejich průsečíku. V případě daného výstřižku byla zvolena početní metoda. Početně můžeme tuto závislost řešit tak, že moment výslednice sil se rovná součtu momentů od jednotlivých sil k téže ose.

Vzdálenost výslednice od osy x zjistíme následovně:

$$x = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3 + \dots + F_n \cdot x_n}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n} \quad (12)$$

Vzdálenost výslednice od osy y se zjistí obdobně:

$$y = \frac{F_1 \cdot y_1 + F_2 \cdot y_2 + F_3 \cdot y_3 + \dots + F_n \cdot y_n}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n} \quad (13)$$

Jednotlivé vzdálenosti od počátku se zapsaly do níže uvedené tabulky:

Tabulka 5 Jednotlivé střížné síly se vzdálenostmi od počátku v ose x a y

č.	$F_n$ [N]	$x_n$ [mm]	$y_n$ [mm]
1	27 852,00	91,05	38,25
2	35 809,00	158,61	38,61
3	22 348,00	163,49	22,99
4	22 348,00	171,51	30,66
5	22 348,00	163,50	55,02
6	346 728,00	261,20	36,75
7	6 566,00	355,50	38,25
8	12873,00	26,32	12,00
9	10727,50	32,76	50,30
$\Sigma$ [N]	<b>507 599,50</b>		
<b>x [mm]</b>	222,51		
<b>y [mm]</b>	36,57		

Po dosazení do vztahu (12) se zjistí výslednice v ose x:

$$x = \frac{27852 \cdot 91,05 + 35809 \cdot 158,61 + 22348 \cdot 163,49 + 22348 \cdot 171,51 + 22348 \cdot 163,5 + 346728 \cdot 261,2 + 6566 \cdot 355,5 + 12873 \cdot 26,32 + 10727 \cdot 32,76}{507 599,5}$$

$$x = 222,51 \text{ mm}$$

Po dosazení do vztahu (13) se zjistí výslednice v ose y:

$$y = \frac{27852 \cdot 38,25 + 35809 \cdot 38,61 + 22348 \cdot 22,99 + 22348 \cdot 30,66 + 22348 \cdot 55,02 + 346728 \cdot 36,75 + 6566 \cdot 38,25 + 12873 \cdot 12 + 10727 \cdot 50,3}{507 599,5}$$

$$y = 36,57 \text{ mm}$$

Zaznačenou výslednou pozici stopky lze vidět na obrázku 34.

## 10 KONSTRUKČNÍ ČÁST

V konstrukční části se zaměří na modelování jednotlivých komponent střížného nástroje, kde výsledkem bude hotová sestava. Kusovník celé sestavy je uveden v příloze P V. Modelování je prováděno v programu Catia V5.

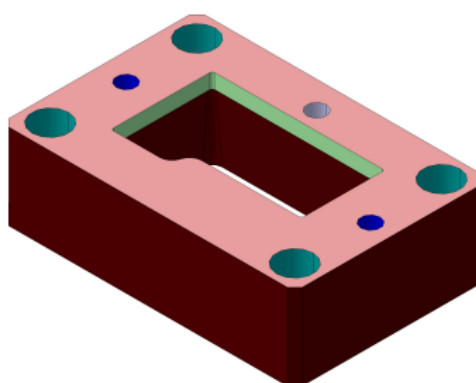
### 10.1 Bez výkresová dokumentace

Níže uvedená tabulka obsahuje jednotlivé barvy, které udávají rozměrovou toleranci a způsob použité technologie pro danou operaci. Dle této tabulky se jednotlivé modely barvíly.

Tabulka 6 Barevné značení pro bez výkresovou dokumentaci

Barevné značení pro bezvýkresovou dokumentaci			
Typ opracování	Popis	RGB-hodnoty	Barva
Oblasti závislé na metodě Ra 1,6 [μm] dle modelu = 0 kontura	Všechna opracování, které není podle objemového modelu, nýbrž podle datového modelu zvláště provedeno (řezání drátovou elektrodou)	175, 255, 175	Olivově zelená
Dokončování Ra 1,6 [μm] dosedací plochy, rovinné obrábění	Jemné opracování (Dodatečný údaj viz. Pracovní návod, případně výkres)	255, 175, 175	Růžová
Hrubování Ra 3,2 [μm]	Hrubé obrábění	095, 000, 000	Červenohnědá
Přesné otvory H7 Ra 1,6 [μm]	Frézování na přesno	000, 000, 255	Modrá
Závit	Metrické závity pravotočivé DIN / ISO	255, 255, 000	Žlutá
Volné díry / prosté díry Ra 3,2 [μm]	Vrtání průchozích otvorů atd., zvláštní zahloubení	000, 175, 175	Tyrkysová
Polotovary	Surový polotovary bez úpravy povrchu, tvarové plochy vypálené plamenem nebo laserem	255, 255, 255	Bílá

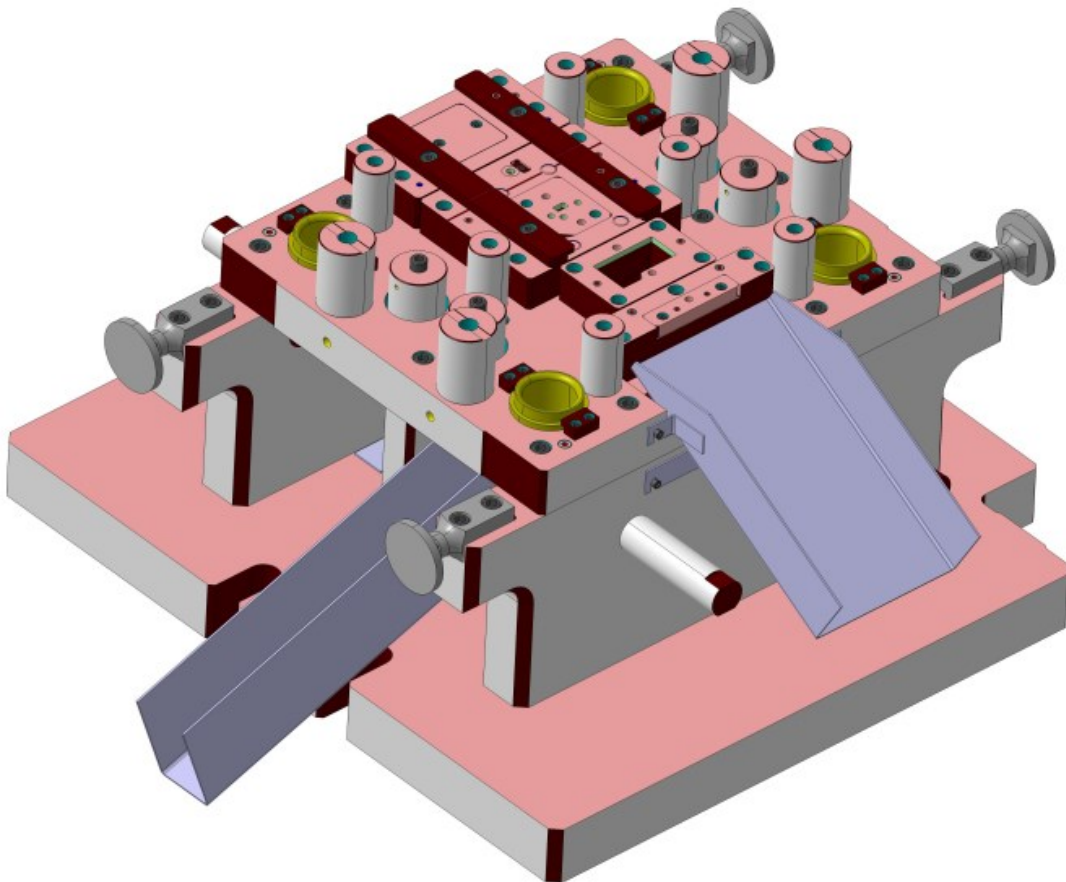
Příklad bez výkresové dokumentace lze vidět na obrázku 39, kde je nabarvený model střížnice.



Obrázek 39 Příklad použití barev pro bez výkresovou dokumentaci

## 10.2 Spodní část nástroje

Spodní část nástroje je tvořena spodní deskou, na které jsou připevněny tři podkladové desky, které drží základovou desku. Na základové desce jsou připevněny držáky střížnic, hlavní střížnice obvodu a střížnici, která stříhá odpad pásu. Na držácích pro střížnice jsou upevněny vodící lišty pro správné vedení svitku k jednotlivým operacím. Dále jsou na desce vodící pouzdra pro vodící sloupky a dosedky. Jednotlivé komponenty jsou k sobě spojené lícovanými kolíky a šrouby. Celá sestava spodní části lze vidět na obrázku 40.



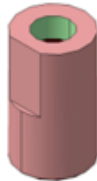
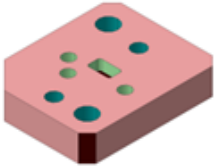
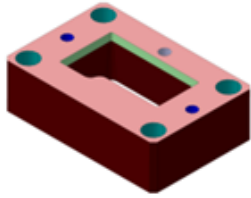
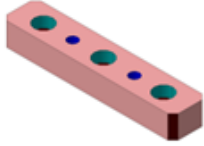
Obrázek 40 Spodní část nástroje



### 10.2.1 Střížnice

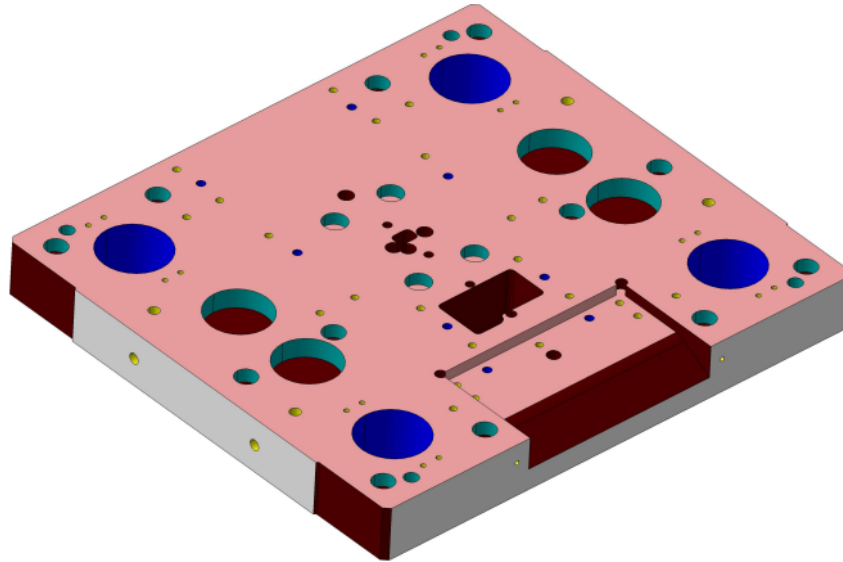
Jednotlivé střížnice se zapsaly do tabulky 7 s údaji o základních rozměrech a materiálu. Dle možnosti se využily i normalizované součásti, ty se převzaly od firmy Eichler company.

Tabulka 7 Tabulka jednotlivých střížnic v sestavě

Název	Základní rozměry [mm]	Materiál	Obrázek
* STRIZNE_POUZDRO_MDC_16-28_STD_P=8,36	-	-	
01_101_STRIZNICE	76×62×15	1.2379 (19 573)	
01_102_STRIZNICE	120×80×35	1.2379 (19 573)	
01_103_STRIZNICE	100×20×13,5	1.2379 (19 573)	
* normalizovaná součást			

### 10.2.2 Upínací deska

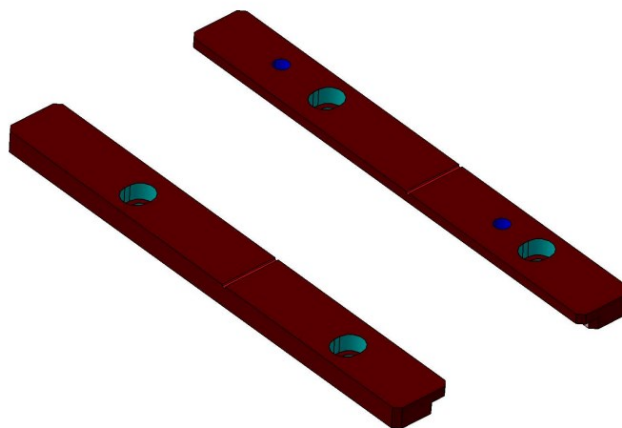
Na upínací desku 01\_001 se montují jednotlivé součásti spodní sestavy. Deska má rozměry 485×440×50 mm a je vyrobena z materiálu 1.0570 (11 523).



Obrázek 41 Upínací deska

### 10.2.3 Vodící lišty

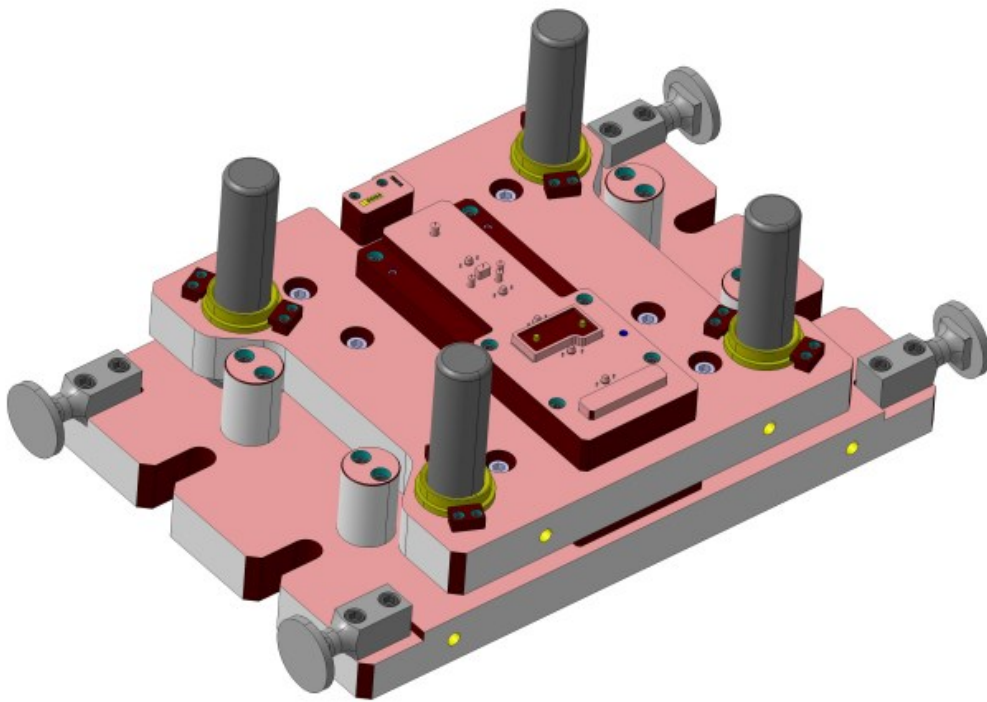
Vodící lišty slouží ke správnému vedení materiálu do nástroje. Ty byly vyrobeny z oceli 1.2842 (19 312) a mají základní rozměry 252×30×11 mm.



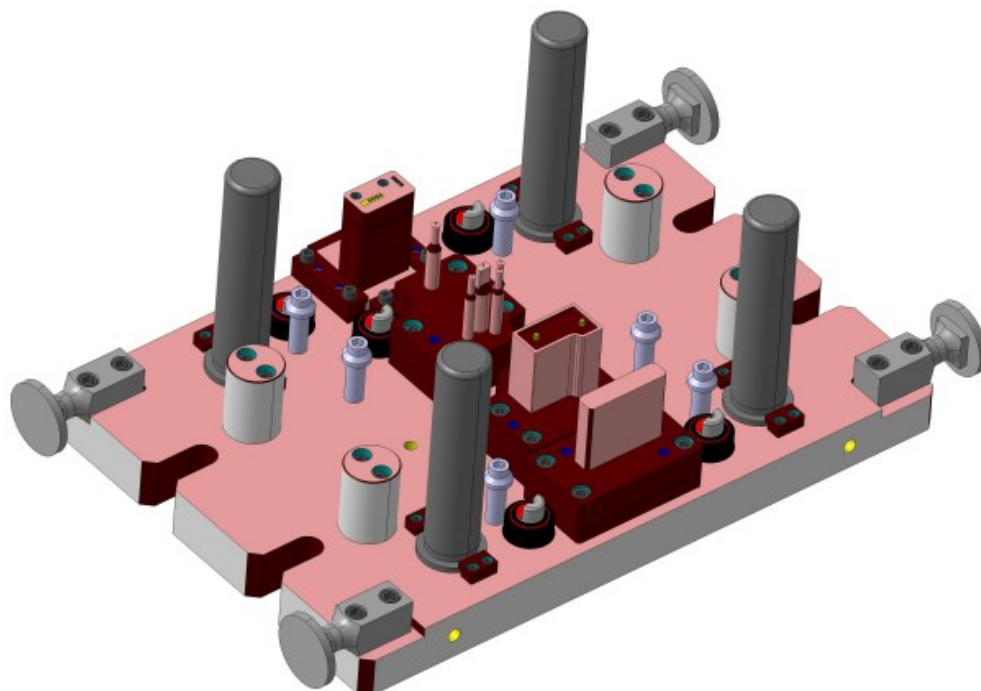
Obrázek 42 Vodící lišty

### 10.3 Horní a prostřední část nástroje

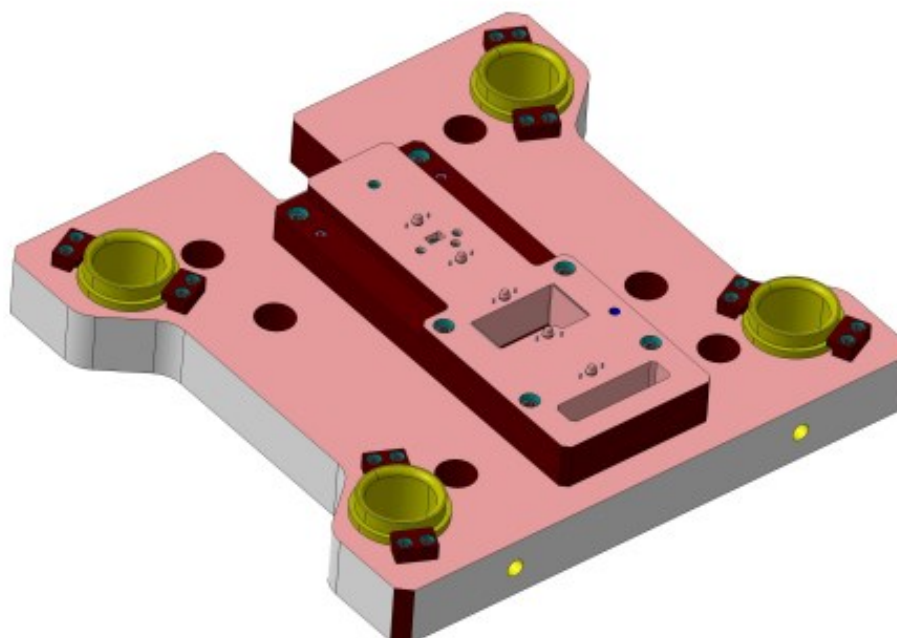
Horní část nástroje je rozdělena na dvě části, kde hlavní vrchní část je tvořena horní upínací deskou, na které jsou připevněny podložky s kotevními deskami. V kotevních deskách jsou upevněny jednotlivé střížníky pro danou operaci. Také je na desce umístěna podložka, na které je kostka s držákem na značení pro razící operaci. Na desce jsou také umístěny vodící sloupky a dorazy. Druhá nebo-li prostřední část je tvořena deskou, na které se umístí stírací deska s tlačnou hranou a hledáčky. Dále se na desce vyskytují vodící pouzdra a rozpěrné šrouby, které pohybují s prostřední deskou. Jednotlivé komponenty jsou spojeny lícovanými kolíky a šrouby. Celá sestava horní a prostřední části lze vidět na obrázku 43 a jednotlivě je lze vidět na obrázcích 44 a 45.



Obrázek 43 Horní a prostřední část nástroje



Obrázek 44 03\_Horní část nástroje




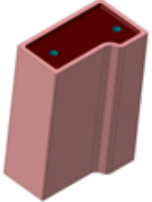



Obrázek 45 02\_Prostřední část nástroje

### 10.3.1 Střížníky

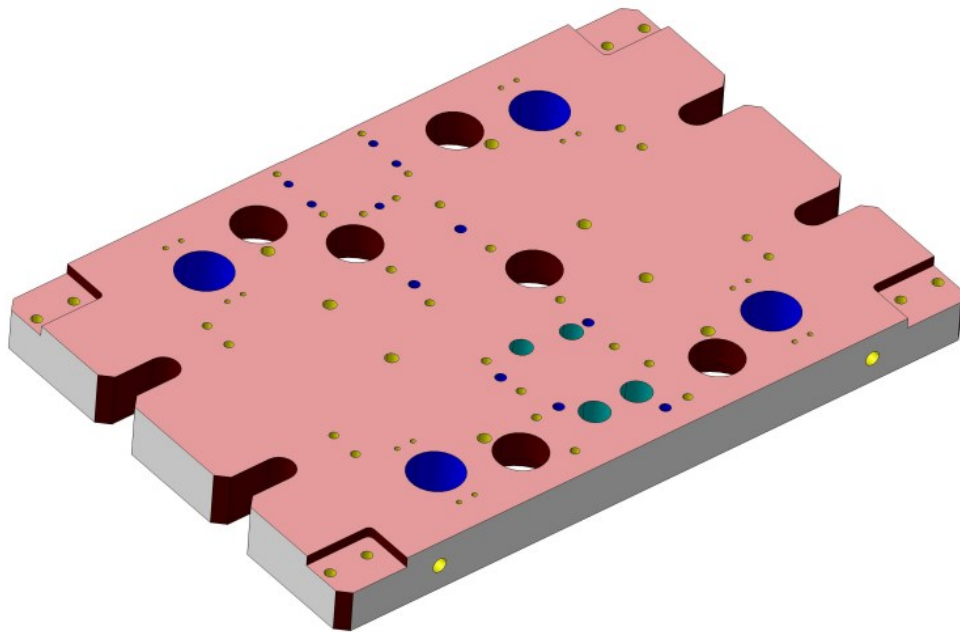
Střížníky se zapsaly do tabulky 8 s údaji o základních rozměrech a materiálu. Využily se i normalizované součásti od firmy Eichler company.

Tabulka 8 Použité střížníky v sestavě

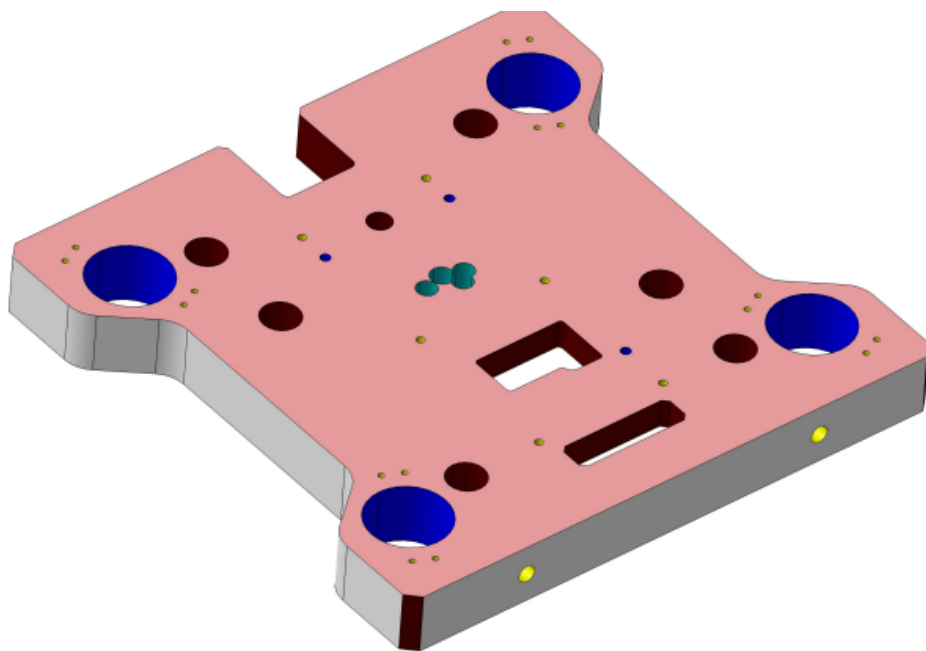
Název	Základní rozměry [mm]	Materiál	Obrázek
* STRIZNIK_ECC13-8,1_SBR19_L100	-	-	
* STRIZNIK_ECC10-6,70_SBR19_L100	-	-	
* STRIZNIK_ECR_16-100_W=7,20 P=12,70 R=1 F1_Eichler	-	-	
03_220_STRIZNIK	71,1×41,1×100	1.2379 (19 573)	
03_221_STRIZNIK	86,5×20×101	1.2379 (19 573)	
* normalizovaná součást			

### 10.3.2 Upínací desky

Na upínací desku 03\_001 a 02\_001 se montují jednotlivé součásti horní a prostřední části. Rozměry desky 03\_001 jsou 645×440×50 mm a je vyrobena z materiálu 1.0570 (11 523). Rozměry desky 02\_001 jsou 450×440×48 mm a je vyrobena z materiálu 1.0570 (11 523).



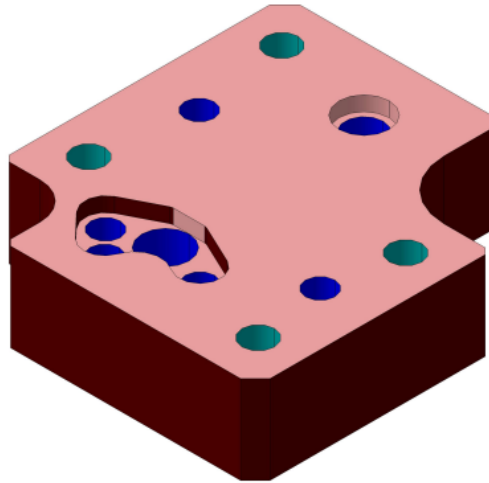
Obrázek 47 Horní upínací deska 03\_001



Obrázek 46 Prostřední upínací deska 02\_001

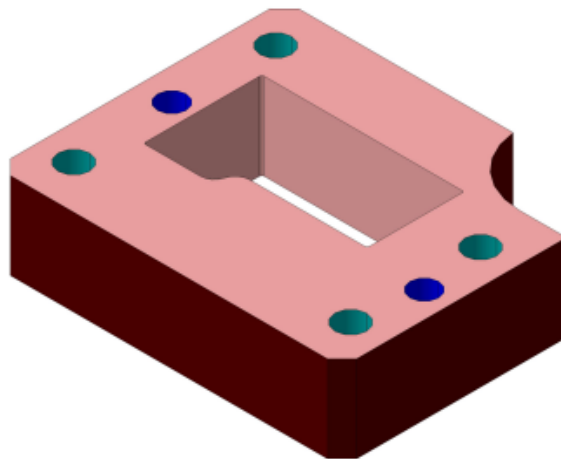
### 10.3.3 Kotevní desky

Na horní desce jsou upnuté tři kotevní desky. Na první kotevní desce 03\_010 se upevňují střížník hledáčku, kruhových děr a obdélníkové díry. Ta má rozměry 120×110×30 mm a je vyrobena z materiálu 1.2343 (19 552).



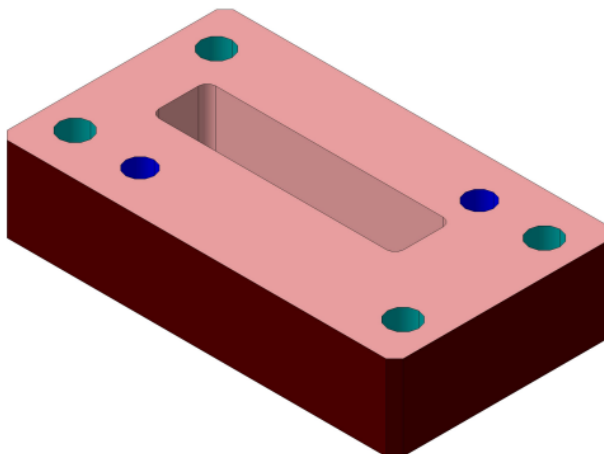
Obrázek 48 Kotevní deska 03\_010

Na druhou kotevní desku 03\_011 se upevňuje střížník 03\_220. Deska má rozměry 120×100×30 mm, materiál desky je 1.1191 (12 050).



Obrázek 49 Kotevní deska 03\_011

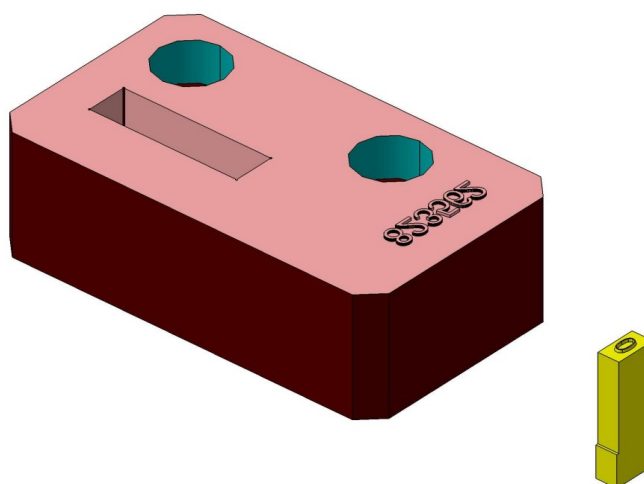
Třetí kotevní deska 03\_012 slouží k upevnění střížníku 03\_221. Rozměry jsou 140×80×30 mm a je vyrobena z materiálu 1.1191 (12 050).



Obrázek 50 Kotevní deska 03\_012

#### 10.3.4 Držák ražení

Držák ražení má dvě funkce, první je vyražení číselného označení do výstřížku, druhá funkce slouží k držení jednotlivých písmen, které razí značení datumu výroby (viz. kapitola 9.7). Díky tomuto řešení se písmena dají jednoduše měnit. Rozměry držáku 03\_201 jsou 58×33×19 mm a je vyroben z materiálu 1.2842 (19 312). Písmeno 03\_501 je normalizovaná součást od MARGREITER TECHNIK a má rozměry 6,35×3,2×19 mm.

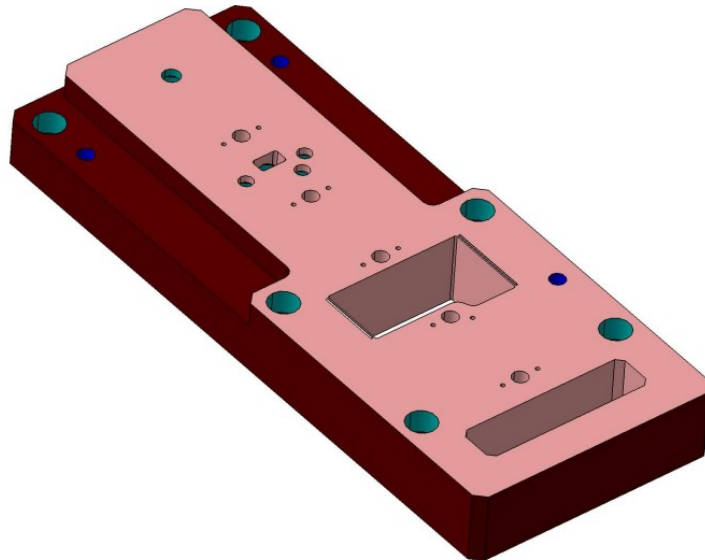


Obrázek 51 Držák ražení 03\_201 (vlevo) a písmeno 03\_501 (napravo)



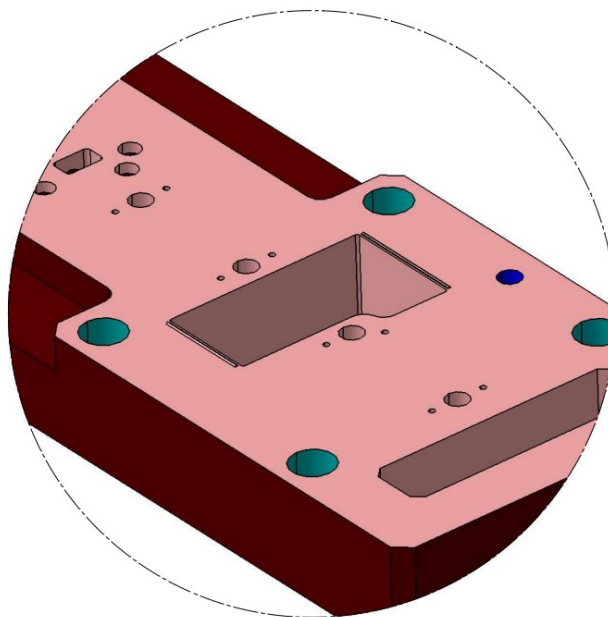
### 10.3.5 Stírací deska

Stírací deska 02\_002 slouží ke setření výstřížku od střížníku a vede střížník k plechu. Rozměry stírací desky jsou 325×130×36 mm a je vyrobena z materiálu 1.2312 (19 520).



Obrázek 52 Stírací deska 02\_002

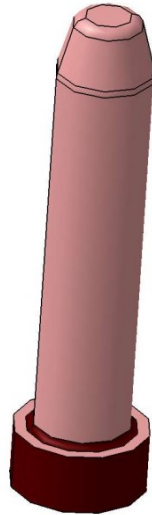
Na stírací desce 02\_002 se nachází u otvoru pro vedení střížníku 03\_220 tlačná hrana. Detail lze vidět na obrázku níže.



Obrázek 53 Detail (2:1) tlačné hrany na stírací desce 02\_002

### 10.3.6 Hledáček

Hledáček slouží ke správnému nalezení otvoru pro hledáček, kde otvory jsou od sebe vzdáleny o hodnotu kroku. Rozměry hledáčku 02\_010 jsou  $\varnothing 8 \times 43,6$  mm a je vyroben z materiálu 1.2842 (19 312).



Obrázek 54 Hledáček 02\_010

## 11 ZVOLENÝ LIS

Použitý lis pro navrhnutý nástroj se zvolil SCHULER 315. Jedná se o mechanický lis s podávacím zařízením vyráběný v Německu v roce 1977 a byl repasovaný v roce 2015. Lis je navržen pro automatizovanou výrobu přesných lisovaných dílů z plechu s tloušťkou do 5 mm. Jeho konstrukce je zhotovena z kvalitní oceli, což zajišťuje dostatečnou tuhost pro práci s maximálním tlakem 315 tun. Stroj disponuje pracovním stolem o rozměrech 1800 mm x 1050 mm. Více informací o lisu lze vidět v tabulce 9. [24]



Obrázek 55 Klikový lis SCHULER

Technické parametry lisu jsou uvedeny v tabulce níže:

Tabulka 9 Technické parametry lisu

Jmenovitá tvářecí síla	T	315
Počet zdvihů beranu	1/min.	30 – 100
Přestavení beranu	mm	100
Zdvih beranu	mm	250
Min. sevřená výška beranu	mm	510
Maximální sevřená výška	mm	610
Upínací plocha beranu	mm	1 800 x 850
Upínací plocha stolu	mm	1 800 x 1 050
Rozměry otvoru v bočnici - vstupní otvor pásu	mm	990 x 500
Spodní přidržovač lisu – zdvih	mm	-
Průměr kolíku přidržovače	mm	-
Přidržovací síla	kN	-
Výkon hlavního el. motoru	kW	87
Hmotnost lisu	kg	65 000
Zatížení beranu	kg	2 000
Výška stolu od podlahy	mm	920

## 12 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V tabulce 10 je uvedeno shrnutí výsledků, které byly získány v početní části.

Tabulka 10 Shrnutí výsledků  
z početní části

<b>Koeficient využití mat. <math>\eta</math> [%]</b>	65	
<b>Celková střížná síla <math>F_{sc}</math> [kN]</b>	484	
<b>Stírací síla <math>F_{sD}</math> [kN]</b>	48	
<b>Střížná vůle <math>v</math> [mm]</b>	0,2	
<b>Kontrola střížníků na tlak</b>	Vyhovuje	
<b>Kontrola střížníků</b>	Vyhovuje	
<b>Rozměry tlačné hrany [mm]</b>	<b><math>a</math></b>	1,4
	<b><math>h</math></b>	0,4
	<b><math>h_1</math></b>	0,45
	<b><math>R</math></b>	0,08
<b>Celková Síla při ražení <math>F_{cz}</math> [kN]</b>	24	
<b>Poloha stopky [mm]</b>	<b><math>x</math></b>	222,51
	<b><math>y</math></b>	36,57

Z navrhnutého nástřihového plánu se dosáhlo 65 % využití materiálu, což se blíží k hodnotě 70 %, které se orientačně používá jako ideální procento využití materiálu. V sériové výrobě se snaží dosáhnout co nejvyššího procenta kvůli tomu, aby výsledný odpad při výrobě byl co nejmenší. Výsledná střížná síla vychází 484 kN nebo-li 49 t, zvolený lis je schopný vyvinout sílu o velikosti 315 t, takže stroj bude schopný vyvinout dostatečnou sílu pro to, aby se nástroj dal používat v sériové výrobě. Stírací síla je vypočítána jako 10 % ze střížné síly, tudíž síla vychází 48 kN. Dle vypočítané střížné vůle se navrhly střížnice tak, aby byl správný ořez výstřížku a mohlo se s výstřížkem dále pracovat. Dále se menší střížníky kontrolovaly na tlak a vzpěr, kde střížníky vyhovují kritickým hodnotám a mohou být použity ve střížném nástroji. Celková síla při ražení se pohybuje kolem 24 kN, kde zároveň při stříhání je stroj schopen tuto sílu vyvinout. Polohu stopky na nástroj se umístí ze zjištěných hodnot, pokud by nebyla umístěna v těžišti, tak by nástroj nepracoval správně a mohlo by dojít k poškození nástroje. Ve spolupráci se společností ROSTRA s.r.o se navrhnutý nástroj odhadem nacenil dle šířky a délky nástroje, složitosti a násobnost vyrobených kusů. Dle kalkulací je odhadnutá prodejní cena navrhnutého nástroje 650.000,- Kč.

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo seznámit s tematikou stříhání, což je metoda plošného tváření za studena, která je používána hlavně v automobilovém průmyslu. V teoretické části se v prvních kapitolách rozebrala kapitola tváření, stříhání a přesného stříhání. Nadále se zabývalo střížným nástrojem jako takovým, kde se popsaly jednotlivé části a typy provedení. V poslední části teorie se zmínilo o technologii ražení, které se například používá ke značení plechových dílů. V praktické části hlavním cílem bylo navrhnout a zkonstruovat střížný nástroj na daný výstřížek, jehož výkres je v příloze II. Detailnější popis výstřížku je popsán v osmé kapitole. Výstřížek je vyroben z materiálu HR 380LA-UC-A, ekvivalent tohoto materiálu dle normy Wr.Nr. je 1.0550. Materiálový list je dán jako příloha I. Výpočtová část měla několik bodů, které se musely zjistit, než se navrhl samotný střížný nástroj. Nejdříve se navrhl nástřihový plán, ten se rozdělil na osm operací tak, aby postupná výroba výstřížku byla plynulá a zároveň efektivní, kde efektivitu dává koeficient využití materiálu. Popis nástřihového plánu lze vidět na jeho výkresu, který je dán jako příloha P III. Poté se zjistila efektivita nástřihového plánu, dle navržených rozměrů vyšel:  $\eta = 65 \%$ . Efektivní využití materiálu mívá koeficient dle literatury hodnotu  $\eta \geq 70 \%$ . Zjištěná hodnota se k této hodnotě blíží, tudíž navržený nástřihový plán se může předpokládat jako správně navržený a efektivní. Dále se počítaly síly v jednotlivých krocích, které se pak sečetly a tím se získala hodnota celkové střížné síly. Výsledná celková střížná síla vyšla  $F_{SC} = 484 \text{ kN}$ . Dle této hodnoty se musí vybrat takový lis, který dokáže vyvinout takovou sílu. Ze střížné síly se zjistila i síla stírací desky, ta se na doporučení z praxe zjistí jako 10 % ze střížné síly, tudíž stírací síla vychází  $F_{SD} = 48 \text{ kN}$ . Dalším bodem je výpočet střížné vůle, tento bod je důležitý pro konstrukci střížnic tak, aby se správně vystříhl požadovaný tvar. Dle výpočtu se zjistilo, že střížná vůle vychází  $v = 0,2 \text{ mm}$ . Pro správný chod a výrobu se navržené střížníky musely pevnostně zkontrolovat. Nejprve se zkontrolovaly na tlak, dovolené napětí ve střížnicích bývá pro nástrojovou ocel obvykle  $\sigma_{Dov} = 1200 \text{ MPa}$ . Navržené střížníky vyhovovaly na tlak s velkou rezervou, největší napětí působí na střížník kruhové díry, kde napětí působí o velikosti  $\sigma_{DSH} \doteq 600 \text{ MPa}$ . Menší střížníky se musely zkontrolovat na vzpěr, postupuje se tak, že se zjistí kritická síla, kde by došlo ke vzpěru, a porovná se s působící střížnou silou. Navržené střížníky vyhověly a nemůže dojít ke vzpěru. V dalším kroku se navrhla tlačná hrana, která se prováděla dle tabulky 4. a poté se vypočítala velikost síly potřebné k ražení značení. Celková potřebná síla ke značení plechu, které je popsané v kapitole výpočtu síly při ražení, vychází  $F_{CZ} = 23,6 \text{ kN}$ . V poslední části početní kapitoly

se zjišťovala poloha stopky tak, že se zjistilo těžiště nástřihového plánu. Výsledné těžiště v ose X vyšlo  $x = 222,51 \text{ mm}$  a v ose Y vyšlo  $y = 36,57 \text{ mm}$ . V této poloze musí být umístěna poloha stopky, pokud by nebyla, mohlo by dojít ke klopnému momentu a nástroj by nemusel fungovat správně. V další kapitole se dle nástřihového plánu a výpočtů modeloval střížný nástroj pro daný výstřižek v programu Catia V5 2019. V jednotlivých podkapitolách konstrukční části se ukázaly a popsaly hlavní části nástroje. Jednotlivé modely se nabarvily barvami určené pro bez výkresovou dokumentaci z důvodu jednoduššího systému výroby a ušetření výkresů. V předposlední části jsou zmíněny informace o lisu Schuler 315, jedná se o stroj, na kterém by se nástroj mohl používat v sériové výrobě. Nakonec praktické části se shrnuly jednotlivé výsledky, kde se ve spolupráci se společností ROSTRA s.r.o navrhnutý nástroj odhadem nacenil na hodnotu 650 000 Kč. Výstupem práce je vymodelovaný nástroj v programu Catia V5 2019, který je uvedený v elektronické příloze IV. Kusovník součástí, které jsou použity v nástroji lze najít v příloze V.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] *Technologie tváření kovů* [online]. Liberec: Technická univerzita Liberec [cit. 2023-10-19]. Dostupné z: [https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/01.htm](https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm)
- [2] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS, 2014. *Výrobní inženýrství a technologie*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati. ISBN 978-807-4544-712.
- [3] NOVOTNÝ, Josef a LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1980.
- [4] *Technologie plošného tváření – stříhání* [online]. Liberec: Technická univerzita Liberec [cit. 2023-10-28]. 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)
- [5] *Technologie tváření : plošné a objemové tváření*, 2013. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 9788021447479.
- [6] BOLJANOVIC, Vukota, 2014. *Sheet Metal Forming Processes and Die Design*. 2nd Edition. Industrial Press. ISBN 978-0-8311-3492-1.
- [7] ČADA, Radek, 2013. *TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ A SLÉVÁNÍ – TEORETICKÝ ZÁKLAD: Plošné stříhání* [PDF]. 1. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [cit. 2023-11-23]. ISBN 978-80-248-3015-5. Dostupné z: [https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/vy\\_01\\_004/Technologie%20tv%C3%A1%C5%99en%C3%AD%20a%20sl%C3%A9v%C3%A1n%C3%AD%20-%20Teoretick%C3%BD%20z%C3%A1klad/02%20Text%20pro%20e-learning/publikovat/kapitoly/4.%20PLO%C5%A0N%C3%89%20ST%C5%98%C3%8DH%C3%81N%C3%8D.pdf](https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/vy_01_004/Technologie%20tv%C3%A1%C5%99en%C3%AD%20a%20sl%C3%A9v%C3%A1n%C3%AD%20-%20Teoretick%C3%BD%20z%C3%A1klad/02%20Text%20pro%20e-learning/publikovat/kapitoly/4.%20PLO%C5%A0N%C3%89%20ST%C5%98%C3%8DH%C3%81N%C3%8D.pdf)
- [8] ČADA, Radek, 2013. *TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ A SLÉVÁNÍ – V PŘÍKLADECH* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [cit. 2024-01-25]. ISBN 978-80-248-3016-2. Dostupné z: [https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/vy\\_01\\_005/Technologie%20tv%C3%A1%C5%99en%C3%AD%20a%20sl%C3%A9v%C3%A1n%C3%AD%20-%20v%20p%C5%99%C3%ADkladech/02%20Text%20pro%20e-learning/3.%20ST%C5%98%C3%8DH%C3%81N%C3%8D%20PLECHU.pdf](https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/vy_01_005/Technologie%20tv%C3%A1%C5%99en%C3%AD%20a%20sl%C3%A9v%C3%A1n%C3%AD%20-%20v%20p%C5%99%C3%ADkladech/02%20Text%20pro%20e-learning/3.%20ST%C5%98%C3%8DH%C3%81N%C3%8D%20PLECHU.pdf)
- [9] TSCHAETSCH, Heinz a Anne KOTH, 2007. *Metal Forming Practise* [online]. 1. Springer Berlin, Heidelberg. ISBN 9783540332169. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1007/3-540-33217-0>
- [10] BENEŠOVÁ, Soňa a Vladimír BERNÁŠEK, 2014. *TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ* [online]. Západočeská univerzita v Plzni [cit. 2023-12-07]. ISBN 978-80-261-0449-0. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/16833/1/TechnologietvareniTTSS.pdf>



- [11] TATÍČEK, František a Roman DVOŘÁK, 2010. Akademie tváření: Stříhání. *Průmyslové spektrum* [online]. (6) [cit. 2024-02-06]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani>
- [12] SCHULER, GmbH, 2012. *Metal Forming Handbook* [online]. 1. Heidelberg: Springer Berlin [cit. 2024-02-10]. ISBN 978-3-642-58857-0. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-642-58857-0>
- [13] ALTAN, Taylan a A. Erman TEKKAYA, 2012. *Sheet Metal Forming - Processes and Applications*. ASM International. ISBN 978-1-61503-844-2.
- [14] AUGUSTIN, Frank, *Strojírenská technologie 4 Výrobní pomůcky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. ISBN 04-224-78.
- [15] STAHL, J. a C. KOCK, 2021. Strategies for residual stress adjustment in bulk metal forming. *Archive of Applied Mechanics* [online]. 3557–3577 [cit. 2024-03-04]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1007/s00419-021-01903-7>
- [16] BOLJANOVIC, Vukota a J.R. PAQUIN, 2006. *Die Design Fundamentals*. 3rd edition. Industrial Press. ISBN 978-0-8311-3119-7.
- [17] OBERG, Erik et al., 2020. *Machinery's Handbook*. 31st Edition. Industrial Press. ISBN 978-0-8311-3731-1.
- [18] ALTAN, Tayla a A. Erman TEKKAYA, 2012. *Sheet Metal Forming - Fundamentals*. 1. ASM International. ISBN 978-1-61503-842-8.
- [19] ČADA, Radek, [2007]. *Technologie I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita. ISBN ISBN978-80-248-1507-7.
- [20] LIU, W.Y. et al., 2018. Variation of tensile and bending rigidities of a duplex embossed steel sheet by small uniaxial tensile deformation. *Journal of Materials Processing Technology* [online]. (261), 123-139 [cit. 2024-03-05]. ISSN 0924-0136. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2018.05.014>
- [21] *Nástroje, 2021. In: ROSTRA* [online]. [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://www.rostra.cz/produkty/nastroje/>
- [22] ESB-GROUP. *Products VDA 239-100* [online]. [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <https://www.esb-group.com/en/products-vda-239-100-2/high-strength-steels-according-vda-239-100/>
- [23] BÍLEK, Ondřej. *D-Stříhání s tlačnou hranou: PROTOKOL 7 : Výroba součástí stříháním s tlačnou hranou*. 1.
- [24] EXAPRO, 2024. *Hydraulický lis Schuler P2E2S 315/1,25* [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.exapro.cz/schuler-p2e2s-315125-p220818057/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$s$	Tloušťka plechu	mm
$\tau_s$	Pevnost ve stříhu	MPa
$\varepsilon$	Poměrná deformace	
$\rho$	Hustota stříhaného kovu	mm <sup>3</sup>
$\sigma_k$	Okamžitá mez kluzu	MPa
$v_k$	Rychlost stříhání	m · s <sup>-1</sup>
$S$	Plocha stříhaného materiálu ve střížné rovině	mm <sup>2</sup>
$k$	Koeficient součinitele otupení nožů	
$\tau_s$	Pevnost ve stříhu	MPa
$\varphi$	Úhel sklonu nožů	°
$\alpha$	Úhel sklonu řezné roviny	°
$v_k$	Kritická nárazová rychlost	m/s
$F_s$	Střížná síla	N
$d_p$	Průměr razníku	mm
$D_m$	Průměr matrice	mm
$\Delta$	Tolerance výstřížku	mm
$H$	Výška matrice	mm
$D$	Jmenovitý rozměr výrobku	mm
$d$	Jmenovitý rozměr odpadu	mm
$S_v$	Plocha výstřížku	mm <sup>2</sup>
$S_p$	Plocha výchozího polotovaru	mm <sup>2</sup>
$P$	Počet výstřížků	
$k_r$	Deformační napětí	MPa

$A$	Oblast ražení	$\text{mm}^2$
$B$	Délka výstřižku	$\text{mm}$
$E$	Velikost můstku	$\text{mm}$
$K$	Hodnota kroku	$\text{mm}$
$\eta$	Koeficient využití materiálu	%
$R_m$	Mez pevnosti	$\text{MPa}$
$R_e$	Mez v kluzu	$\text{MPa}$
$\sigma_D$	Napětí ve střižníku	$\text{MPa}$
$S_S$	Plocha střižníku	$\text{mm}^2$
$F_{sSD}$	Stírací síla	$\text{N}$
$F_{sH}$	Střižná síla pro hledáček	$\text{N}$
$l_{1-5}$	Střižená délka	$\text{mm}$
$F_{skD}$	Střižná síla pro kruhovou díru	$\text{N}$
$F_{soD}$	Střižná síla pro obdélníkovou díru	$\text{N}$
$F_{sV}$	Střižná síla pro plocha výstřižku	$\text{N}$
$F_{Kp}$	Střižná síla pro odstřížení konce pásu	$\text{N}$
$F_{sC}$	Celková střižná síla	$\text{N}$
$E$	Youngův modul pružnosti v tahu	
$J_{min}$	Minimální kvadratický moment průřezu	$\text{mm}^4$
$l$	Volná délka střižníku	$\text{mm}$
$x$	Vzdálenost výslednice od osy x	$\text{mm}$
$y$	Vzdálenost výslednice od osy y	$\text{mm}$

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Rozdělení tvářecích procesů podle teploty [1] .....	12
Obrázek 2 Změna tvaru zrn v důsledku tváření [1] .....	13
Obrázek 3 Oblast tvářecích teplot [1] .....	14
Obrázek 4 Fáze procesu stříhání [11] .....	15
Obrázek 5 Stříhání rovnoběžnými noži [4].....	16
Obrázek 6 Porovnání délky stříhu při stříhání rovnými, resp. šikmými noži [4] .....	16
Obrázek 7 Stříhání kotoučovými noži .....	17
Obrázek 8 Základní operace plošného stříhání [19] .....	18
Obrázek 9 Fáze střížného procesu [13].....	19
Obrázek 10 Pásma střížné plochy .....	19
Obrázek 11 Vůle mezi razníkem a matricí [6].....	20
Obrázek 12 Grafické vyjádření velikosti střížné vůle v závislosti na tloušťce stříhaného materiálu [11].....	20
Obrázek 13 Přehled vybraných materiálů dle ČSN pro přesné stříhání [5].....	23
Obrázek 14 Schéma přesného stříhání [5] .....	24
Obrázek 15 Stříhání se zápornou vůlí [4] .....	25
Obrázek 16 Vystřihování se zaoblenými střížnými hranami [5] .....	25
Obrázek 17 Ukázka postupového nástroje [21].....	26
Obrázek 18 Jednoduchý nástroj [14] .....	27
Obrázek 19 Postupový nástroj [14] .....	27
Obrázek 20 sdružený nástroj [14].....	28
Obrázek 21 Sloučený nástroj [14] .....	28
Obrázek 22 Typy tvarů střížníků; a) rovnoběžný, b) zaoblený, c) zkosený, d) a e) dvojité zkosený [6].....	29
Obrázek 23 Typy otvorů střížnic [6].....	30
Obrázek 24 Aplikace pevné stírací desky [16] .....	31
Obrázek 25 Různé metody upínání hledáček ve střížníku [6].....	32
Obrázek 26 Rozmístění výstřížků na pásu ( $E$ – velikost můstku, $F$ – velikost bočního odpadu) [8].....	33
Obrázek 27 Ukázka využití materiálu při rozložení výstřížků [12].....	35
Obrázek 28 Ražení v nástroji [18] .....	36
Obrázek 29 Kalibrace zápustkově kované ojnice [9] .....	37
Obrázek 30 Mřížkový vzor na rovnací matrici [9] .....	37
Obrázek 31 Základní rozměry u ražení; a – razník, b – polotovar ; c – matrice [9].....	38
Obrázek 32 Model výstřížku.....	42

Obrázek 33 Základní rozměry výstřížku bez tolerancí .....	43
Obrázek 34 Nástřihový plán .....	44
Obrázek 35 Diagram pro určení můstku a okrajů .....	46
Obrázek 36 Odpad výstřížku .....	47
Obrázek 37 Střížník, kde jeden konec je vetknutý a druhý konec je vedený .....	51
Obrázek 38 Tvar tlačné hrany [23] .....	52
Obrázek 39 Příklad použití barev pro bez výkresovou dokumentaci .....	55
Obrázek 40 Spodní část nástroje .....	56
Obrázek 41 Upínací deska .....	58
Obrázek 42 Vodící lišty .....	58
Obrázek 43 Horní a prostřední část nástroje .....	59
Obrázek 44 03_Horní část nástroje .....	60
Obrázek 45 02_Prostřední část nástroje .....	60
Obrázek 46 Prostřední upínací deska 02_001 .....	62
Obrázek 47 Horní upínací deska 03_001 .....	62
Obrázek 48 Kotevní deska 03_010 .....	63
Obrázek 49 Kotevní deska 03_011 .....	63
Obrázek 50 Kotevní deska 03_012 .....	64
Obrázek 51 Držák ražení 03_201 (vlevo) a písmeno 03_501 (napravo) .....	64
Obrázek 52 Stírací deska 02_002 .....	65
Obrázek 53 Detail (2:1) tlačné hrany na stírací desce 02_002 .....	65
Obrázek 54 Hledáček 02_010 .....	66
Obrázek 55 Klikový lis SCHULER .....	67

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Tabulka velikosti $h$ v závislosti na tloušťce na materiálu $T$ [6].....	30
Tabulka 2 Základní způsoby seskupení výstřížků [8] .....	34
Tabulka 3 Hodnoty $k_r$ pro ražení .....	38
Tabulka 4 Rozměry tlačné hrany [23] .....	52
Tabulka 5 Jednotlivé sřížné síly se vzdálenostmi od počátku v ose $x$ a $y$ .....	54
Tabulka 6 Barevné značení pro bez výkresovou dokumentaci.....	55
Tabulka 7 Tabulka jednotlivých sřížnic v sestavě.....	57
Tabulka 8 Použité sřížníky v sestavě.....	61
Tabulka 9 Technické parametry lisu.....	68
Tabulka 10 Shrnutí výsledků z početní části .....	69

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: MATERIÁLOVÝ LIST HR 380LA-UC-A v PDF

Příloha P II: VÝKRES VÝSTŘIŽKU v PDF

Příloha P III: VÝKRES NÁSTŘIHOVÉHO PLÁNU v PDF

Příloha P IV: MODEL STŘIŽNÉHO NÁSTROJE v .CATproduct a v .stp

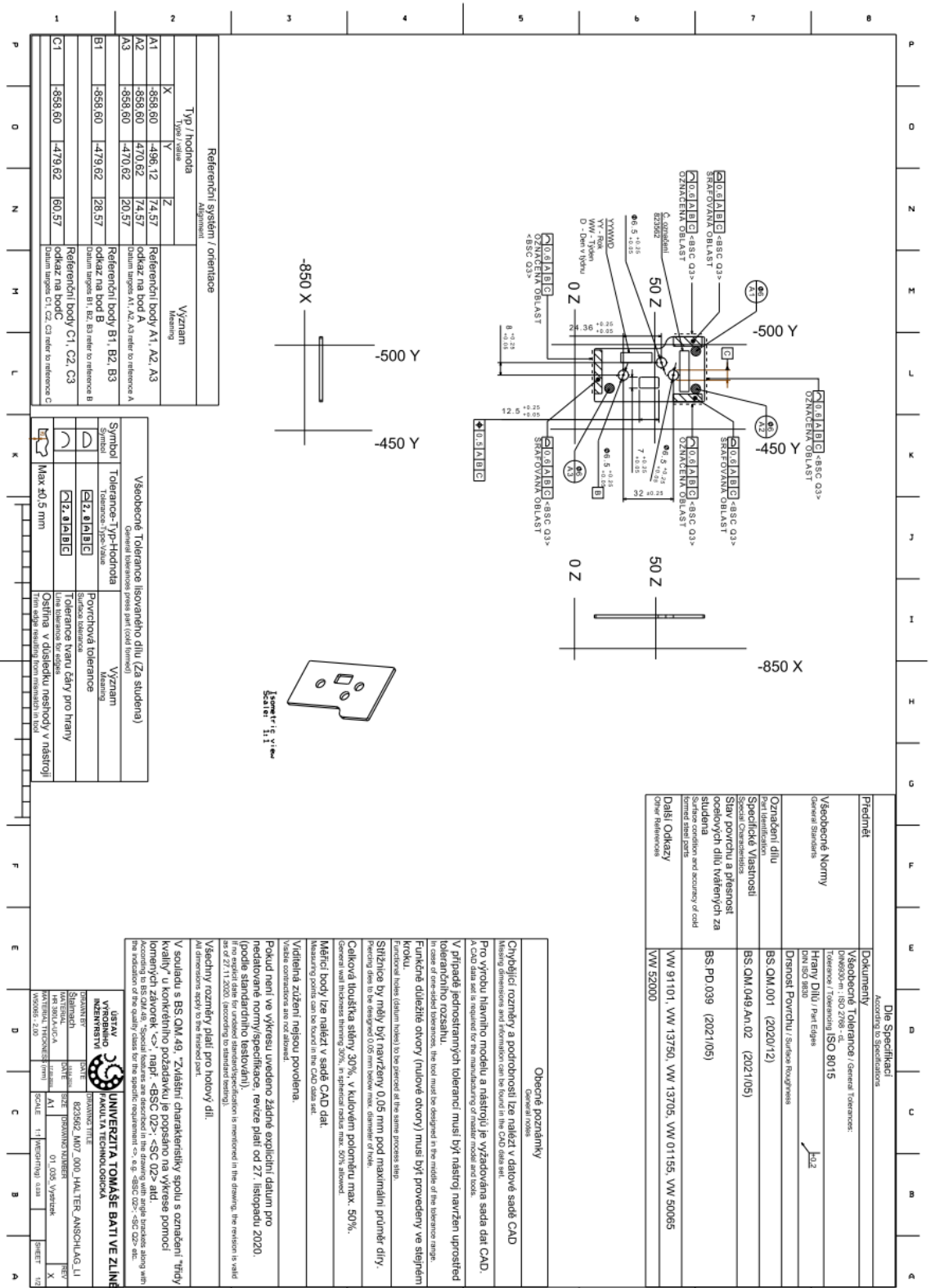
Příloha P V: KUSOVNÍK POUŽITÝCH SOUČÁSTÍ v programu Excel

## PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST HR 380LA-UC-A

Ploché výrobky z ocelí s vyšší mezi kluzu válcované za studena k tváření za studena Technické dodací podmínky pro materiál HR380LA (1.0550)		Podle ČSN EN 10268-01-2007							
<b>Předmět normy</b>	Tato norma platí pro ploché výrobky válcované za studena bez povlaku určené k tváření za studena s vysokou mezi kluzu. Tloušťka výrobků je $\leq 3$ mm								
<b>Dodávaný stav</b>	Výrobky se podle této normy dodávají pouze ve stavu převálcovaném za studena. Výrobky se obvykle dodávají naolejované na obou stranách. Olej musí být chemicky neutrální, nevysychající, bez cizích těles a rovnoměrně nanesen. Při běžných podmínkách balení, dopravy, manipulace a skladování nemají výrobky korodovat po dobu 3 měsíců. Vrstva oleje musí být odstranitelná alkalickými roztoky nebo jinými běžnými rozpouštědly. Druh oleje je možno dohodnout. Zvláštní druh ochrany proti korozi je nutno dohodnout. Jestliže si odběratel olejování nepřeje, musí to uvést v objednávce.								
<b>Chemické složení v hm. %</b>	<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Al</b>	<b>Ti</b>	<b>Nb</b>	<b>Cu</b>
	$\leq 0,12$	$\leq 0,50$	$\leq 1,50$	$\leq 0,030$	$\leq 0,025$	$\geq 0,015$	$\leq 0,15$	$\leq 0,10$	$\leq 0,20$
<b>Mechanické vlastnosti (zkoušení v příčném směru)</b>	Smluvní mez kluzu při plastickém prodloužení 0,2%	Pevnost v tahu Rm [Mpa]	Zvýšená smluvní mez kluzu po tepelném působení	Prodloužení c) A <sub>90</sub> min. příčně %	Součinitel plastické anizotropie r max. Příčně %	Součinitel plastické anizotropie b)d)e) r max. příčně	Exponent mechanického zpevnění (tváření za studena) d) n min. příčně		
	380 - 480	450 - 570		19					
a) Pokud je mez kluzu výrazná, platí hodnoty pro dolní mez kluzu (ReL) b) Pro tloušťky > 1,2 mm platí zvláštní dohody c) Pokud je tloušťka $\leq 0,7$ mm a > 0,5 mm, minimální hodnota prodloužení se zmenší o 2 jednotky. d) Minimální hodnota pro r (příčně) a n (příčně) se použije pouze pro výrobky tloušťky $\geq 0,5$ mm. e) Pro výrobky s tloušťkou přes 2 mm se minimální hodnota r (příčně) zmenší o 0,2.									
<b>Mechanické vlastnosti (zkoušení v podélném směru)</b>	Smluvní mez kluzu při plastickém prodloužení 0,2% a) Rp0,2 podélně [Mpa]		Mez pevnosti v tahu podélně [Mpa]		Rm	Prodloužení A <sub>90</sub> min. podélně [%]			
	360 - 460		430 - 550			20			
a) Pokud je mez kluzu výrazná, platí hodnoty pro dolní mez kluzu (ReL). b) Pokud je tloušťka $\leq 0,7$ mm a > 0,5 mm, minimální hodnota prodloužení se zmenší o 2 jednotky									
<b>Technologické vlastnosti</b>	<b>Svařitelnost</b> : Výrobky jsou vhodné ke svařování běžnými postupy. <b>Druh povrchu</b> : Pro výrobky válcované šířky $\geq 600$ mm se dodávají podle EN 10130 s druhem povrchu A nebo B s výjimkou skupiny LA, u které přichází v úvahu pouze druh povrchu A. Pro výrobky válcované šířky < 600 mm platí požadavky podle EN 10139. Provedení povrchu: Pro výrobky válcované šířky $\geq 600$ mm platí požadavky podle EN 10130; Pro výrobky válcované šířky < 600 mm platí požadavky podle EN 10139; Vhodnost pro nanášení ochranného povlaku: Výrobky mohou být určeny pro nanášení kovového povlaku zároveň nebo elektrolyticky a/nebo pro nanášení organických nebo jiných povlaků. Pokud se požaduje takový povlak, předepíše se v objednávce								



# PŘÍLOHA P II: VÝKRES VÝSTŘIŽKY



Referenční systém / orientace		
Typ / hodnota	Typ / value	Význam / Meaning
X	-496.12	Referenční body A1, A2, A3
A1	858.60	podkaz na bod A
A2	858.60	podkaz na bod A
A3	470.62	podkaz na bod A
B1	858.60	Referenční body B1, B2, B3
B2	470.62	podkaz na bod B
B3	20.57	podkaz na bod B
C1	-479.62	Referenční body C1, C2, C3
C2	60.57	podkaz na bod C
C3		podkaz na bod C

Všeobecné Tolerance lisovaneho dílu (za studena)		
Symbol	Tolerance - Typ-Hodnota	Význam / Meaning
	M3, M4, M5	Povrchová tolerance
	M3, M4, M5	Tolerance tvaru čáry pro hrany
	M3, M4, M5	Ostřina v distechu neshody v nástroji

Die Specifications	
Předmět	Dokumenty
Všeobecné Tolerance / General Tolerances:	0465039.mt; ISO 2768 - M; General Tolerance / Tolerancing ISO 9015
Standardy / Standards:	HRany Dílu / Part Edges DIN ISO 9848
Označení dílu / Part Identification:	BS.OM.001 (2020/12)
Specifické vlastnosti / Specific Properties:	BS.OM.049.An.02 (2021/05)
Slav povrchu a přesnosti studena / Surface condition and accuracy of cold formed steel parts:	BS.PD.039 (2021/05)
Další odkazy / Other References:	VW 91101, VW 13750, VW 13705, VW 01155, VW 50065 VW 52000

**Obecné poznámky**

Chybějící rozměry a podrobnosti lze nalézt v datové sadě CAD. Making dimensions and information can be found in the CAD data set.

Pro výrobu hmotného modelu a nástroje je vyžadována sada dat CAD. A CAD data set is required for the manufacturing of master model and tools.

V případě jednostranných tolerancí musí být nástroj navržen uprosřed toleranceho rozsahu. In case of one-sided tolerances, the tool must be designed in the middle of the tolerance range.

Funkční díleže otvory (nulové otvory) musí být provedeny ve stejném KOKLU. Functional holes (datum holes) to be placed at the same process step.

Silnice by měly být navrženy 0,05 mm pod maximální průměr díry. Parting lines to be designed 0,05 mm below max. diameter of hole.

Čalková houšitka sáňou 30%. V křivkách poloměru max. 50%. General wall thickness 30%. In spherical radius max. 50% allowed.

Měřicí body lze nalézt v sadě CAD dat. Measure points can be found in the CAD data set.

Válcová zřízení nejsou povolena. Valve connections are not allowed.

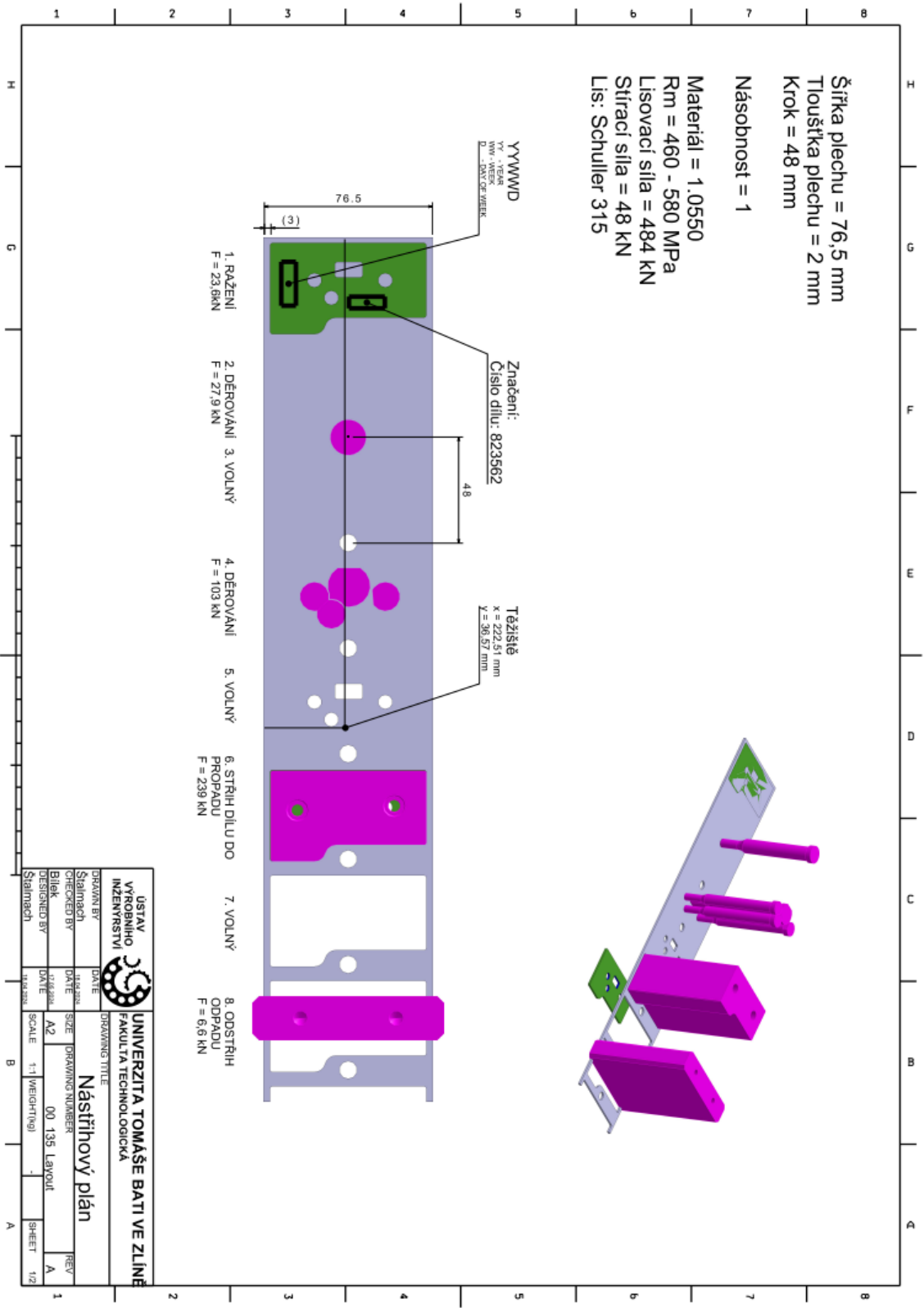
Pokud není ve výkresu uvedeno žádné explicitní datum pro neadované normy/specifikace, revize platí od 27. listopadu 2020. (podle standardního lesování). If no specific date is mentioned in the drawing, the revision is valid as of 27.11.2020. (according to standard settings).

Všechny rozměry platí pro hotový díl. All dimensions apply to the finished part.

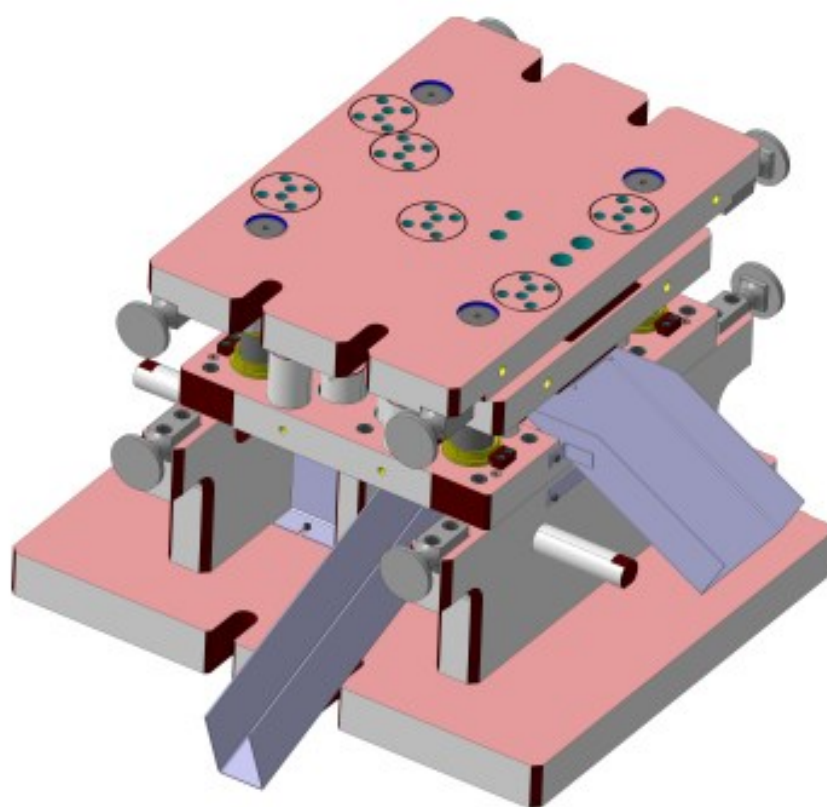
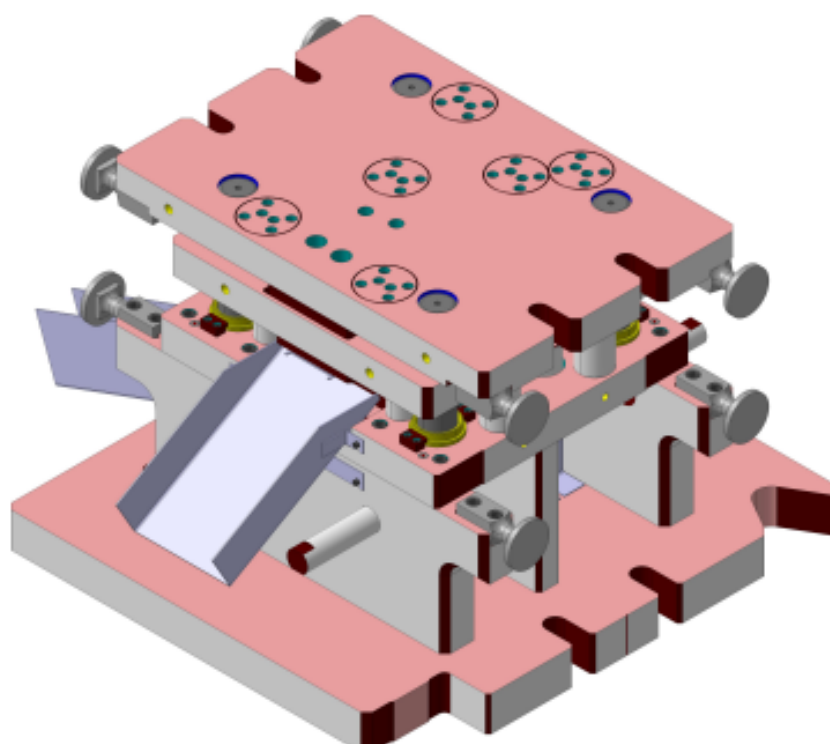
ÚSTAV VÝVOJE A VÝROBY	
PRŮVODNÍ	PROJEKČNÍ
Štefanek, Miroslav	Štefanek, Miroslav
DATE: 02.09.2020	DATE: 02.09.2020
SCALE: 1:1	SCALE: 1:1
ŠTEFANEC, MIROSLAV	ŠTEFANEC, MIROSLAV
ŠTEFANEC, MIROSLAV	ŠTEFANEC, MIROSLAV

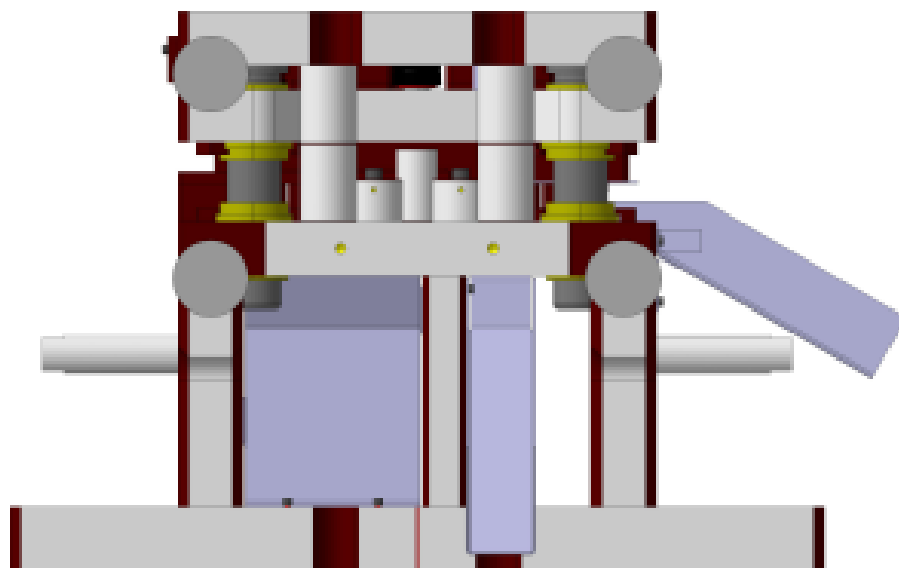
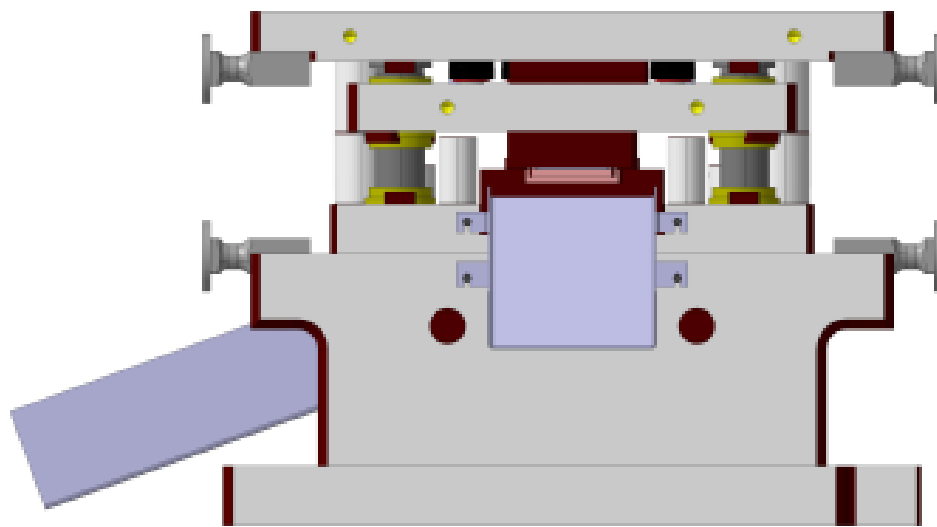
UNIVERZITA TOMÁŠE BATTY VE ZLÍNĚ  
KATEDRA VÝROBNÍHO INŽENÝRINGU  
KATEDRA VÝROBNÍHO INŽENÝRINGU

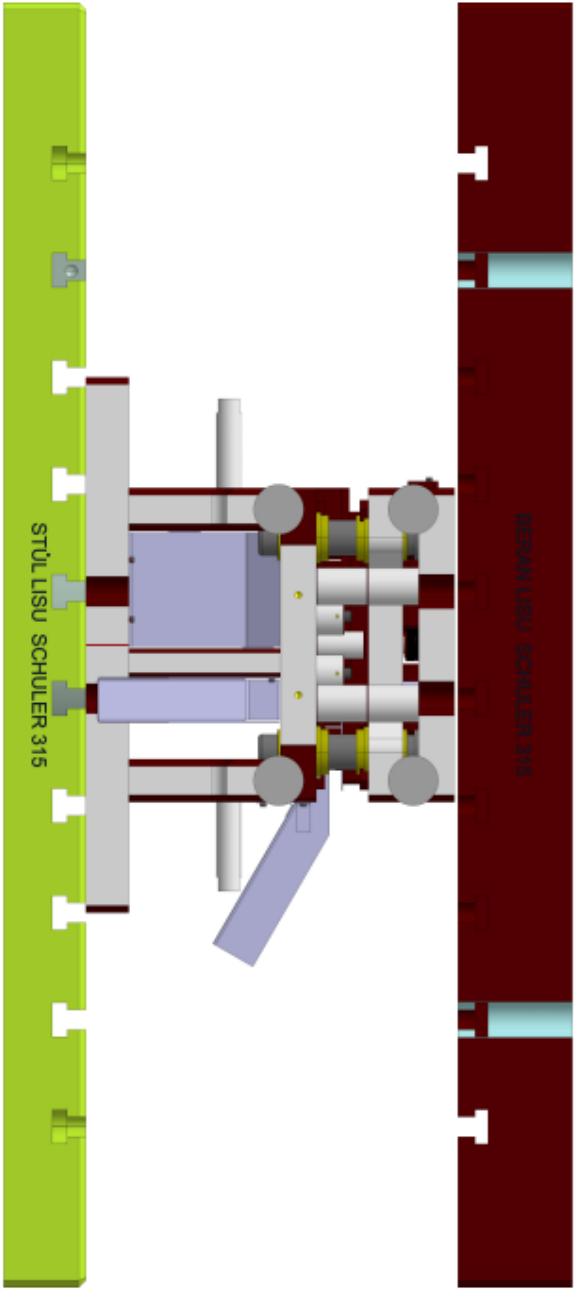
# PŘÍLOHA P III: VÝKRES NÁSTŘIHOVÉHO PLÁNU



## PŘÍLOHA P IV: MODEL STŘIŽNÉHO NÁSTROJE







## PŘÍLOHA P V: KUSOVNÍK POUŽITÝCH SOUČÁSTÍ

<b>STŘIŽNÝ NÁSTROJ</b>						
<b>01_SPODNÍ ČÁST</b>						
POZICE	NÁZEV	ROZMĚR [mm]	MATERIÁL	NORMA	KS	POZNÁMKA
01_001	ZAKLADNA	485 × 440 × 50	1.0570		1	
01_002	SPODNI DESKA	750 × 700 × 60	1.0570		1	
01_003	DRZAK	185 × 100 × 35	1.0570		1	
01_004	PODKLADEK	645 × 60 × 212	1.0570		2	
01_005	PODKLADEK	485 × 40 × 212	1.0570		1	
01_010	VODICI LISTA	252 × 30 × 11	1.2842		1	Kalit; HRc 54
01_011	VODICI LISTA	252 × 30 × 11	1.2842		1	Kalit; HRc 54
01_016	DORAZ	65,5 × 64,5 × 10	1.2842		1	Kalit; HRc 54
01_020	KLAMR	16 × 10 × 12	1.0570		1	
01_021	KLAMR	30 × 20 × 12	1.0570		8	
01_030	ZVEDAC	130 × 55 × 33	1.2343		4	Kaleno HRc 54+2
01_030	TRANSPORTNI DORAZ	Ø 52 × 57	TECARIM		4	
01_031	DORAZ	Ø 38 × 67	1.0570		6	
01_032	DORAZ	Ø 52 × 71,7	1.0570		4	
01_034	PRENASEC	Ø 36 × 165	1.0570		4	
01_098	DRZAK MATRIC	185 × 150 × 35	1.2343		1	Kalit; HRc 50
01_099	DRZAK MATRIC	185 × 40,5 × 45	1.2343		1	Kalit; HRc 50
01_101	STRIZNICE	76 × 62 × 15	1.2379		1	Sek.kalit; HRc 58+2
01_102	STRIZNICE	120 × 80 × 35	1.2379		1	Sek.kalit; HRc 58+2
01_103	STRIZNICE	100 × 20 × 13,5	1.2379		1	Sek.kalit; HRc 58+2
01_510	PODLOZKA	Ø 24 × 7	1.0570		1	
01_551	SKLUZ	195 × 110 × 2	1.0036		1	
01_552	SKLUZ	95 × 22 × 2	1.0036		1	
01_553	SKLUZ	195 × 39,5 × 2	1.0036		2	
01_554	SKLUZ	611 × 256 × 2	1.0036		1	
01_555	SKLUZ	261 × 150 × 2	1.0036		1	
01_561	DRZAK	41,5 × 31,5 × 1,5	1.0036		1	
01_562	DRZAK	41,5 × 31,5 × 1,5	1.0036		1	
01_563	DRZAK	231 × 46 × 1,5	1.0036		1	
01_033	NOSNY CEP	2130.12.035		FIBRO	4	NORMALIE
01_900	STRIZNE POUZDRO	MDC 16-28 STD P=8,36		EICHLER	1	NORMALIE
01_901	PRUZINA	VL 20-025		SPECIAL SPRINGS	4	NORMALIE
01_902	VODICI POUZDRO	2082.70.050		FIBRO	4	NORMALIE
01_911	SROUB	M12 × 70		DIN 912	10	E 1200 MEUSBURGER
01_912	SROUB	M12 × 50		DIN 912	19	E 1200 MEUSBURGER
01_913	SROUB	M8 × 35		DIN 912	11	E 1200 MEUSBURGER
01_914	SROUB	M5 × 10		DIN 912	20	E 1200 MEUSBURGER
01_915	SROUB	M8 × 16		DIN 912	4	E 1200 MEUSBURGER
01_916	SROUB	M12 × 45		DIN 912	14	E 1200 MEUSBURGER
01_917	SROUB	M8 × 65		DIN 912	5	E 1200 MEUSBURGER
01_918	SROUB	M8 × 50		DIN 912	5	E 1200 MEUSBURGER
01_919	SROUB	M10 × 16		DIN 912	4	E 1200 MEUSBURGER
01_920	SROUB	M5 × 14		DIN 912	11	E 1200 MEUSBURGER
01_921	KOLIK	Ø 12 × 70		DIN 7979 D	8	E 1302 MEUSBURGER
01_922	KOLIK	Ø 8 × 30		DIN 7979 D	2	E 1302 MEUSBURGER
01_923	KOLIK	Ø 8 × 40		DIN 7979 D	6	E 1302 MEUSBURGER
01_924	KOLIK	Ø 6 × 30		DIN 7979 D	2	E 1302 MEUSBURGER
01_925	KOLIK	Ø 8 × 60		DIN 7979 D	2	E 1302 MEUSBURGER
<b>KONSTRUKTÉR:</b>		ONDŘEJ ŠTALMACH				
<b>STŘIŽNÝ NÁSTROJ</b>						
<b>02_PROSTŘEDNÍ ČÁST</b>						
POZICE	NÁZEV	ROZMĚR [mm]	MATERIÁL	NORMA	KS	POZNÁMKA
02_001	DESKA	450 × 440 × 48	1.0570		1	
02_002	STRACI DESKA	325×130×36	1.2312		1	KALIT; HRc 50+2
02_010	HLEDAK	Ø8×43,6	1.2842	ISO 6751	5	KALIT; HRc 50+2
02_021	KLAMR	30 × 20 × 12	1.0570		8	
02_500	VODICI POUZDRO	2082.70.050		FIBRO	4	NORMALIE
02_501	ODLEPOVAK	Z40-2,2-40		ISO 6751; HASCO	10	NORMALIE
02_502	PRUZINA	L4-15		SPECIAL SPRINGS	10	NORMALIE
02_911	SROUB	M5 × 10		DIN 912	16	E1200 MEUSBURGER
02_912	SROUB	M8 × 35		DIN 912	4	E1200 MEUSBURGER
02_913	SROUB	M8 × 18		DIN 912	2	E1200 MEUSBURGER
02_921	KOLIK	Ø 8 × 40		DIN 7979 D	3	E1302 MEUSBURGER
<b>KONSTRUKTÉR:</b>		ONDŘEJ ŠTALMACH				

**STŘIŽNÝ NÁSTROJ**

**03\_HORNÍ ČÁST**

POZICE	NÁZEV	ROZMĚR [mm]	MATERIÁL	NORMA	KS	POZNÁMKA
03_001	HORNÍ DESKA	645 × 440 × 50	1.0570		1	
03_010	KOTEVKA	120 × 110 × 30	1.2343		1	KALIT; HRc 50+2
03_011	KOTEVKA	120 × 100 × 30	1.1191		1	
03_012	KOTEVKA	140 × 80 × 30	1.1191		1	
03_021	KLAMR	30 × 20 × 12	1.0570		8	
03_030	DORAZ	Ø 52 × 71,7	1.0570		4	
03_201	DRZAK ZNACENI	58 × 33 × 19	1.2842		1	KALIT; HRc 54
03_021	VIKO	Ø 80 × 20	1.0570		6	
03_211	VEDENI	80 × 22 × 21	1.1191		1	
03_212	VEDENI	80 × 22 × 21	1.1191		1	
03_213	DORAZ	58 × 18 × 15	1.1191		1	
03_214	DORAZ	55 × 42,5 × 10	1.1191		1	
03_220	STRIZNIK	71,1 × 40,1 × 100	1.2379		1	Sek.kalit; HRc 58+2
03_221	STRIZNIK	86,5 × 20 × 101	1.2379		1	Sek.kalit; HRc 58+2
03_301	PODLOZKA	58 × 33 × 5	HARDOX 500		1	
03_302	PODLOZKA	78,5 × 70,2 × 15	HARDOX 500		1	
03_304	PODLOZKA	120 × 110 × 15	HARDOX 500		1	
03_305	PODLOZKA	120 × 100 × 15	HARDOX 500		1	
03_306	PODLOZKA	140 × 80 × 15	HARDOX 500		1	
03_310	KOSTKA	58 × 67,4	1.2842		1	KALIT; HRc 54+2
03_033	NOSNY CEP	2130.12.035		FIBRO	4	NORMALIE
03_501	PISMENO	L 3,2x6x18,6 (5)		MARGREITER TECHNIK	5	NORMALIE
03_502	PISMENO	L 3,2x6x18,6 (5)		MARGREITER TECHNIK	2	NORMALIE
03_503	LICOVANY SROUB	244.16.175.070.100		FIBRO	6	NORMALIE
03_901	VODICI SLOUPEK	2021.46.050.224.10		FIBRO	4	NORMALIE
03_902	STRIZNIK	ECC 13-8,1 SBR 19 L100		EICHLER	1	NORMALIE
03_903	STRIZNIK	ECC 10-6,70 SBR 19 L100		EICHLER	3	NORMALIE
03_904	STRIZNIK	ECR 16-100 W=7,20 P=12,70 R=1 F1 SBR=B		EICHLER	1	NORMALIE
03_905	ODLEPOVAK	Z40-5,5-63		ISO 6751; HASCO	2	NORMALIE
03_906	PLYNOVA PRUZINA	RV 750 - 16 - B		SPECIAL SPRINGS	11	NORMALIE
03_911	SROUB	M12 × 50		DIN 912	8	E1200 MEUSBURGER
03_912	SROUB	M5 × 10		DIN 912	15	E1200 MEUSBURGER
03_913	SROUB	M5 × 25		DIN 912	2	E1200 MEUSBURGER
03_914	SROUB	M10 × 35		DIN 912	2	E1200 MEUSBURGER
03_915	SROUB	M8 × 16		DIN 912	36	E1200 MEUSBURGER
03_921	KOLIK	Ø 10 × 55		DIN 7979 D	6	E1302 MEUSBURGER
<b>KONSTRUKTÉR:</b>		<b>ONDŘEJ ŠTALMACH</b>				