

# Vývoj postupového střížného nástroje

Marek Holčák

---

Bakalářská práce  
2008

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek HOLČÁK**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Vývoj postupového střížného nástroje**

Zásady pro vypracování:

- a) provedte studium literatury z oblasti teorie a technologie stříhání
- b) vypracujte konstrukční a technologickou dokumentaci
- c) vypracujte ekonomické hodnocení

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle zadání vedoucího bakalářské práce**

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Imrich Lukovics, CSc.**  
Ústav výrobního inženýrství

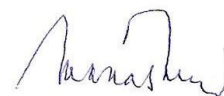
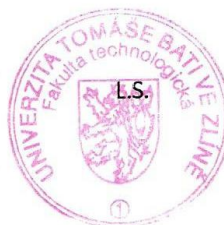
Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2008**

Termín odevzdání bakalářské práce: **6. června 2008**

Ve Zlíně dne 31. ledna 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je návrh a konstrukce, technologie a ekonomické hodnocení postupového střížného nástroje pro výrobu reklamního předmětu – otvíráku lahví. Tento výrobek bude vyroben v pěti krocích. Dva kroky jsou pro vystřížení funkčních částí, dva kroky jsou pomocné a slouží pouze pro vystředění plechu pomocí hledáček a k zasouvání krokového do-razu do předem vystřížených otvorů. Pátý krok slouží k dělení odpadního materiálu. Výstřížek se bude dále obrábět pomocí CNC frézky, kde bude zhotoveno vybrání pro podebrání vršku a také vyfrézován gravírovací frézou reklamní nápis. Poté se ještě celý výrobek pře-leští či jinak povrchově upraví.

Klíčová slova: postupový střížný nástroj, střížná síla, střížník, střížnice, deska

## **ABSTRACT**

The view of this bachelor thesis is a project and construction, technology, economic appraisal of an operation shear tool for a production of a development advertising object – bottle opener. This product will be made with five steps. Two of steps are important for cutting out of some functional parts, two of them are auxiliary and they are necessary only for cutting out a plate with a finder and to put in a step endstop into cutting out holes before. The fifth step is necessary do dividing a refused material. The cutting will be shaped by the CNC milling machine and there will be made two fillets . The advertising notice will be rebated with a carve milling machine. Then the whole product will be repolished or there are the other variants too.

Keywords: an operation shear tool, a shearing force, a cutting die, a die, a bed plate

## **Poděkování**

Úvodem chci poděkovat svému otci Aloisovi Holčákovi a ing. Josefovi Foukalovi za technické rady, obrovskou pomoc a obětavost při zpracovávání této bakalářské práce. Dále chci poděkovat vedoucímu své bakalářské práce doc. Ing. Imrichovi Lukovicovi, CSc. za konzultace spojené s touto prací.

## **Motto**

*Teorie bez praxe je jako tělo bez duše*

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně 20.5.2008

.....

Podpis

# OBSAH

ÚVOD .....	9
<b>I</b> <b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1</b> <b>STŘÍHÁNÍ</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b> <b>PRŮBĚH STŘÍHÁNÍ</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b> <b>STŘIŽNÉ OPERACE</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b> <b>STROJE A NÁSTROJE PRO STŘÍHÁNÍ</b> .....	<b>14</b>
4.1    STROJE PRO STŘÍHÁNÍ.....	14
4.2    NÁSTROJE PRO STŘÍHÁNÍ .....	14
<b>5</b> <b>ZÁKLADNÍ POJMY</b> .....	<b>16</b>
5.1    STŘIŽNÝ ODPOR .....	16
5.2    STŘIŽNÁ SÍLA .....	18
5.3    STŘIŽNÁ PRÁCE A VÝKON .....	21
5.3.1    Střižná práce .....	21
5.3.2    Střižný výkon.....	22
5.4    STÍRACÍ A PROTLAČOVACÍ SÍLA.....	22
5.4.1    Stírací síla .....	22
5.4.2    Protlačovací síla.....	23
5.5    STŘIŽNÁ VŮLE.....	24
5.6    NÁSTŘIHOVÝ PLÁN.....	25
<b>6</b> <b>SOUČÁSTI POSTUPOVÉHO STŘIŽNÉHO NÁSTROJE</b> .....	<b>27</b>
6.1    STŘIŽNÍKY .....	27
6.1.1    Materiály střižníků .....	28
6.1.2    Výpočet střižníku.....	28
6.2    STŘIŽNICE.....	29
6.2.1    Materiály střižnic .....	30
6.2.2    Výpočet střižnice .....	30
6.3    Odstřihovače .....	30
6.4    DESKY .....	31
6.4.1    Základová deska .....	31
6.4.2    Opěrná deska .....	31
6.4.3    Deska střižnic .....	31
6.4.4    Vodicí deska .....	32
6.4.5    Kotevní deska .....	32
6.4.6    Upínací deska.....	32

6.5	VODICÍ LIŠTY .....	32
6.6	VODICÍ POUZDRA .....	32
6.7	VODICÍ ČEPY .....	33
6.8	UPÍNACÍ STOPKY .....	33
6.9	DORAZY .....	33
6.10	HLEDÁČKY .....	33
6.11	PRUŽINY .....	34
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE STŘIŽNEHO NÁSTROJE PRO DANÝ VÝROBEK .....</b>	<b>36</b>
7.1	VÝROBEK .....	36
7.1.1	Výrobní požadavky .....	36
7.1.2	Návrh tvaru a vlastností výrobku .....	36
7.2	VÝPOČET PARAMETRŮ POTŘEBNÝCH PRO KONSTRUKCI A VÝROBU .....	37
7.2.1	Výpočet délek střížných hran .....	37
7.2.2	Výpočet jednotlivých střížných sil .....	38
7.2.3	Výpočet celkové střížné síly .....	39
7.2.4	Výpočet stírací síly .....	39
7.2.5	Výpočet protlačovací síly .....	39
7.2.6	Určení velikosti střížné vůle .....	40
7.2.7	Nástřihový plán .....	40
7.2.8	Výpočet střížníků a střížnic .....	41
7.2.9	Výpočet pružin .....	42
7.2.10	Výpočet těžiště pro umístění upínací stopky .....	43
7.2.11	Výpočet potřebné síly lisu .....	45
7.3	PŘEHLED A POPIS SOUČÁSTÍ STŘIŽNEHO NÁSTROJE .....	46
7.3.1	Sestava nástroje .....	46
7.3.2	Spodní a horní část nástroje .....	47
7.3.3	Základní deska .....	49
7.3.4	Opěrná deska spodní .....	50
7.3.5	Deska střížnic .....	50
7.3.6	Vodicí deska .....	51
7.3.7	Podpěrná deska .....	52
7.3.8	Kotevní deska .....	53
7.3.9	Opěrná deska horní .....	53
7.3.10	Upínací deska .....	54
7.3.11	Vodicí lišty .....	54
7.3.12	Střížníky .....	55
7.3.13	Střížnice .....	56
7.3.14	Hledáčky .....	57
7.3.15	Upínací stopka .....	57
7.3.16	Doraz spodní .....	58
7.3.17	Krokový doraz .....	58
7.3.18	Zaváděcí doraz .....	59
7.3.19	Šroub M14 .....	59

7.3.20	Plech seřizení .....	60
7.3.21	Podkladový plech.....	60
7.3.22	Plech transport.....	61
<b>8</b>	<b>EKONOMICKÉ HODNOCENÍ STRIŽNÉHO NÁSTROJE .....</b>	<b>62</b>
8.1	VÝPOČET VYUŽITÍ PLECHU.....	66
8.2	OCENĚNÍ JEDNOTLIVÝCH SOUČÁSTÍ NÁSTROJE .....	67
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>77</b>



## ÚVOD

Doba v níž žijeme je velmi komerční. O tom, zda si zákazník koupí či nekoupí nabízený výrobek, nerozhoduje pouze jeho kvalita, ale i způsob, jakým je výrobek nabízen – tedy reklama. Neakceptovat tento fakt by nebylo příliš rozumné, proto se firmy snaží své zákazníky upoutat nejen reklamou mediální (televize, noviny, internet, ...), ale upoutávají na sebe pozornost i pomocí různých upomínkových předmětů, jako jsou propisovací pera, nálepky, odznaky, atd.

Ve své práci se zabývám konstrukčním a technologickým řešením nástroje pro takovýto reklamní předmět. Jelikož je předmět uvažován pro strojírenskou firmu zabývající se mimo jiné i lisovací technikou, zvolil jsem za výrobek otvírák lahví. Tento předmět bude vyráběn stříháním pomocí postupového střížného nástroje, což bude charakterizovat fakt, že se firma – jak je již jednou výše uvedeno zabývá lisovací technikou.

Tento předmět nejen že poskytne dané firmě reklamu díky vygravírovanému logu či názvu firmy a způsobu jeho výroby, ale bude i velmi praktický, tudíž reklamu může dělat podstatně delší dobu, než-li např. propisovací pero. Předmět bude také působit estetickým dojmem, neboť na něm bude provedena povrchová úprava. Materiál, z něhož se budou otvíráky vyrábět, bude antikorozi ocel 17 040. Tím bude tedy zajištěna jeho odolnost proti korozi, což je oproti mnoha dalším otvírákům prodávaných v obchodech výhodou, protože se jich spousta vyrábí pouze z oceli, která korozi podléhá.

Způsob výroby jsem zvolil pouze stříháním, nikoli jak je obvyklé v kombinaci s ohýbáním, které má za úkol zvýšení pevnosti v ohybu. To jsem učinil z důvodu jednoduchosti nástroje a tím také snížení výrobních nákladů a také kvůli faktu, že otvíráky vyráběné v kombinaci s ohýbáním nepůsobí příliš esteticky. Velký důraz jsem však kladl na funkčnost výrobku. Z důvodu kontroly jeho pevnosti v ohybu a tedy určení potřebné tloušťky plechu, z něhož bude stříhání realizováno byly zhotoveny prototypové kusy.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 STŘÍHÁNÍ

Stříhání je způsob plošného tváření materiálu za použití speciálních strojů a nástrojů pro tento způsob určených. Výrobek, který vznikne stříháním se nazývá výstřížek, popř. výlisek, vznikne-li výrobek použitím stroje – lisu.

Proces stříhání je vysoce progresivní způsob zpracování kovů. Řídí se některými zákonitostmi a nedostatky, které je třeba respektovat. [1]

Jsou to:

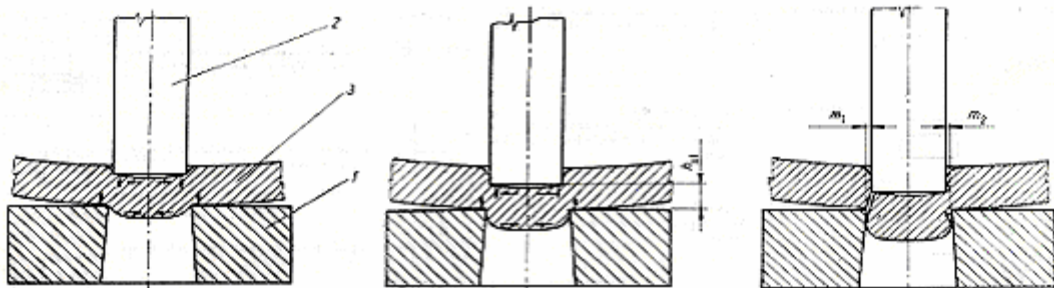
- Drsnost střížné plochy, daná průběhem deformace a jakostí stříhaného materiálu
- Zkosení střížné plochy vlivem střížné vůle
- Zaoblení a zeslabení tloušťky výstřížku podél střížné plochy
- Zpevnění střížné plochy do určité hloubky
- Prohnutí některých výstřížků ohybovým momentem obou složek střížné síly

Tyto nedostatky se dají eliminovat použitím rozličných druhů stříhání ( přistřihování, přesné vystřihování aj. ), nebo použitím některých přídavných operací, jako je např. kalibrování. Díky tomu však vzrostou náklady na nástroj i výrobek. Je tedy nutné velmi pečlivě zvážit, zda je pro daný typ výrobku za potřebí některých nedostatků eliminovat. [1]

## 2 PRŮBĚH STŘÍHÁNÍ

Proces stříhání lze rozdělit na tři základní fáze:

- První – po dosednutí střížníku na stříhaný materiál se vyvodí napětí, které má hodnotu nižší, než je hodnota meze pružnosti daného materiálu.
- Druhá – napětí překonává hodnotu meze kluzu, tím vzniká trvalá deformace stříhaného materiálu a dosahuje se hodnoty meze pevnosti ve stříhu.
- Třetí – napětí se pohybuje nad hodnotou meze pevnosti ve stříhu. Díky tomu vznikají ve stříhaném materiálu malé trhlinky, které se postupně zvětšují, až dojde k úplnému oddělení stříhaného materiálu.



Obr. 1. Fáze stříhání (1., 2., 3.)

1.....střížnice

2.....střížník

3.....stříhaný plech

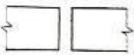


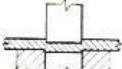

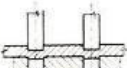
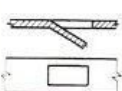

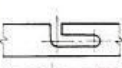
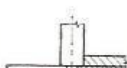


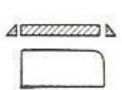
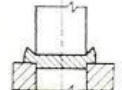
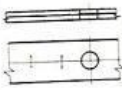
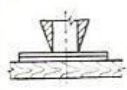
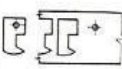

$h_{s1}$ ... hloubka vniku střížníku do materiálu

$m_1$ ... normální střížná mezera

$m_2$ ... malá střížná mezera

### 3 STŘIŽNÉ OPERACE

Proces stříhání jde rozdělit na několik základních operací. Tyto jsou naznačeny a popsány v tabulce.

Pořad. číslo	Schéma operace	Název operace	Popis operace	Schéma nástroje
1		Prosté stříhání	Rozdělování materiálu nebo polotovarů na části.	
2		Vystřihování	Vystřížení tvaru z materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřížená část tvoří výstřížek.	
3		Děrování	Prostřížení otvoru v materiálu nebo polotovaru. Vystřížená část tvoří odpad.	
4		Prostřihování	Částečné oddělení materiálu v libovolném tvaru uvnitř dílce.	
5		Prosekávání	Postupné prosekávání vnějších tvarů a otvorů v materiálu.	
6		Ostříhování	Oddělení nerovného okraje nebo přebytečného materiálu plochých, nebo dutých součástí.	
7		Přistřihování	Dosažení přesných rozměrů součástí, hladkého a kolmého povrchu stříhu. Dosáhne se odstraněním přídatku materiálu.	
8		Vysekávání	Oddělování součástí z nekovových materiálů podél uzavřené křivky na podložce.	
9		Přesné stříhání	Výroba přesných součástí s hladkou střížnou plochou.	

Tab. 1. Střížné operace

## 4 STROJE A NÁSTROJE PRO STŘÍHÁNÍ

### 4.1 Stroje pro stříhání

Pro stříhání se používá nejrůznějších strojů. Každý stroj je určen na konkrétní použití.

Příklady strojů:

- Nůžky (tabulové, pákové, nůžky na stříhání profilů, kmitací, vystřihovací, ostřihovací, stolní kotoučové, kružní nůžky na rozstřihování pásů )
- Pily ( pásová, kotoučová )
- Lisy ( mechanické, hydraulické )

### 4.2 Nástroje pro stříhání

Nástroje, které se používají pro stříhání se nazývají střižné nástroje, resp. stříhadla. Tyto nástroje mohou mít nejrůznější konstrukci, podle níž se dá poznat, který materiál se pravděpodobně stříhá, jestli má malou nebo velkou tloušťku, atd.

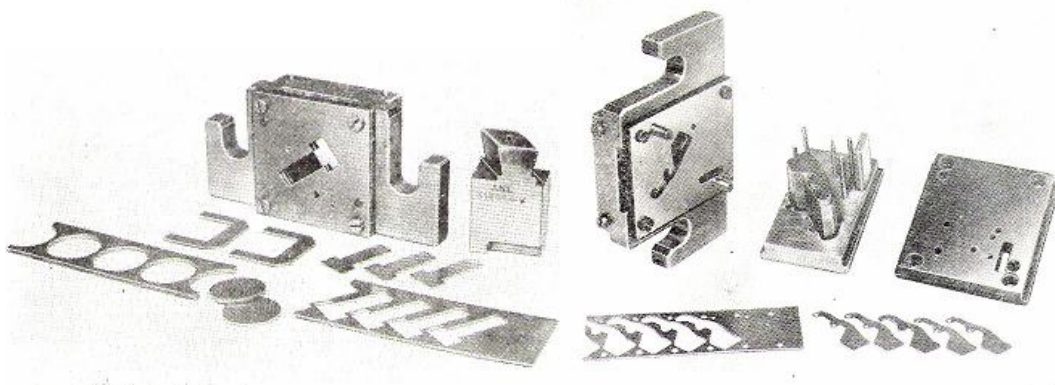
V podstatě se střižné nástroje dají rozdělit na dvě základní skupiny:

- Jednoduché ( vyroben je hotov na jeden zdvih – z plechu se např. stříhají jen obdélníky )
- Postupové ( výrobek je zhotoven v několika krocích )

Nejčteněji používané nástroje jsou nástroje postupové, jelikož málokterý výrobek je možné vyrobit jen na jeden zdvih. Navíc se do střižných nástrojů přidávají i prvky umožňující současně i daný výrobek ohýbat, razit atd.

Příklad různých druhů střižných nástrojů:

Elastické, deskové, pružinové, pravítkové atd.



Obr. 2. Příklad střížných nástrojů

Obrázek vlevo znázorňuje jednoduchý střížný nástroj a obrázek vpravo střížný nástroj postupový.

## 5 ZÁKLADNÍ POJMY

### 5.1 Střížný odpor

Střížný odpor je vlastnost stříhaného materiálu odolávat proti svému oddělení. Je závislý na mnoha činitelích, např. na mechanických vlastnostech. Je dokázáno, že s rostoucí mezí pevnosti a klesající tvárností střížný odpor roste. Z toho je tedy zřejmé, že pro stříhání jsou nejvhodnější materiály s nižší hodnotou meze pevnosti, vyšší hodnotou tvárnosti a tudíž menším střížným odporem. Také s rostoucí tloušťkou stříhaného materiálu a s rostoucí velikostí křivky stříhu a její pravidelnosti se střížný odpor zmenšuje. Velký vliv má také střížná vůle. Nejmenšího střížného odporu dosáhneme při optimální volbě střížné vůle pro každý materiál a jeho tloušťku. Střížný odpor je také závislý na rychlosti stříhání, velikosti tření, mazání, chlazení, stavu střížných hran nástroje a na mnoha jiných faktorech. [1]

Druh oceli	Označení oceli ČSN	Střížný odpor $k_s$ [MPa]	Pevnost v tahu $\sigma_{Pt}$ [MPa]	Tažnost $\delta$ [%]
Uhlíkové obvyklé jakosti	10 340	280 - 360	340 - 420	23 - 25
	10 370	320 - 400	370 - 450	18 - 20
	10 422	360 - 450	420 - 500	18 - 20
	11 500	440 - 530	500 - 600	15 - 17
Uhlíkové s nízkým obsahem C	11 301.20	240 - 330	280 - 380	33
	11 321.20	240 - 330	280 - 380	33
	11 331.3	240 - 340	280 - 400	23 - 26
Uhlíkové tvářené za studena	11 340.22	290 - 400	340 - 460	14
	11 340.25	520 - 700	600 - 800	3
	11 341.20	240 - 340	280 - 400	26
Uhlíkové ušlechtilé	12 000.20	700	max. 800	
	12 010.1	300	min. 340	24
	12 020.20	330 - 440	380-500	23
	12 041.20	390 - 520	450 - 600	20
	12 061.1	min. 540	min. 620	13
	12 071.20	480 - 600	550 - 700	17



Slitinové ušlechtilé	13 180.20	700	max. 800	14
	14 160.0	820	950	
	14 220.30	560	max. 650	
Korozivzdorné	17 021.3	470	550	
	17 041.21	600	700	
Slitinové ušlechtilé	13 180.20	700	max. 800	14
	14 160.0	820	950	
	14 220.30	560	max. 650	
Korozivzdorné	17 021.3	470	550	
	17 041.21	600	700	

Tab. 2. Střížné odpory ocelí

Druh materiálu	Označení materiálu ČSN	Střížný odpor $k_S$ [MPa]	Pevnost v tahu $\sigma_{Pt}$ [MPa]
Slitina hliníku	42 4057.1	50 - 70	max. 110
	42 4412.1	110 - 120	max. 230
	42 4451.1	60 - 80	max. 150
	42 4201.1	110 - 130	max. 230
	42 4203.1	120 - 130	max. 240
	42 4253.6	260 - 280	420
Mosaz	42 3912.1	260	300
	42 3212.2	300	350
	42 3212.3	340	400
	42 3234.1	340	400
	42 3256.1	300	350
	42 3256.3	430	500
Bronz	42 3016.1	300	350
	42 3016.2	350	400
	42 3016.3	430	500
	42 3016.4	520	600
Měď	42 3001.1	180	200
	42 3001.3	260	300
	42 3005.1	180	210
Zinek		120 - 200	140 - 230

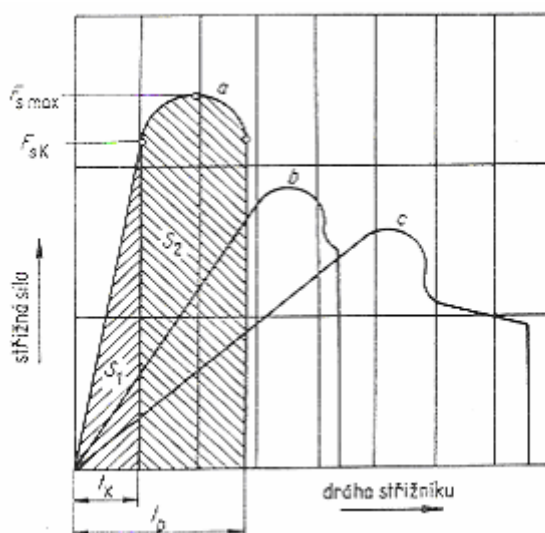
Tab. 3. Střížné odpory neželezných materiálů

Materiál	Střižný odpor $k_s$ [MPa]	Pevnost v tahu $\sigma_{Pt}$ [MPa]
Fíbr obyčejný	120	
Papír obyčejný	20 - 30	
Lepenka	30 - 60	30 - 60
Tvrzený papír	80 - 110	80 - 130
Tvrzené tkaniny	80 - 150	90 - 135
Pertinax	70 - 80	30 - 40
Mikanit	100	18 - 20
Pryž	6 - 10	
Kůže	54	

Tab. 4. Střižné odpory ostatních materiálů

## 5.2 Střižná síla

Je to síla, která je zapotřebí k vystřižení výrobku z pásu plechu, tabule... . Velikost střižné síly se v průběhu pracovního zdvihu mění. V každém okamžiku je dána součinem dvou proměnných veličin, střižného odporu a stříhané plochy. Pokud stříháme křehké materiály, tak ustřižení nastane již při mírném proniknutí střižníku do stříhaného materiálu. U měkkých materiálů vniká střižník hlouběji. V průběhu stříhání střižný odpor vlivem zpevňování stříhaného materiálu vzrůstá. [1]



Obr. 3. Průběh střižné síly

Na obrázku jsou tři průběhy střížné síly pro různé materiály:

a..... s malou tvárností při normální střížné mezeře

b..... s větší tvárností při větší střížné mezeře

c..... tvárné s malou střížnou mezerou

$s_{1,2} \dots$  plocha střížné práce

$$F_S = l \cdot t \cdot k_S \cdot K$$

Kde:

$F_S \dots$  střížná síla [N]

$l \dots \dots$  délka stříhu [mm]

$t \dots \dots$  tloušťka stříhu [mm]

$k_S \dots$  střížný odpor [MPa]

$K \dots$  součinitel otupení břitu

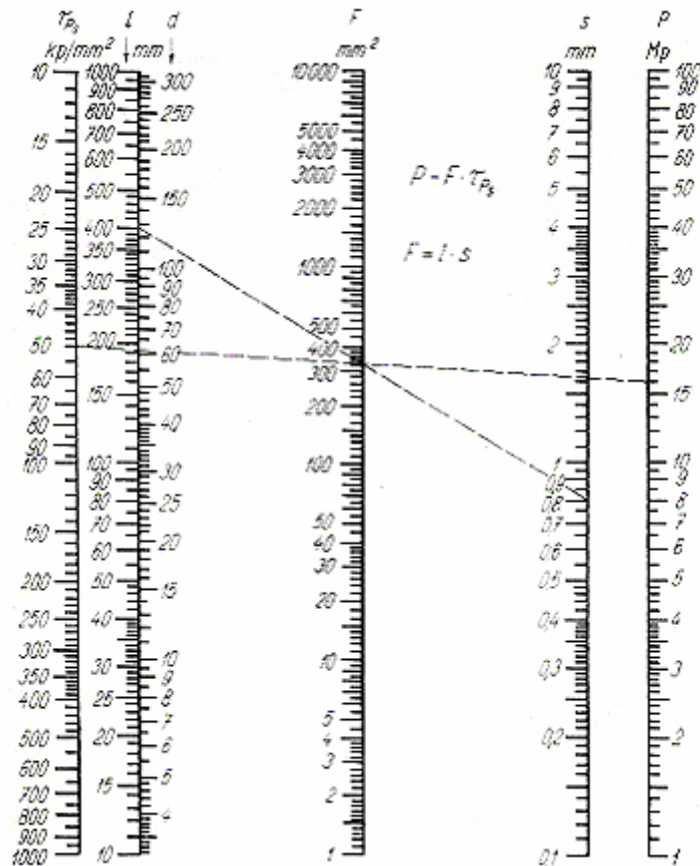
Velikost součinitele otupení břitu stanovíme ze vzorce:

$$K = 1 + \frac{5,5 \cdot r}{t}$$

Kde:

$r \dots \dots$  maximální poloměr otupení břitu  $r = 0,1 \cdot t$

Střížnou sílu je také možno stanovit na základě nomogramu. U tohoto nomogramu je však nutný převod jednotek na jednotky dnes používané.



Obr. 4. Nomogram pro určení střížné síly

Pokud je prováděno naráz několik střížných operací, střížné síly se sčítají.

$$F_S = \sum_{i=1}^n F_{Si}$$

Střížná síla, která se vypočítá z výše uvedeného vzorce zpravidla se zvyšuje v rozmezí 20 – 25 %. Toto zvýšení se používá z toho důvodu, že v průběhu stříhání může nastat změna střížných podmínek a mohlo by dojít k poškození stroje i nástroje. [1]

Hodnota střížné síly se může zmenšit vhodnými úpravami:

- Použitím střížníků o nestejně délce
- Skosením střížných břitů
- Zmenšením tloušťky materiálu ( je-li to možné )
- Volbou tvárnějšího materiálu ( je-li to možné )
- Změnou střížné čáry – tvarem výstřížku ( je-li to možné )

## 5.3 Střížná práce a výkon

### 5.3.1 Střížná práce

Střížná práce je práce, kterou je třeba dodat k vystřížení výrobku. Je přímo úměrná střížné síle a hloubce vtlačení střížníku do materiálu. Na obrázku s průběhem střížné síly je vidět, že velikost střížné práce je ohraničena čarou střížné síly a dráhou střížníku. [1]

$$A = K_A \cdot F_S \cdot t$$

Kde:

$A$  ... střížná práce [J]

$K_A$  ... součinitel hloubky vtlačení střížníku [mm]

$F_S$  ... střížná síla [N]

$t$  .....tloušťka plechu [mm]

Hodnotu součinitele hloubky vtažení  $K_A$  určíme z tabulky

Materiál	Tloušťka materiálu [mm]			
	do 1	1 až 2	2 až 4	nad 4
Ocel měkká	0,70 až 0,65	0,65 až 0,60	0,60 až 0,50	0,45 až 0,35
Ocel středně tvrdá	0,60 až 0,55	0,55 až 0,50	0,50 až 0,42	0,40
Ocel tvrdá	0,45 až 0,42	0,42 až 0,38	0,38 až 0,33	0,30 až 0,20
Hliník, měď ( žíhané )	0,75 až 0,70	0,70 až 0,65	0,65 až 0,55	0,50

Tab. 5. Součinitel hloubky vtažení střížníku

### 5.3.2 Střížný výkon

$$P = \frac{A}{t}$$

Kde:

$P$  .... střížný výkon [W]

$A$  .... střížná práce [J]

$t$  .....čas [s]

## 5.4 Stírací a protlačovací síla

### 5.4.1 Stírací síla

Při vystřížení materiálu např. z pásu plechu ulpí střížník v pásu vlivem pružnosti materiálu, z něhož je pás vyroben. K jeho „vysunutí“ zpět do původní polohy je třeba síly, která se nazývá síla stírací. Její velikost je závislá na druhu stříhaného materiálu, jeho tloušťce, tvarové složitosti výstřížku, střížné vůli, na mazání a jiných faktorech.

Stanovuje se empiricky ze vztahu:

$$F_T = c_1 \cdot F_S$$

Kde:

$F_T$  ... stírací síla [N]

$c_1$  ... součinitel stírání, který se dá určit z níže uvedené tabulky

$F_S$  ... střižná síla [N]

#### 5.4.2 Protlačovací síla

Pokud je zapotřebí výstřížek dostat přes střižnici, je třeba vyvinout sílu, která se nazývá protlačovací. Díky velkému tření mezi vystřiženým materiálem a střižnicí je tato síla poměrně velká. Na velikost protlačovací síly má také velký vliv vypouklý tvar vystřiženého materiálu, který má snahu se narovnat. [1]

Tato síla se stanovuje taktéž empiricky:

$$F_{PR} = c_2 \cdot F_S$$

Kde:

$F_{PR}$  ... protlačovací síla [N]

$c_2$  ... součinitel protlačení, který se dá určit z níže uvedené tabulky

$F_S$  ... střižná síla [N]

Hodnoty součinitelů stírání a protlačování

Tloušťka materiálu	c1	c2
Ocel do 1 mm	0,02-0,12	0,005-0,08
Ocel 1 - 5 mm	0,06-0,16	
Ocel nad 5 mm	0,08-0,20	
Mosaz	0,06 - 0,07	0,04
Slitiny Al	0,09	0,03 - 0,04

Tab. 6. Součinitele stírání a protlačování

## 5.5 Střížná vůle

Střížnou vůlí se rozumí vůle mezi střížníkem a střížnicí. Jednostranný rozdíl mezi střížníkem a střížnicí se nazývá střížná mezera. Střížná vůle se volí na úkor střížníku nebo střížnice vzhledem k požadovanému rozměru výstřížku. Při přesného vnějšího obvodu výstřížku se vytvoří střížná vůle na úkor střížníku. Při děrování otvorů vzniká střížná vůle na úkor střížnice. [1]

Je zapotřebí, aby byla střížná vůle rozložena po celém stříhaném obvodu stejně. Pokud tohoto není docíleno, vznikají různé vady, ostřiny a střížná plocha není kvalitní.

Velikost střížné vůle je závislá na mnoha činitelích, zejména na druhu stříhaného materiálu a na jeho tloušťce. Obvyklá volba střížné síly je v procentech tloušťky stříhaného materiálu.

Velikost střížné síly z procent tloušťky stříhaného materiálu je možné z následující tabulky:

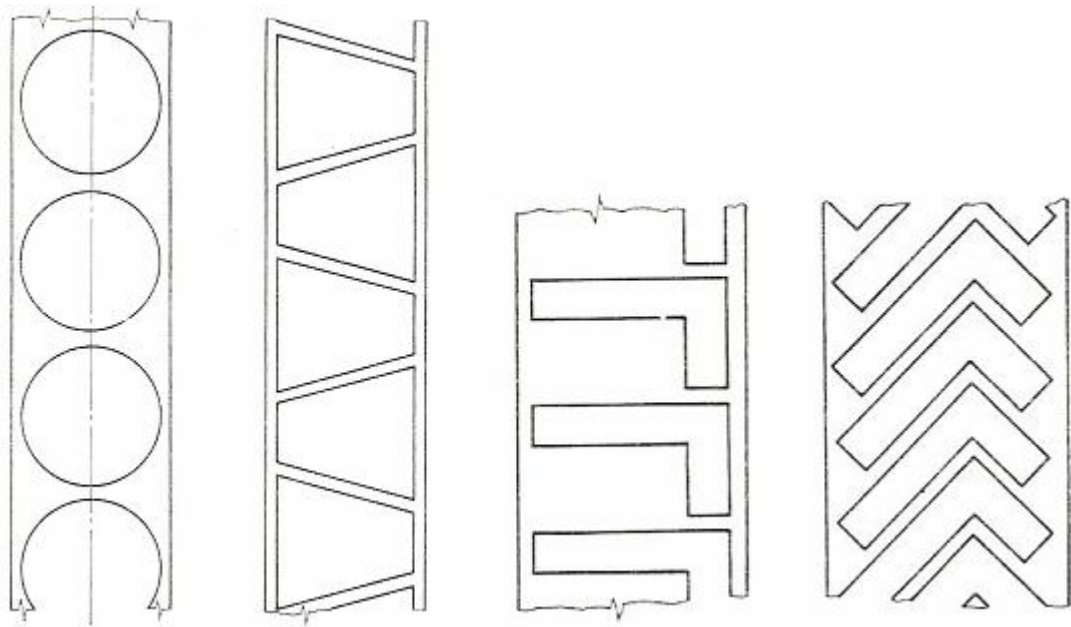
Druh materiálu	Střížná vůle v % t	
	do 2,5 mm	2,5 až 6 mm
Ocel měkká	5	7 až 8
Ocel středně tvrdá	6	6 až 8
Ocel tvrdá	7 až 9	7 až 10
Hliník	4 až 7	5 až 9
Dural	7 až 8	7 až 10
Měď měkká	4 až 5	5 až 6
Měď polotvrdá a tvrdá	6 až 7	6 až 7
Mosaz měkká	4 až 5	4 až 6
Mosaz polotvrdá a tvrdá	5 až 6	5 až 7
Papír, lepenka	2 až 3	3
Fibr, textil	2 až 4	-

Tab. 7. Střížné vůle



## 5.6 Nástřihový plán

Cílem nástřihového je optimální rozložení budoucích výrobků na pásu plechu. To je velmi důležité zejména z ekonomických důvodů, obzvláště jedná-li se o velkosériovou výrobu. Je nežádoucí, aby byl jen nepatrný rozdíl mezi hmotností vyrobených kusů a hmotností odpadu. Ne vždy, je to však splněno a záleží zejména na tvaru a složitosti vystřihávaného dílce.



Obr. 5. Nástřihové plány

Na prvním obrázku jsou výstřižky kruhové, což jak je vidět není příliš vhodné z hlediska odpadu. Na dalším jsou výstřižky lichoběžníkové, což je vhodnější, jelikož odpad se minimalizuje. Na pravých obrázcích ( ty menší ) je vidět, že je třeba nejprve důkladně zvážit jak se výstřižky mají rozmístit, aby odpad byl pokud možno co nejmenší.

Jelikož je třeba dodržet některé zásady co se týče mezery mezi výstřižky a mezery mezi výstřižky a okrajem pásu, existují tabulky, jako je níže uvedená, kde se dají hodnoty v závislosti na tloušťce plechu odečíst.

Tloušťka materiálu (mm)	Šířka pásu (mm)												Šířka pásu (mm)																							
	do 15						15 až 50						50 až 100						100 až 200						200 až 300						nad 300					
	Rozměr a, b (mm)						Rozměr a, b (mm)						Rozměr a, b (mm)						Rozměr a, b (mm)						Rozměr a, b (mm)											
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0,1 až 0,2	1	1,2																																		
0,3 až 0,4	1	1,2	1,3	1,6																																
0,4 až 0,6	1	1,2	1,3	1,6	1,6	2																														
0,7 až 0,9	1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	2	3																												
1	1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	2	3	3,8	5,2	3	6,6	6,7	1,4	1,7	2	2,5	2,5	3,1	3,5	3,7	4	4,8	4,8	6											
1,3	1,1	1,4	1,6	2	2,1	2,5	3,1	3,8	4	5,3	5	6,7	6,8	1,5	1,8	2	2,5	2,7	3,1	3,5	4,3	4,2	5,2	5,2	6,5											
1,5	1,2	1,5	1,7	2,2	2,2	2,7	3,2	4	4,3	5,4	5,4	6,8	6,8	1,5	1,8	2	2,5	2,7	3,1	3,5	4,3	4,2	5,2	5,2	6,5											
1,8	1,4	1,8	1,8	2,2	2,3	2,8	3,3	4,2	4,4	5,6	5,5	7	7,2	1,8	2,2	2,2	2,8	3,1	4	4,3	4,7	5,6	5,6	6,8												
2	1,5	2	2	2,5	2,5	3,1	3,5	4,5	4,5	5,8	5,7	7,2	7,2	2	2,5	2,5	3,1	3	3,7	4,2	5	6	6	7												
2,2	1,6	2	2,2	2,7	2,6	3,2	3,6	4,5	4,6	6	5,8	7,3	7,3	2,2	2,7	2,6	3,2	3,2	4	4,2	5,2	6,2	6,2	7,2												
2,5	1,7	2,2	2,3	2,8	2,7	3,4	3,7	4,7	4,7	6	5,8	7,4	7,4	2,5	3,1	2,8	3,5	3,2	4	4,2	5,2	6,3	6,3	7,2												
2,8	1,8	2,2	2,4	3	2,8	3,5	3,8	4,7	5	6,2	6	7,5	7,5	2,8	3,5	3	3,7	3,2	4	4,5	5,2	6,3	6,3	7,3												
3	2	2,5	2,5	3	3	3,7	4	5	5	6,3	6,2	7,7	7,7	3	3,7	3,2	4	3,5	4,3	5	5,5	6,5	7,5	7,5												
3,5			2,7	3,5	3,2	4	4,2	5,2	5,2	6,5	6,3	8																								
4			3	3,8	3,5	4,3	4,5	5,6	5,6	6,8	6,5	8,2																								
4,5			3,2	4	3,7	4,6	4,7	5,8	5,7	7,2	6,8	8,7																								
5			3,5	4,2	4	5	5	6,2	6	7,7	7	9,2																								

Tab. 8. Stanovení šíře odpadu

## 6 SOUČÁSTI POSTUPOVÉHO STŘIŽNÉHO NÁSTROJE

Pro zhotovení plně funkčního postupového střížného nástroje je potřeba zhotovit mnoho součástí, jako jsou:

- Střížníky
- Střížnice
- Desky ( kotevní, základnové, opěrné, upínací... )
- Vodicí lišty
- Vodicí pouzdra
- Vodicí čepy
- Upínací stopky
- Dorazy
- Hledáčky
- Pružiny
- Ostatní drobné součásti

### 6.1 Střížníky

U střížných nástrojů je možné se setkat se střížníky různých konstrukcí. Všechny by však měly splňovat několik základních předpokladů, které jsou nutné k výrobě kvalitních výstřížků. [2]

Jsou to:

- Tuhost
- Kolmé upevnění
- Odolnost proti bočním i stíracím silám
- Neotupené ostří

Pokud je na nástroji několik střížníků různých průřezů, měly by být střížníky většího průřezu asi o 0,4 násobek tloušťky stříhaného materiálu delší než střížníky menšího průřezu. Touto úpravou se zabrání zlomení střížníků malého průřezu, ke kterému by došlo pružnou deformací materiálu při vnikání střížníku většího průřezu. [2]

### 6.1.1 Materiály střížníků

Jako materiál střížníku se používá nejčastěji nástrojová ocel. Tato ocel získá po následné tepelné úpravě vhodné vlastnosti pro stříhání jako je tvrdost a pevnost.

Některé materiály vhodné pro střížníky:

- 19 421
- 19 436
- 19 312
- 19 313
- 19 601
- 19 573

### 6.1.2 Výpočet střížníku

Střížníky se zpravidla kontrolují na vzpěr a na otláčení. Pro některé případy jsou uvedeny výpočetní vzorce. [1]

Kruhový střížník	Výpočet napětí		$\sigma = \frac{F_s}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$
	Kritická délka	Střížník nevedený	$l_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot E \cdot I}{\mu \cdot d \cdot t \cdot \tau_o}}$
		Střížník vedený	$l_k = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot E \cdot I}{\mu \cdot d \cdot t \cdot \tau_o}}$

Obdélníkový střížník	Kritická délka	Střížník nevedený	$l_K = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot E \cdot b \cdot h^3}{\mu \cdot 24 \cdot (b+h) \cdot t \cdot \tau_o}}$
		Střížník vedený	$l_K = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot b \cdot h^3}{\mu \cdot 24 \cdot (b+h) \cdot t \cdot \tau_o}}$

Tab. 9. Výpočet střížníku

Kde:

$F_S$  .....střížná síla [N]

$E$  ..... modul pružnosti [MPa]

$I$  ..... moment setrvačnosti [mm<sup>4</sup>]

$\mu$  ..... koeficient bezpečnosti ( 1,5 – 2 )

$\tau_o$  ..... tečné napětí v ohybu [MPa]

$d$  .....průměr střížníku [mm]

$b, h$  .....strany obdélníku [mm]

$t$  ..... tloušťka plechu [mm]

## 6.2 Střížnice

Je to nejnákladnější část střížného nástroje, jelikož střížný otvor vyžaduje precizní vypracování. Hlavní střížný otvor, děrující a pomocné otvory mají být rozděleny tak, aby žádný okraj střížnice nebyl zvláště zeslaben. Tloušťka střížnic se pohybuje zpravidla mezi 18 až 30 mm. Většinou se střížnice zhotovují tak, že střížný otvor sahá jen do nějaké hloubky a poté je opatřen úkosem. Hloubka, do jaké sahá střížný otvor je závislá na tloušťce materiálu.

Do tloušťky plechu 0,5 mm se volí od 3 do 5 mm, pro plech do tloušťky do 5 mm se volí od 5 do 10 mm, pro plech do tloušťky 10 mm se volí od 10 do 15 mm. Tato úprava má tu výhodu, že i při častém přebrušování střížnice neztratí výstřížek rozměrovou přesnost. [2]

### 6.2.1 Materiály střížnic

Některé materiály vhodné pro střížníky:

- 19 312
- 19 313
- 19 436
- 19 437
- 14 331
- 19 573

### 6.2.2 Výpočet střížnice

Stejně jako pro střížníky tak i pro střížnice existují různé vzorce pro výpočet její potřebné tloušťky. Ty však jsou závislé na tvaru střížnice a tvaru opěrné desky pod ní, kde je propad. Lze však použít vzorce, který nezahrnuje jiné faktory, než střížnou sílu.

Nejjednodušší vzorec pro výpočet předběžné tloušťky střížnice dle Oehlera [1]:

$$H = \sqrt[3]{F_{S\max}}$$

Kde:

$H$  .....tloušťka střížnice [mm]

$F_{S\max}$  ... maximální střížná síla [N]

### 6.3 Odstříhovače

Plní dva základní úkoly. Jeden je, že umožňují přesné vedení materiálu kalibrováním šířky pásu plechu a druhý, že slouží jako pevné dorazy. Nevýhodou je větší spotřeba materiálu způsobená zvýšeným odpadem. [2]

## 6.4 Desky

Střížný nástroj se skládá z mnoha desek. Tyto desky se dělí dle funkce, kterou v nástroji zastávají na:

- Základová deska
- Opěrná deska
- Deska střížnic ( pokud jsou střížnice vložkové)
- Vodicí deska
- Kotevní deska
- Upínací deska

### 6.4.1 Základová deska

Tato deska je nejspodnější deskou na střížném nástroji. Pomocí této desky je nástroj přichycen ke stroji ( lisu ). Tato deska není nijak výrazně zatížena, tudíž není třeba ji vyrábět např. z nástrojové oceli.

### 6.4.2 Opěrná deska

O tuto desku mohou být opřeny například střížníky ( v horní části nástroje ), nebo vložkové střížnice ( v dolní části nástroje ). Tuto desku je vhodné vyrábět z materiálů, které mají větší tvrdost již za přírodního stavu, nebo jsou tepelně zpracovatelné.

### 6.4.3 Deska střížnic

Tato deska se používá ve střížných nástrojích především z toho důvodu, že vyrobít velkou střížnici, kde je několik střížných otvorů je velmi obtížné a finančně náročné. Z tohoto důvodu se vyrobí vložkové střížnice, které se následně vloží do desky střížnic.

#### **6.4.4 Vodicí deska**

Vodicí deska má za úkol vést střížníky přesně na místo stříhu. Navíc napomáhá dlouhým a tenkým střížníkům aby, nebyly namáhány na vzpěr. Protože tato deska svým způsobem nahrazuje vodicí pouzdro měla by být vyrobena z materiálu, který nepodléhá otěru.

#### **6.4.5 Kotevní deska**

V této desce jsou ukotveny střížníky.

#### **6.4.6 Upínací deska**

Na této desce je připevněna upínací stopka, která se přichytí do beranu lisu. Je to nejvrchnější deska střížného nástroje. K této desce jsou připevněny ostatní desky pod ní a také střížníky

### **6.5 Vodicí lišty**

Vodicí lišty, které jsou pevně uchyceny na nástroji a mají funkci pouze vést pás plechu ve střížném nástroji. Pokud se jedná např. o nástroj, která stříhá i ohýbá, mají i funkci nadzvedávat plech, který ulpívá na tažnici. Z toho vyplývá, že musí být zvedány např. pružinami.

### **6.6 Vodicí pouzdra**

Vodicí pouzdra jsou součásti, jejichž funkcí je vést vodicí čep. Ten musí být veden velmi přesně, protože všechny funkční rozměry s ním jsou svázány. Vodicí pouzdra se vyrábí např. z cementační oceli 14 220. Vodicí pouzdra je vhodné mazat, proto mohou být v díře opatřeny zápichem, který je naplněn mazacím médiem. Výrobou těchto prvků se zabývá spousta firem. V dnešní době je snaha co nejvíce součástí nakoupit od výrobců, jelikož je to většinou ekonomicky a technologicky výhodnější.



## 6.7 Vodicí čepy

Mají za úkol co nejpřesněji vést např. horní část nástroje k dolní části. Tyto prvky také vyrábí spousta specializovaných firem.

## 6.8 Upínací stopky

Upínací stopka je prvek jímž je střížný nástroj připevněn k pracovnímu stroji ( lisu ). Většina stopek je normalizována.

## 6.9 Dorazy

Posouvání pásu plechu je v nástroji omezováno pomocí dorazů. V malosériové výrobě se jako doraz nejčastěji používá kolíku zalisovaného ve střížnici, který vyčnívá asi o polovinu tloušťky stříhaného materiálu, nejméně však 1,5 mm. Dále se používá různých dorazů mechanických. Dorazy by měly být konstrukčně jednoduché bezpečné a snadno ovladatelné. [2]

## 6.10 Hledáčky

Hledáčky se musí do střížného nástroje zakomponovat zejména, když se vyžaduje přesné vystředění pásu. Většinou se používá hledáček, které středí pás pomocí otvorů, které se vystřihnou v předchozím kroku. U tlustších materiálů, kde nehrozí deformace způsobené středěním pásu se středí obvykle přímo do otvoru v součásti. U výrobků, kde nejsou otvory se vystřihne otvor pro hledáček do odpadové části. Tento způsob středění se nazývá středění nepřímé. [2]

## 6.11 Pružiny

Pružin se u střížných nástrojů využívá zejména k vyvození stírací síly. Ta je nutná k vytažení střížníku, který ulpěl ve stříhaném materiálu. Dále mají také funkci dostat nástroj do výchozí polohy a připravit ho tak pro další stříh.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 KONSTRUKCE STŘIŽNEHO NÁSTROJE PRO DANÝ VÝROBEK

### 7.1 Výrobek



Obr. 6. Výrobek

#### 7.1.1 Výrobní požadavky

Výrobek, který se bude pomocí střížného nástroje vyrábět má sloužit jako reklamní předmět tvaru otvíráku pивních lahví a lahví od sirupu. Má být vyroben z korozi vzdorné oceli. Z jedné jeho strany má být vygravírováno logo firmy. Finální podoby výrobek dosáhne tím, že bude vyleštěn případně jinak povrchově upraven. Výrobek nemá být příliš výrobně složitý a nákladný.

#### 7.1.2 Návrh tvaru a vlastností výrobku

Při návrhu tvaru výrobku jsem vycházel z praxí ověřených otvíráků, které jsou běžně k dostání v obchodech s domácími potřebami. Jejich design jsem upravil do podoby, která je vhodná pro výrobu stříháním. To bylo nutné zejména z důvodu, že k výrobě bude použito pouze nástroje obsahujícího střížné prvky.

S plochým tvarem výrobku je také spjat fakt, že je potřeba optimalizovat jeho tloušťku, z důvodu dostatečné odolnosti proti ohnutí se. Bylo proto zhotoveno několik prototypových kusů různých tloušťek a různých materiálů. Z těchto prototypových kusů byl vybrán kus, který měl tloušťku 3 mm a byl vyroben z materiálu 17 040. Tloušťka 3 mm se ukázala

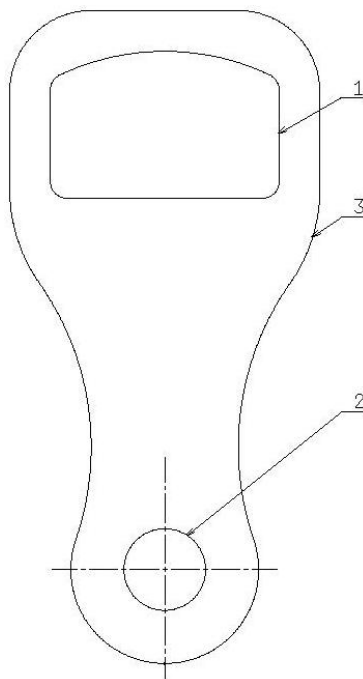
být jakýmsi mezníkem. Výrobek menší tloušťky měl tendenci se ohýbat a u větší tloušťky působil jednak neesteticky a také jeho hmotnost se jevila velká. Materiál 17 040 je středně tvrdá ocel, tudíž má tu výhodu, že při činnosti by se na výrobku neměli objevit stopy od otvíraných vršků lahví.

## 7.2 Výpočet parametrů potřebných pro konstrukci a výrobu

### 7.2.1 Výpočet délek střížných hran

Jelikož se v dalších výpočtech budou potřebovat délky střížných hran, je nutné je vypočítat již nyní.

Protože program, ve kterém jsou vymodelovány všechny součásti Autodesk Inventor umožňuje zjišťování obvodů, délek, obsahů, zjistil jsem pomocí něho i délky všech střížných stran. Tento způsob má tu výhodu, že zjištěné hodnoty jsou velmi přesné. Kdyby však byly střížné hrany počítány pouze zjednodušením si tvaru na tvary základní, výsledek by byl nepřesný. Toto se projeví zejména u složitějších tvarů.



Obr. 7. Střížné hrany

Zjištěné hodnoty střížných hran:

PRVEK	DÉLKA
Obdélníkový otvor /1/	83,966 mm
Kruhový otvor /2/	31,416 mm
Obrys /3/	207,217 mm
Dělení horní /4/	15 mm
Dělení dolní /5/	15,55 mm

Prvky /4/, /5/ nejsou v obrázku zakresleny

Tab. 10. Délky střížných hran

### 7.2.2 Výpočet jednotlivých střížných sil

$$F_{Si} = l_i \cdot t \cdot \sigma_{PS} \cdot K$$

$$\sigma_{PS} = 0,8 \cdot \sigma_{PT}$$

$$\sigma_{PS} = 0,8 \cdot 650 \text{ MPa} = 520 \text{ MPa}$$

$$F_{S1} = 83,966 \cdot 3 \cdot 520 \cdot 1,55 \text{ N} = 203029,7889 \text{ N}$$

$$F_{S2} = 31,416 \cdot 3 \cdot 520 \cdot 1,55 \text{ N} = 75963,888 \text{ N}$$

$$F_{S3} = 207,217 \cdot 3 \cdot 520 \cdot 1,55 \text{ N} = 501050,706 \text{ N}$$

$$F_{S4} = 15 \cdot 3 \cdot 520 \cdot 1,55 \text{ N} = 36270 \text{ N}$$

$$F_{S5} = 15,55 \cdot 3 \cdot 520 \cdot 1,55 \text{ N} = 37599,9 \text{ N}$$

Koeficient  $K$  je koeficient otupení nástroje a jeho nejvyšší hodnota dle empirického vztahu uvedeného v části teoretické je 1,55, s níž je také počítáno.

Mez pevnosti v tahu  $\sigma_{PT}$  je u materiálu 17 040 mezi hodnotami 440-590 MPa. V tomto případě byla jako mez pevnosti v tahu brána hodnota 650 MPa ( z důvodu možnosti výroby z jiných materiálů a také z důvodu zvýšení bezpečnosti).

### 7.2.3 Výpočet celkové střížné síly

$$F_{SC} = \sum_{i=1}^{n=5} F_{Si} = F_{S1} + F_{S2} + F_{S3} + F_{S4} + F_{S5}$$

$$F_{SC} = 853914,3N$$

Jelikož během činnosti nástroje může docházet k různým přetížením a tím i zvětšování střížné síly, je vhodné tuto sílu pro další výpočty zvětšit o 20-25%. Střížná síla bude pro další výpočty zvětšena o 25%.

$$F_S = 1,25 \cdot F_{SC}$$

$$F_S = 1067392,9N$$

### 7.2.4 Výpočet stírací síly

V praxi se většinou stírací síla bere jako 10% síly střížné.

$$F_T = 0,1 \cdot F_S$$

$$F_T = 106739,3N$$

### 7.2.5 Výpočet protlačovací síly

Protlačovací síla jde spočítat podle vzorce

$$F_{PR} = (0,005 \div 0,08) \cdot F_S$$

$$F_{PR} = 0,01 \cdot F_S$$

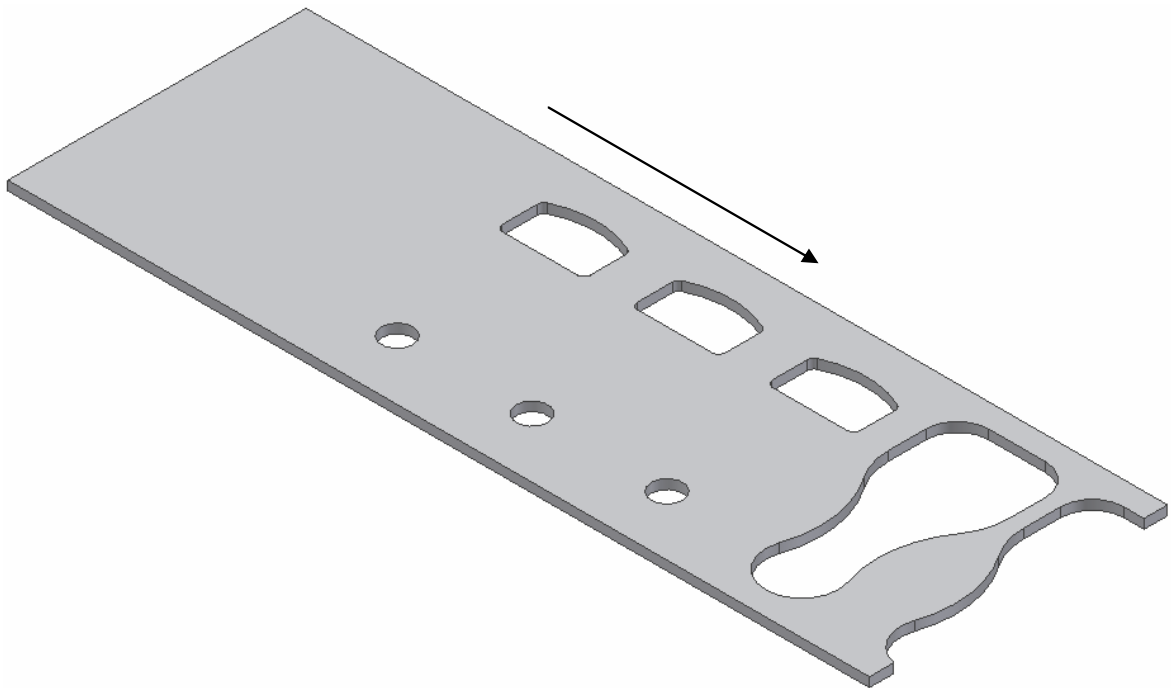
$$F_{PR} = 10673,93N$$

Do vzorce byla dosazena konstanta z daného rozmezí v hodnotě 0,01.

### 7.2.6 Určení velikosti střížné vůle

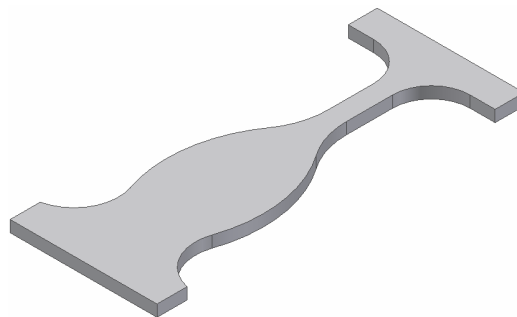
Střížná vůle byla stanovena na základě výše uvedené tabulky ( středně tvrdá ocel - 17 040 ) jako 8% tloušťky stříhaného materiálu a je rovna 0,24 mm.

### 7.2.7 Nástřihový plán



Obr. 8. Nástřihový plán

Nástroj pracuje v pěti krocích. V prvním kroku je vystřížen obdélníkový otvor a otvor průměru 10 mm. Ve druhém kroku je prováděno středění pomocí prvního hledáčku. Ve třetím kroku je prováděno pouze středění pomocí druhého hledáčku, ve čtvrtém kroku je celý výrobek vystřížen a v posledním kroku je provedeno dělení materiálu. Při manuálním posouvání pásu plechu po provedení prvního kroku a posunutí zapadá krokový doraz do obdélníkového otvoru. Na obrázku níže je vidět jak bude vypadat odpad po dělení.



Obr. 9. Odpad



### 7.2.8 Výpočet střížníků a střížnic

Tloušťku střížnice spočítáme z Oehlerova vztahu.

$$H = \sqrt[3]{F_{S \max}}$$

$$H = \sqrt[3]{626213,4 \text{ mm}} = 85,6 \text{ mm}$$

Ve výpočtu je zahrnuta síla při vystřihování obrysu, což je síla největší a je uvažována s přetížením 25%. Tato vypočtená hodnota bude sloužit pouze orientačně, jelikož bylo pomocí praktických aplikací dokázáno, že vyhovují i menší tloušťky střížnic. Tloušťka střížnic bude v tomto nástroji 40mm.

Kontrola střížníku bude provedena u střížníku pro otvor průměru 10 mm a bude provedena na otláčení.

$$\sigma_{TL} = \frac{F}{S}$$

$$\sigma_{TL} = \frac{F_{S2}}{\pi \cdot d^2} = \frac{94954,86}{\pi \cdot (10^2 - 6,3^2)} \text{ MPa} = 2004,65 \text{ MPa}$$

Síla  $F_{S2}$  je ve vzorci již vynásobena koeficientem bezpečnosti 1,25.

Vypočtené napětí je na čele střížníku, kde je otvor pro šroub M6. Ve vzorci je hodnota 6,3 protože střížník se opírá o opěrnou desku horní a ta má otvor 6,3 mm aby jí šroub procházel volně. Toto napětí má sice velkou hodnotu, avšak opěrná deska horní je z materiálu 19 312 a je kalena na 54-58 HRC. Při této tvrdosti se mez kluzu tohoto materiálu pohybuje mezi 2200-3000 MPa. Střížník je z materiálu 19 436 a je kalen na tvrdost 60-63 HRC. Při této tvrdosti se mez kluzu pohybuje mezi 2700-3000 MPa, což je přijatelné. Snížení tlaku by se dalo realizovat osazením střížníku cca na 15-20 mm, ale bylo by to na úkor velmi snadné demontáže při ostření. Pokud bychom střížník osadily, musela by se horní část téměř celá demontovat.

### 7.2.9 Výpočet pružin

Pružiny mají za úkol „vyprostit“-setřít střížníky z plechu. Síla kterou musí pružiny vyvodit se nazývá síla stírací. Tato má hodnotu 106739,3 N. V nástroji bude 12 pružin. Jedna pružina musí tedy vyvinout sílu 8911,61 N. Minimálně tuto sílu musí pružina vyvinout nachází-li se střížníky v maximální hloubce ve stříhaném materiálu – tedy 3 mm. V závislosti na celkové konstrukci nástroje to znamená, že pružiny budou stlačeny o 8,5 mm.

Z katalogu italské firmy Special springs byla vybrána pružina, která má tuhost 1077 N/mm.

Aby pružiny zastávali správnou funkci, musí platit podmínka:

$$F_{P(8,5)} \geq F_{T1}$$

$$F_{P(8,5)} = k \cdot h$$

$$F_{P(8,5)} = 1077 \cdot 8,5N = 9154,5N$$

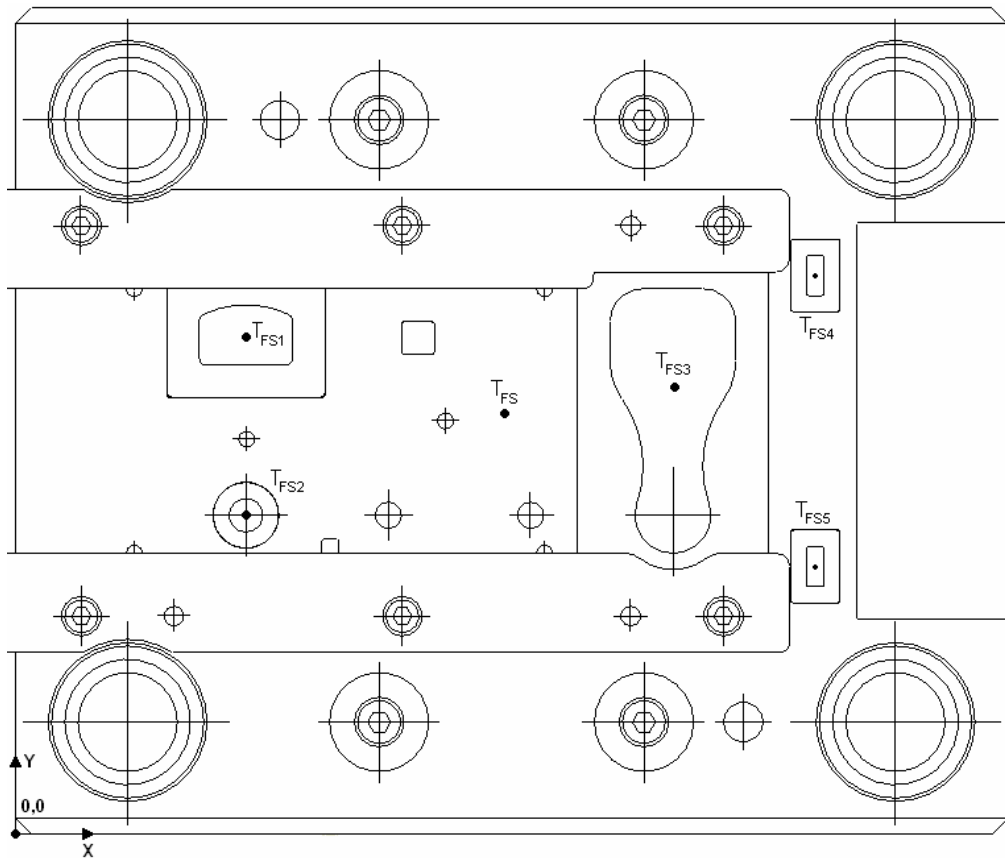
$$9154,5N > 8911,61N$$

Podmínka, že pokud stlačíme pružinu o 8,5 mm vyvine sílu větší nebo rovnu síle stírací připadající na jednu pružinu je splněna, pružiny tedy vyhovují.

Maximální síly pružina dosáhne, je-li stlačena o 9,5mm. Tato síla je rovna 10231,5N.

### 7.2.10 Výpočet těžiště pro umístění upínací stopky

- Výpočet těžiště sřížných sil



Obr. 10. Těžiště sřížných sil

Kde:

$T_{FS1}$  ..... těžiště sřížné síly 1 (obdélníkového otvoru)

$T_{FS2}$  ..... těžiště sřížné síly 2 (kruhového otvoru)

$T_{FS3}$  ..... těžiště sřížné síly 3 (obrysu)

$T_{FS4}$  ..... těžiště sřížné síly 4 (dělení horního)

$T_{FS5}$  ..... těžiště sřížné síly 5 (dělení dolního)

$T_{FS}$  ..... těžiště sřížných sil

$$x_{TFS} = \frac{F_{S1} \cdot x_1 + F_{S2} \cdot x_2 + F_{S3} \cdot x_3 + F_{S4} \cdot x_4 + F_{S5} \cdot x_5}{F_{S1} + F_{S2} + F_{S3} + F_{S4}}$$

$$y_{TFS} = \frac{F_{S1} \cdot y_1 + F_{S2} \cdot y_2 + F_{S3} \cdot y_3 + F_{S4} \cdot y_4 + F_{S5} \cdot y_5}{F_{S1} + F_{S2} + F_{S3} + F_{S4}}$$

$$x_{TFS} = 160,3mm$$

$$y_{TFS} = 131,1mm$$

Kde:

$F_{Si}$  ..... střížná síla pro vystřížení prvku  $i$  již vynásobena koeficientem 1,25 [N]

$x_i, y_i$  ..... vzdálenost od počátku v ose  $x, y$  připadající těžišti  $i$  [mm]

$x_{TFS}$  ..... vzdálenost od počátku v ose  $x$  připadající těžišti střížných sil [mm]

$y_{TFS}$  ..... vzdálenost od počátku v ose  $y$  připadající těžišti střížných sil [mm]

- Výpočet celkového těžiště pro umístění upínací stopky

Toto těžiště je určeno těžištěm střížných sil a sil vyvozených pružinami. Jelikož těžiště sil vyvozených pružinami leží v ose  $x = 150mm$  a ose  $y = 125mm$ , což je střed upínací desky ( lze vyčíst z konstrukce ), nebude výpočet těžiště sil vyvozených pružinami proveden.

$$x_T = \frac{F_S \cdot x_{TFS} + F_{PC} \cdot x_{TFP}}{F_{SC} + F_{PC}}$$

$$y_T = \frac{F_S \cdot y_{TFS} + F_{PC} \cdot y_{TFP}}{F_{SC} + F_{PC}}$$

$$x_T = 159,2mm$$

$$y_T = 132,4mm$$

Za sílu vyvozenou pružinami byla dosazena maximální síla, která bude v průběhu činnosti nástroje vyvozena a která vzniká stlačíme-li pružiny o 9,5 mm a má hodnotu 122778 N.

Tato poloha těžiště odpovídá výpočtu se střížnými silami s 25% přetížením. Pokud by se provedl výpočet se silami bez přetížení, hodnoty by se příliš nelišily.

Do vzorců nebyly hodnoty sil ani vzdáleností dosazeny z důvodu lepší přehlednosti.

### 7.2.11 Výpočet potřebné síly lisu

Síla, kterou musí lis vyvinout se bere jako součet všech sil, které působí proti pohybu bera-  
nu lisu, když sjíždí směrem dolů. Takto vypočtená síla je sice poněkud větší než v reálu,  
protože když začne protlačování výstřížku střížnicí, tak už střížná síla prakticky nepůsobí.  
Tím se však dosáhne dostatečného dimenzování lisu pro daný proces.

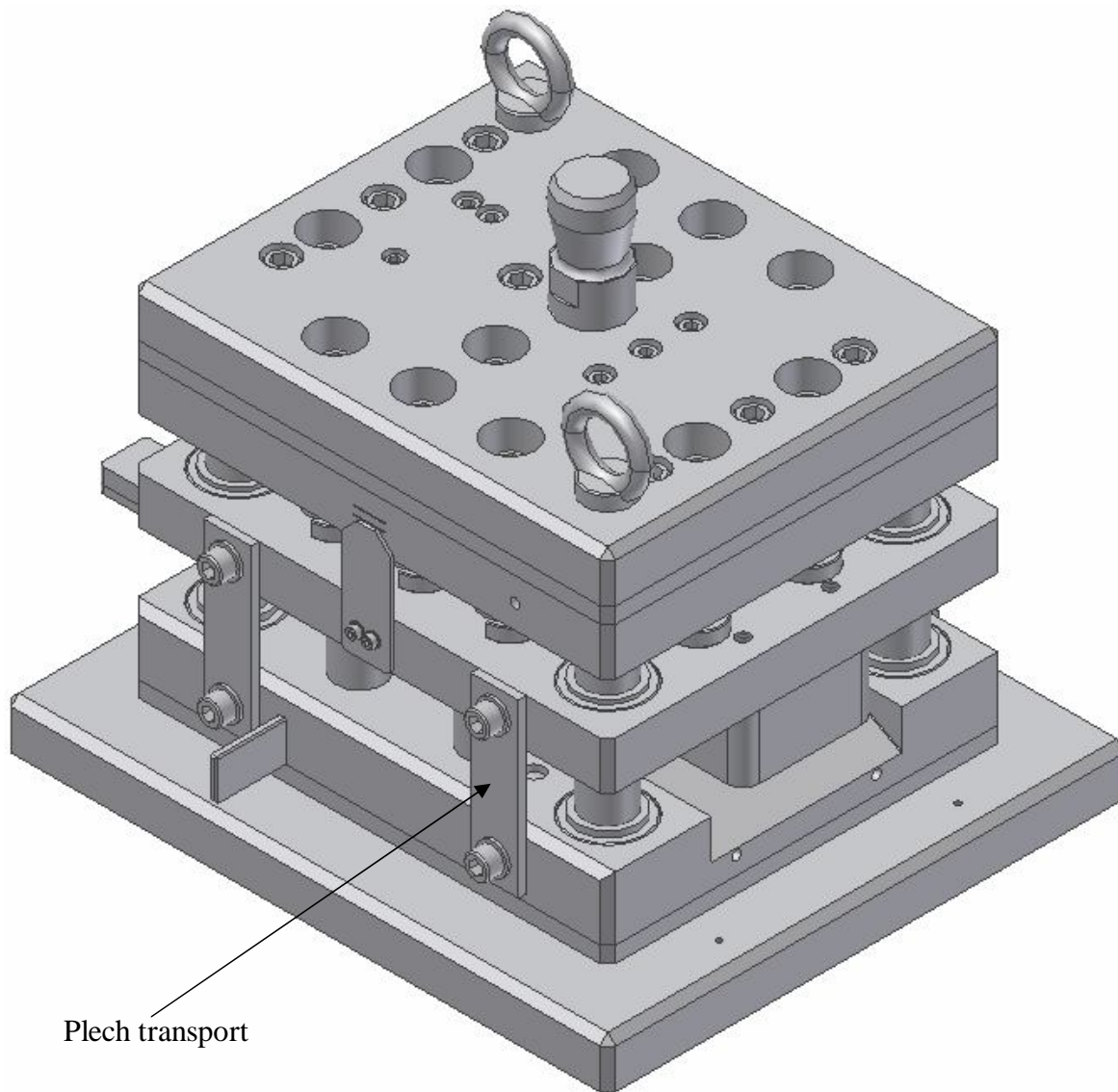
$$F_L = F_S + F_{PR} + F_{PC}$$

$$\frac{F_L}{N} = 1067392 + 1067,93 + 122778 = 1200844,83 N$$

Jelikož je počítáno s velkou bezpečností a platí věta uvedená výše, bude stačit lis o síle 120  
kN.

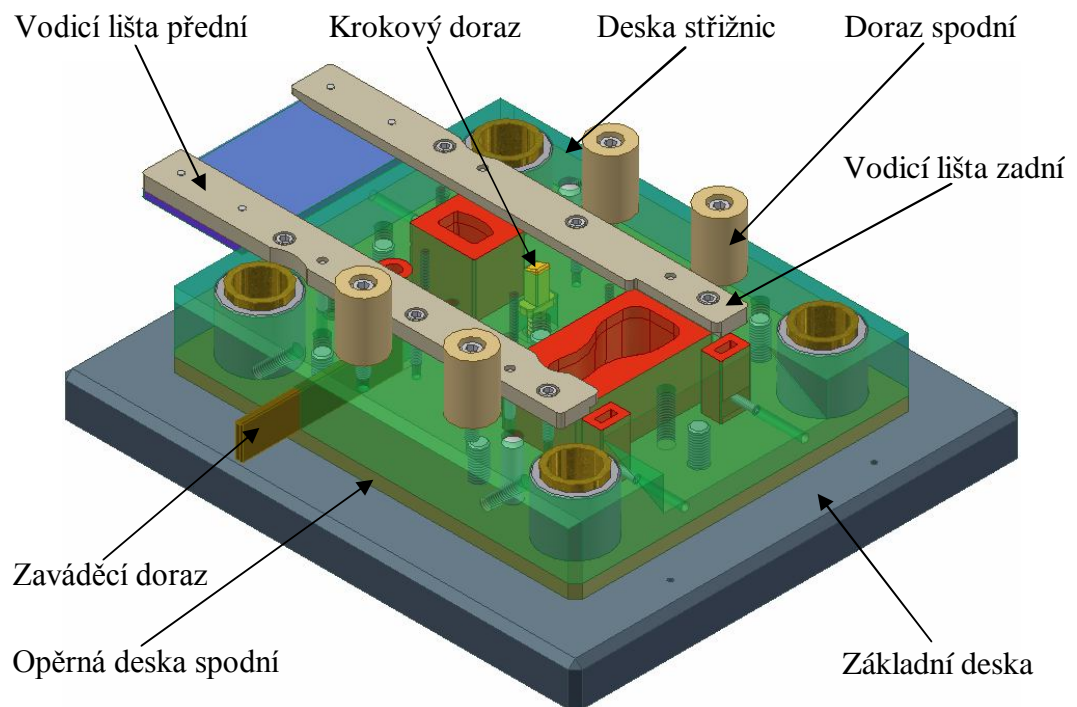
## 7.3 Přehled a popis součástí střížného nástroje

### 7.3.1 Sestava nástroje

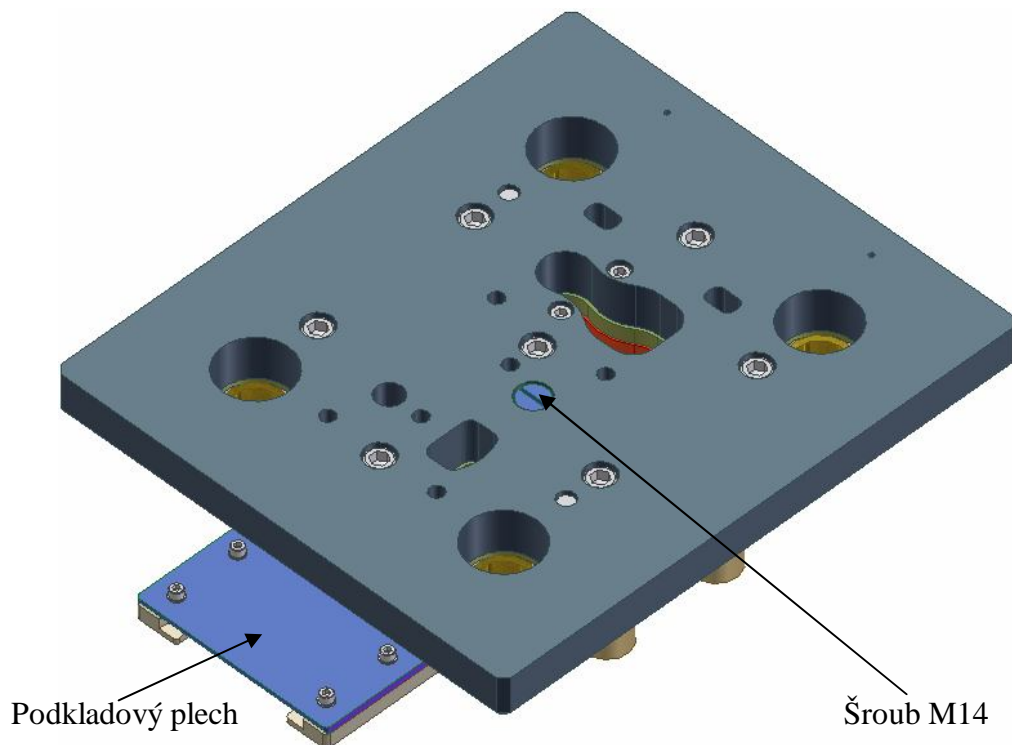


Obr. 11. Sestava nástroje

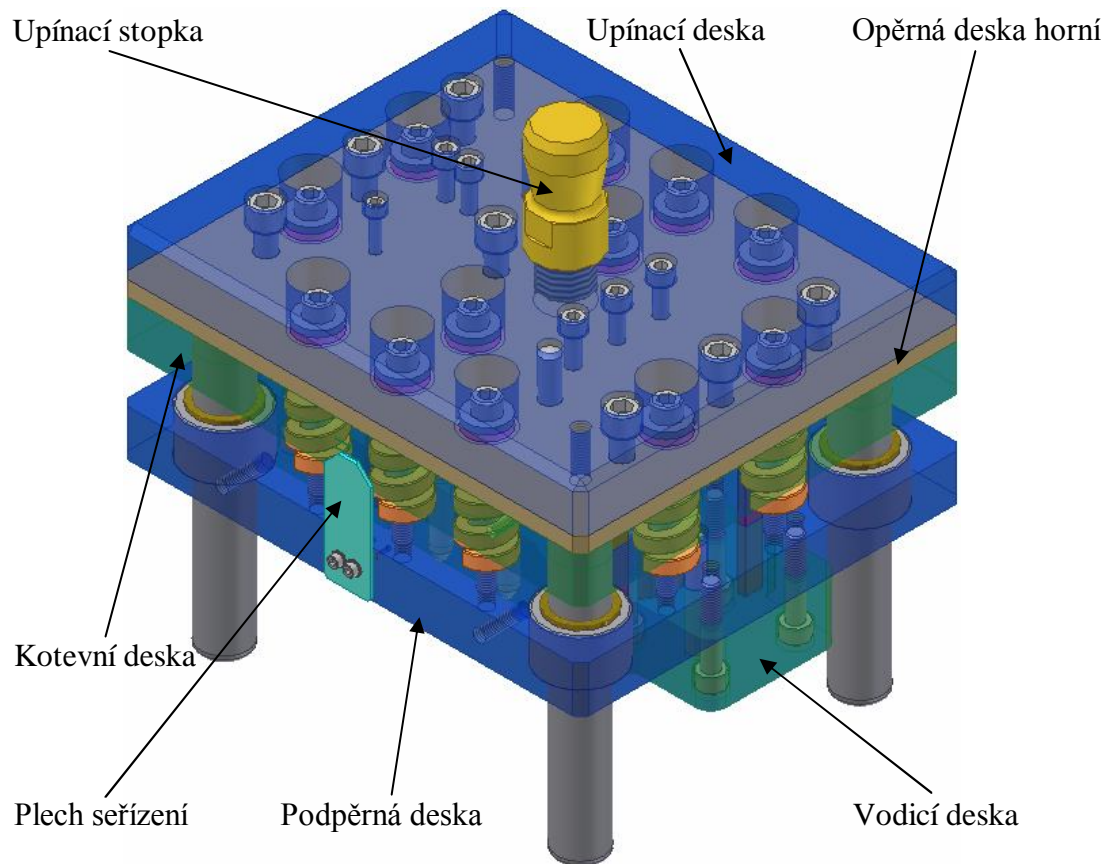
## 7.3.2 Spodní a horní část nástroje



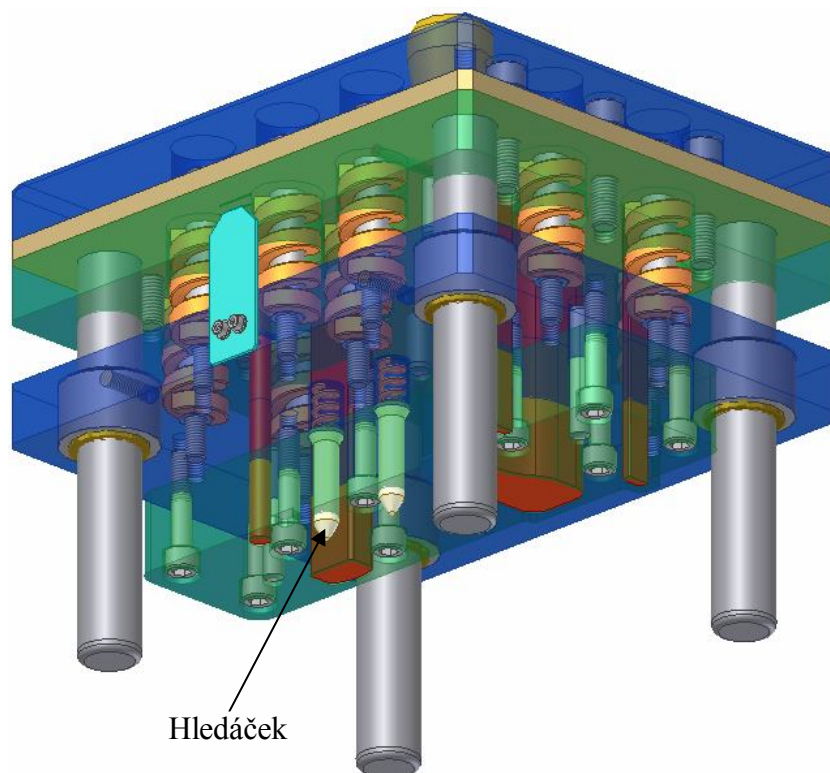
Obr. 12. Spodní část nástroje – a



Obr. 13. Spodní část nástroje – b



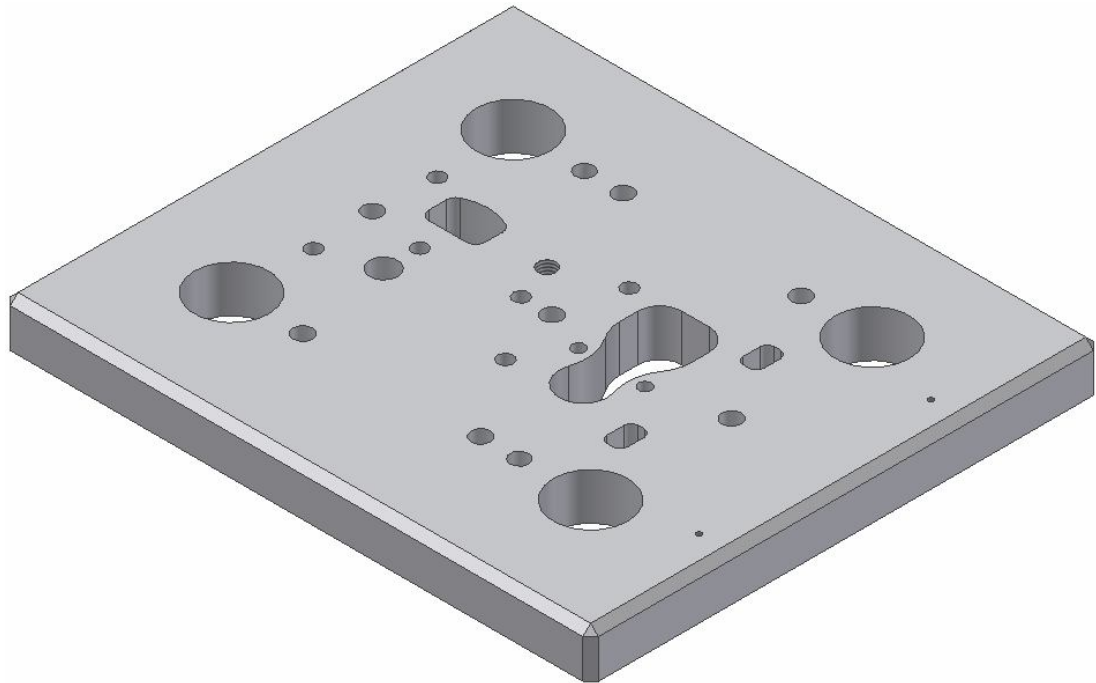
Obr. 14. Horní část nástroje – a



Obr. 15. Horní část nástroje – b



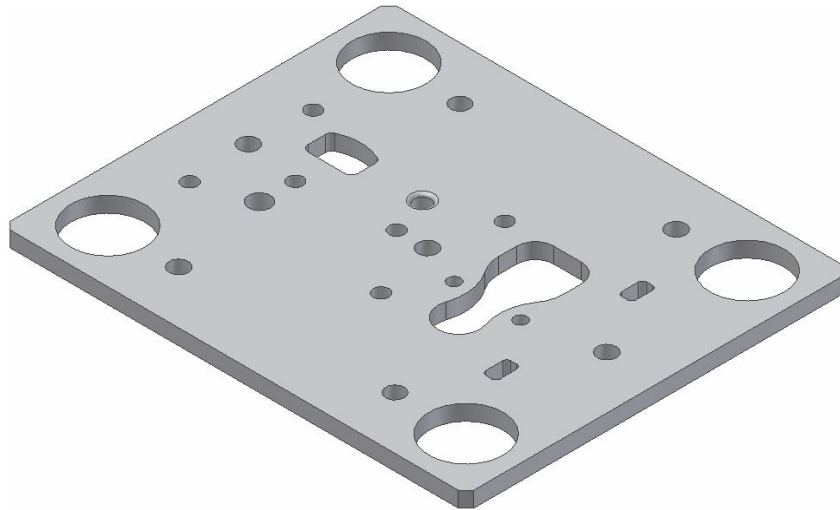
### 7.3.3 Základní deska



Obr. 16. Základní deska

Základní deska bude vyrobena z materiálu 19 312. Pomocí této desky je realizováno upnutí dolní části střížného nástroje ke stolu lisu. V této desce je sedm otvorů se zahloubením pro šrouby M12, kterými jsou desky spodní části nástroje připevněny k sobě. Dále jsou zde tvarové otvory sloužící pro vypadávání vystřížených prvků. Nachází se zde také čtyři velké otvory, jimiž volně prochází vodící čepy horní části nástroje. Dva otvory nacházející se u největšího z tvarových otvorů slouží pro přichycení střížnice obrysu. Deska má tloušťku 30 mm.

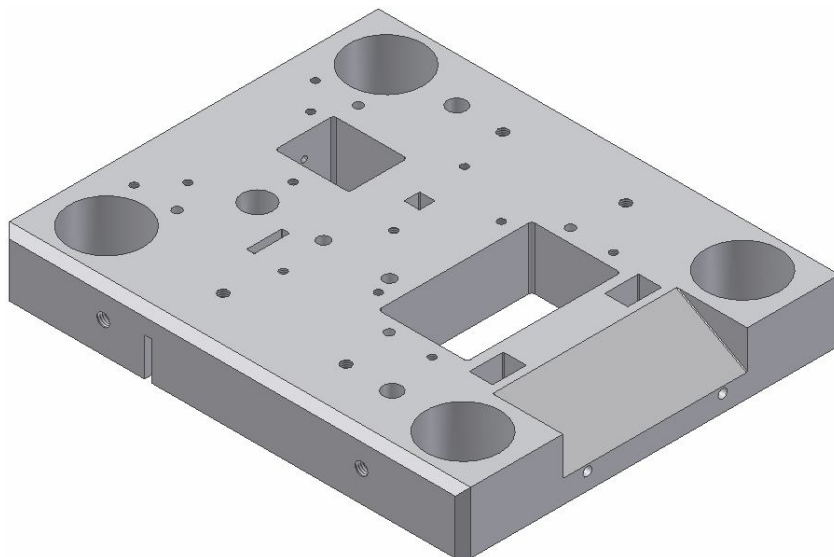
### 7.3.4 Opěrná deska spodní



Obr. 17. Opěrná deska spodní

Tato deska je vyrobena z materiálu 19 312 a je kalena na tvrdost 54-58 HRC. Slouží jako opěrný prvek střížnic. Jelikož je poměrně dosti namáhána na tlak, je kalena. Tvarové otvory slouží k vypadávání vystřižených prvků. Otvory v desce mají shodnou funkci jako u základní desky. Opěrná deska spodní má tloušťku 10 mm.

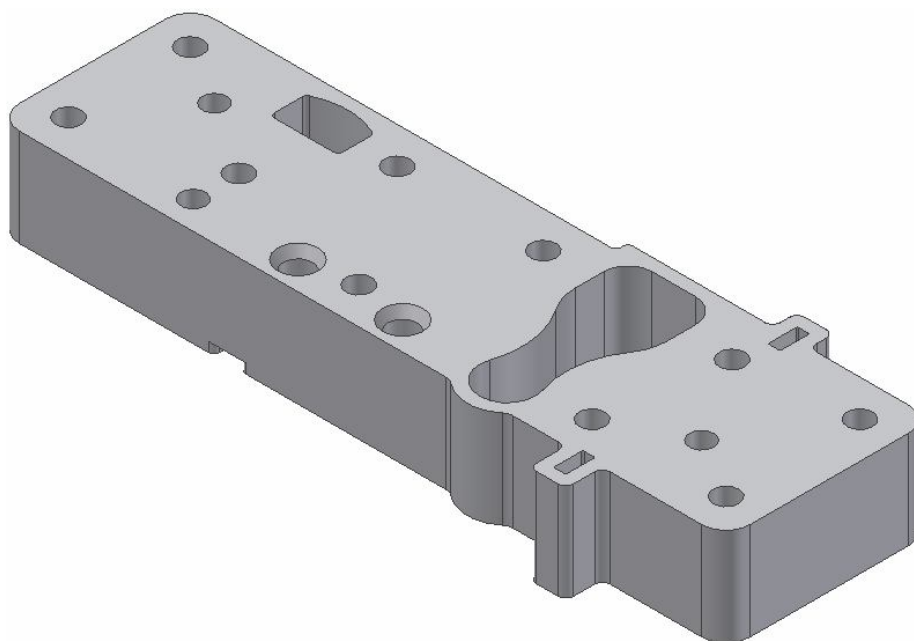
### 7.3.5 Deska střížnic



Obr. 18. Deska střížnic

Deska střížnic je vyrobena z materiálu 19 312 a je kalena na tvrdost 54-58 HRC. V této desce jsou ukotveny všechny střížnice a také jsou k ní připevněny vodící lišty. Z tohoto důvodu jsou zde díry se závitem M4 a díry pro kolíky, které mají funkci přesně vymezit polohu vodících lišt. Ve velkých dírách jsou nalisována vodící pouzdra německé firmy STRACK. Díry po stranách desky slouží k aretaci některých střížnic. Je zde také drážka pro zaváděcí doraz a otvor pro krokový doraz. K této desce jsou také připevněny dolní dorazy. Deska střížnic má tloušťku 40 mm.

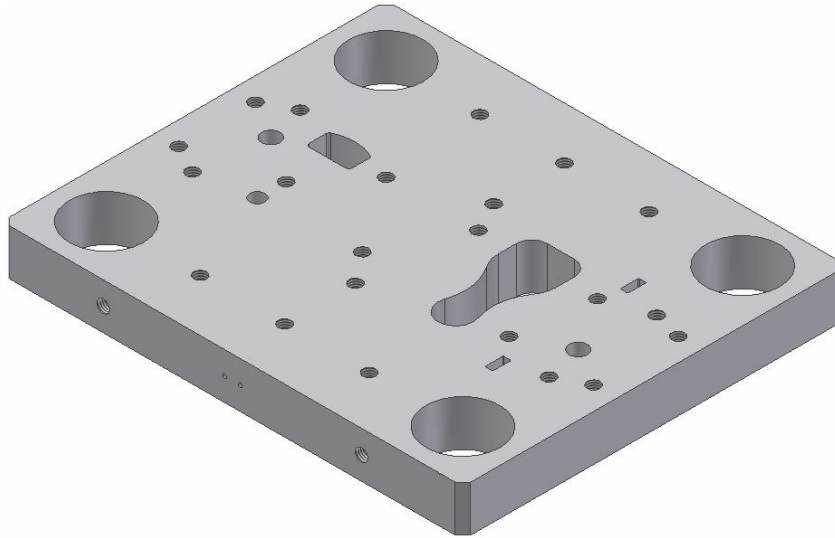
### 7.3.6 Vodící deska



Obr. 19. Vodící deska

Vodící deska je z materiálu 19 437 a je kalena na tvrdost 56-60 HRC. Tato deska slouží k přesnému vedení střížníků na místo stříhu. Střížníky jsou v tvarových otvorech uloženy jen s nepatrnou vůlí. V desce jsou dva otvory pro kolíky, které ji přesně vymezí vůči desce podpěrné a deset děr pro šrouby. Dvě díry se sražením slouží k ukotvení hledáček. Deska má tloušťku 40 mm.

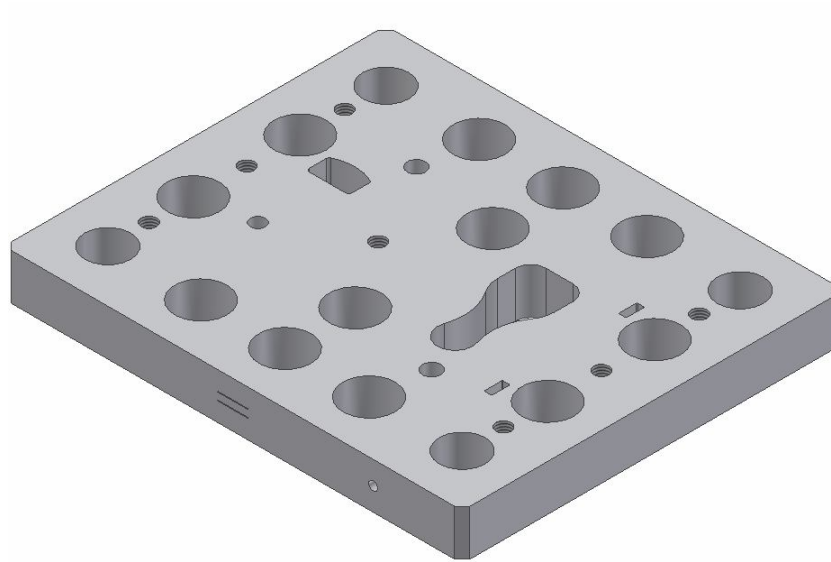
### 7.3.7 Podpěrná deska



Obr. 20. Podpěrná deska

Tato deska je vyrobena z materiálu 19 312 a je kalena na tvrdost 54-58 HRC. K této desce je připevněna deska vodicí, pomocí deseti šroubů. Jejich vzájemné vymezení je uskutečněno pomocí dvou kolíků. Ve čtyřech velkých dírách jsou nalisována vodicí pouzdra STRACK. Střížníky procházejí tvarovými otvory s větší vůlí. Jsou zde také dvě závitové díry pro připevnění seřizovacího plechu. Deska má tloušťku 30 mm.

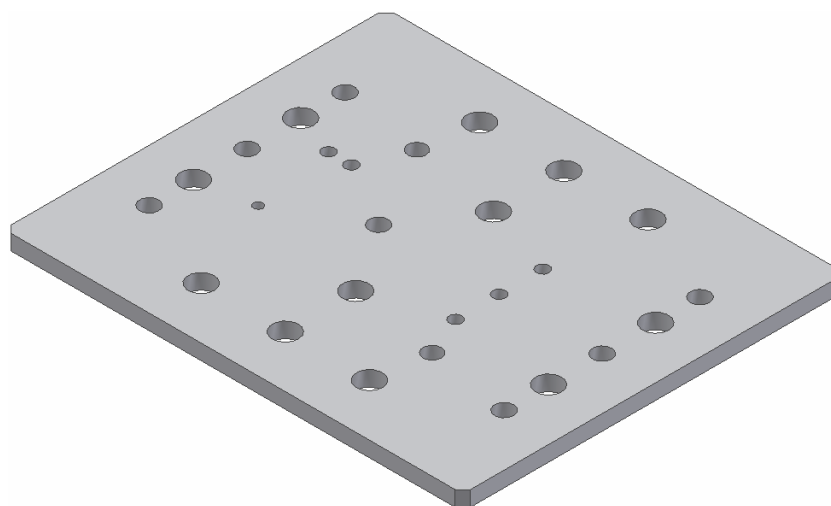
### 7.3.8 Kotevní deska



Obr. 21. Kotevní deska

Kotevní deska je z materiálu 19 312 a je kalena na tvrdost 54-58 HRC. V desce jsou ukotveny všechny střížníky. Sedm závitových děr slouží ke spojení s deskou opěrnou horní a upínací. Ve čtyřech otvorech v rozích jsou nalisovány vodící čepy STRACK. Dvanácti největšími otvory volně procházejí pružiny, jež slouží k vyvození stírací síly. Otvory po straně jsou pro šrouby, kterými se aretují dělicí střížníky. Jsou zde také rysky, které slouží při seřizování nástroje. Deska má tloušťku 30 mm.

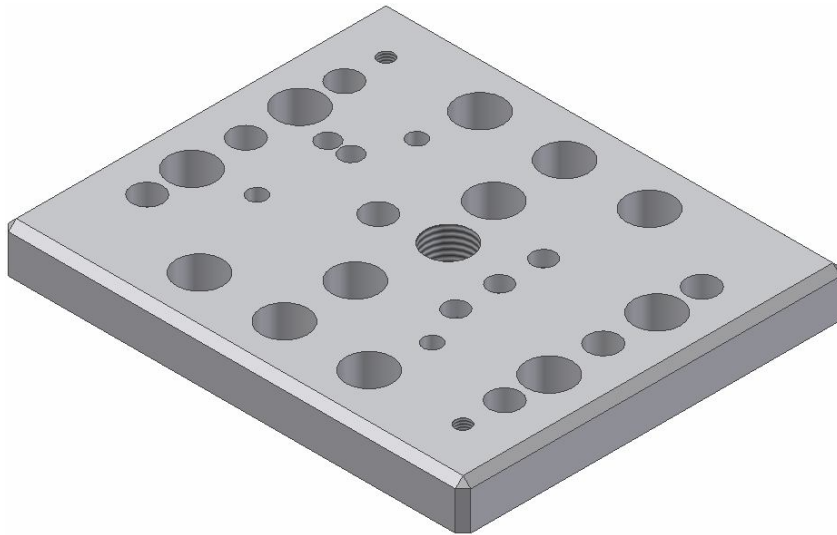
### 7.3.9 Opěrná deska horní



Obr. 22. Opěrná deska horní

Opěrná deska horní je vyrobena z materiálu 19 312 a je kalena na tvrdost 54-58 HRC. O tuto desku se opírají střížníky. Ty vyvozují velkou tlakovou sílu a z tohoto důvodu je deska kalena. Dvanáct děr po obvodu slouží k připevnění pružin. Deskou prochází také otvory, které ji spojují s deskou kotevní a upínací a také otvory, jimiž prochází šrouby pro upevnění střížníků. Deska má tloušťku 10 mm.

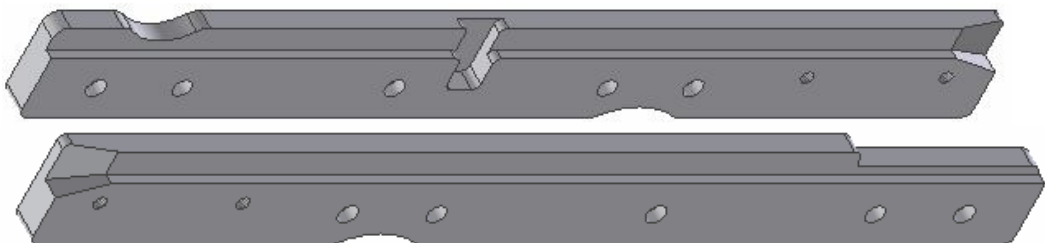
### 7.3.10 Upínací deska



Obr. 23. Upínací deska

Upínací deska je z materiálu 19 312. Dvanácti otvory po obvodě se pohybují ( při činnosti nástroje) šrouby upevňující pružiny. Jsou zde zahloubené díry pro šrouby přichycující desky opěrnou horní a kotevní, zahloubené otvory pro uchycení střížníků a závitová díra M30x2 pro upínací stopku. Deska má tloušťku 30 mm.

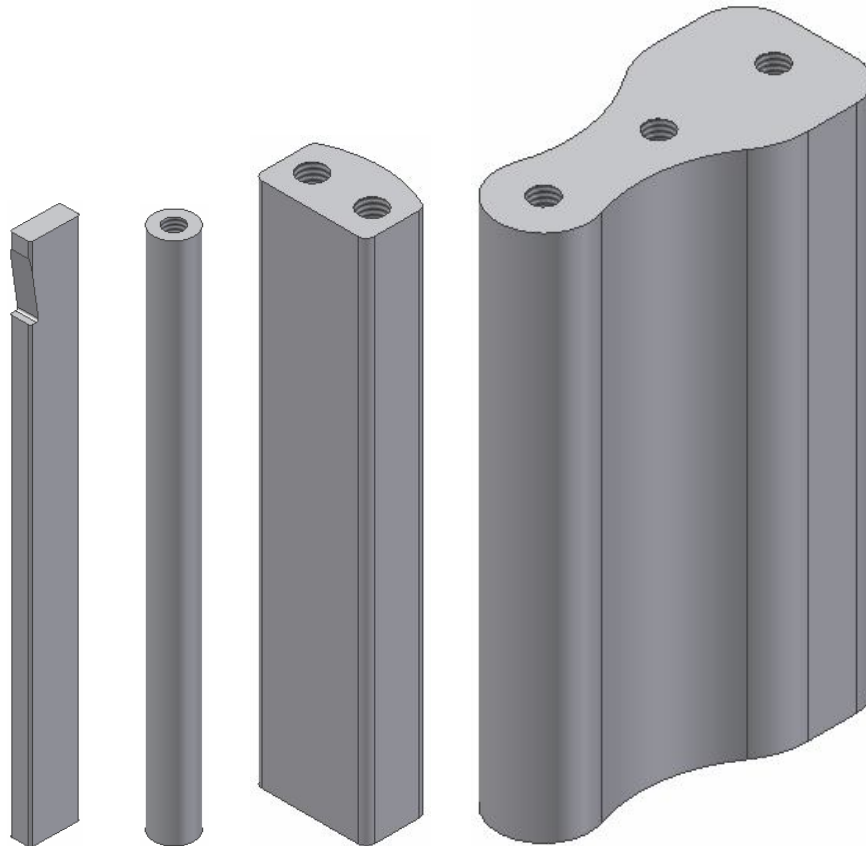
### 7.3.11 Vodicí lišty



Obr. 24. Vodicí lišty

Vodící lišty jsou z materiálu 19 312 a jsou kaleny na tvrdost 54-58 HRC. Tyto lišty jsou připevněny k desce střížnic pomocí šesti šroubů M6, pro něž jsou zde díry se zahloubením a vymezení je provedeno pomocí čtyř kolíků. Drážkami v těchto lištách je veden nástrojem plech.

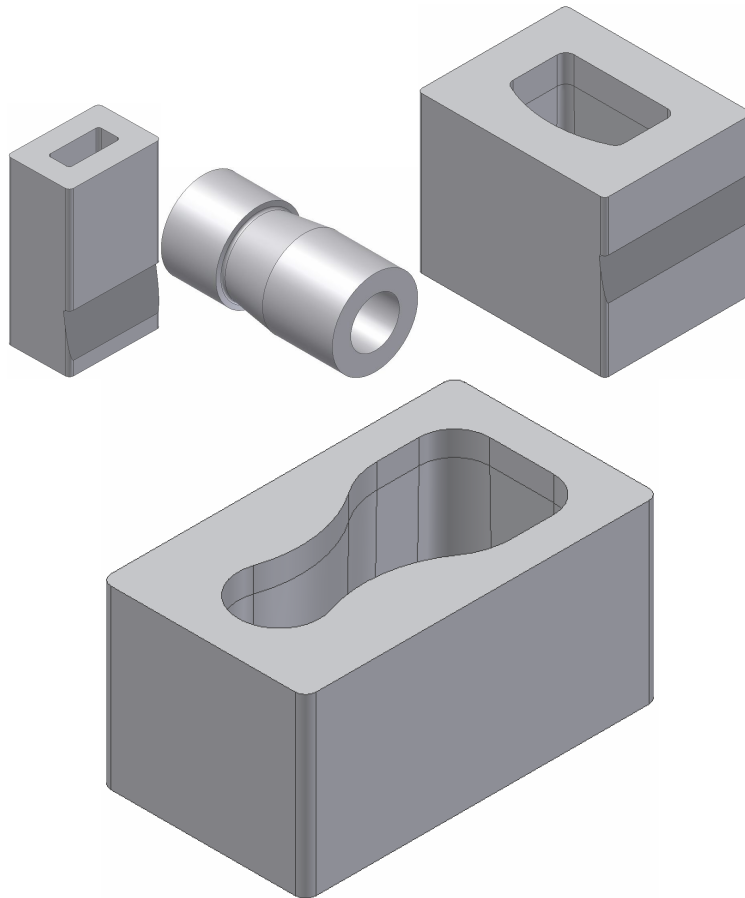
### 7.3.12 Střížníky



Obr. 25. Střížníky

Střížníky jsou vyrobeny z materiálu 19 436 a jsou kaleny na tvrdost 60-63 HRC. Jsou v nich závitové díry pro přichycení s deskou upínací. U dělicího střížníku je drážka, na níž bude doléhat šroub a tím dojde k jeho uchycení.

### 7.3.13 Střížnice

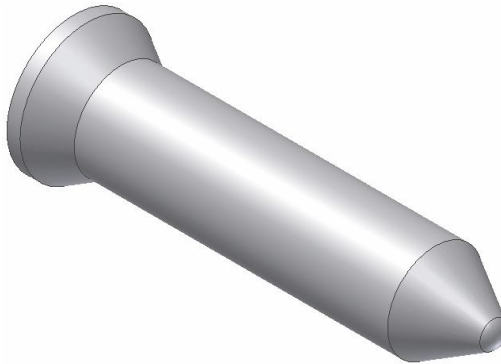


Obr. 26. Střížnice

Střížnice jsou vyrobeny z materiálu 19 437 a jsou kaleny na tvrdost 60-63 HRC. U střížnice obrysu jsou dvě závitové díry pro přichycení s deskou upínací. U zbylých tří je drážka (popř. zápich), na kterou bude doléhat šroub a tím dojde k jejich uchycení. Střížný otvor je do hloubky 7 mm, poté následuje odlehčení 1°. Střížnice jsou konstruovány jako vložky, jelikož opotřebování střížných hran není u všech střížnic stejné a každá střížnice potřebuje přebrousit v jiný okamžik. Tato konstrukce má také tu výhodu, že pokud by se vyráběla pouze jedna velká střížnice se všemi příčnými střížnými otvory a ve výrobě by se na ní něco nepodařilo vyrobit ve shodě s požadavkem, oprava by byla velmi složitá a nákladná, ne-li nemožná.



### 7.3.14 Hledáčky



Obr. 27. Hledáček

Hledáčky jsou z materiálu FIBRO 222.2.0560.071. Hledáčky jsou ukotveny v desce vodičí. Pomocí hledáček bude pás plechu přesně vystředěn a tím budou dodrženy vazby mezi jednotlivými rozměry výstřižku. Hledáčky jsou odpruženy a středění je prováděno kuželovou částí, aby nedocházelo ke kolizím jako to může nastat u hledáček, které se zasunují celé do předem vystřižené díry.

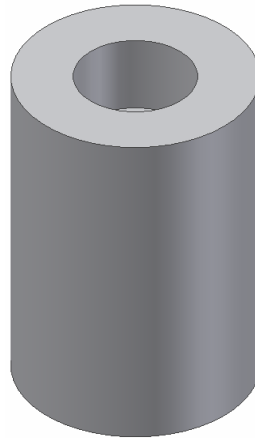
### 7.3.15 Upínací stopka



Obr. 28. Upínací stopka

Upínací stopka je z materiálu 19 312. Pomocí stopky je horní část nástroje přichycena k beranu lisu. Stopka je přišroubována k desce upínací. Jsou na ní vyfrézována vybrání pro klíč.

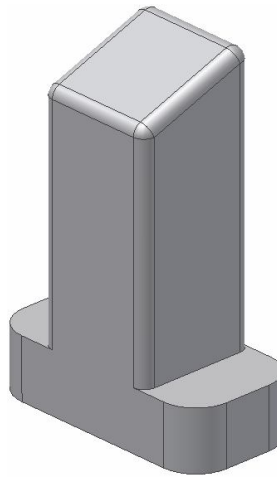
### 7.3.16 Doraz spodní



Obr. 29. Doraz spodní

Je vyroben z materiálu 19 312 a je kalen na tvrdost 54-58 HRC. Na tento doraz dosedá podpěrná deska při pohybu horní části nástroje směrem dolů. Díra se zahloubením slouží k přišroubování dorazu k desce střížnic.

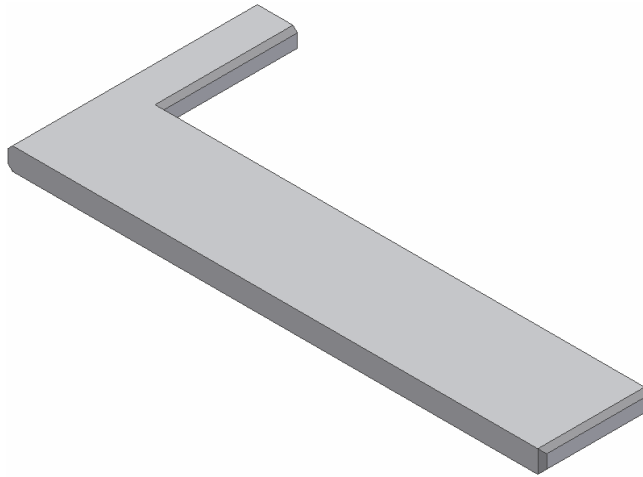
### 7.3.17 Krokový doraz



Obr. 30. Krokový doraz

Je vyroben z materiálu 19 312 a je kalen na tvrdost 54-58 HRC. Je uložen v desce střížnic. V prvním kroku je vystřížen otvor 28x18mm do něhož v kroku druhém doraz pomocí pružiny zaskočí.

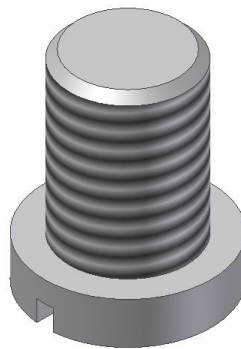
### 7.3.18 Zaváděcí doraz



Obr. 31. Zaváděcí doraz

Zaváděcí doraz slouží pouze při načínání nového pásu plechu, jelikož krokový doraz nemá ještě předem vystřižený otvor 28x18mm.

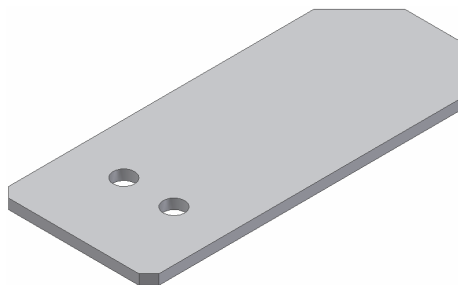
### 7.3.19 Šroub M14



Obr. 32. Šroub M14

Slouží jako zátka proti vypadnutí pružiny, která se nachází pod krokovým dorazem. Může mít také do jisté míry funkci seřizovací co do předpětí pružiny. Je vyroben z materiálu 11 373.

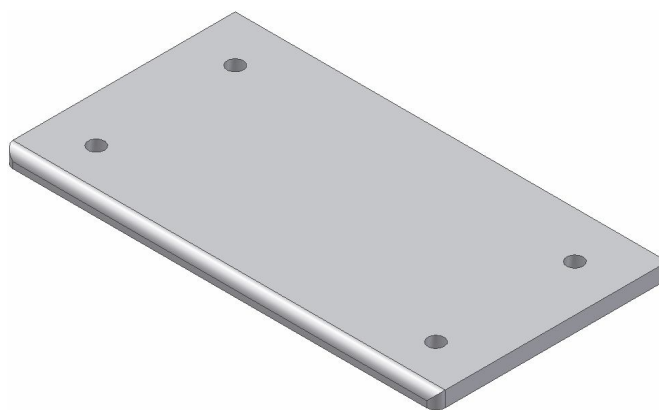
### 7.3.20 Plech seřizování



Obr. 33. Plech seřizování

Tento prvek je do nástroje zahrnut pro lepší seřizování. Je připevněn na podpěrné desce. Když obsluha lisu nastavuje hloubku kam mají střížníky zajet, podívá se na plech a na rysku, která je na desce kotevní a vidí v jaké hloubce se střížníky nacházejí. Má také funkci ochrany, protože u pružin je využit téměř maximální pracovní zdvih a tak nedojde k jejich nechtěnému poškození při dosednutí závitu na závit, když obsluha střížníky vysune do příliš velké hloubky. Je vyroben z materiálu 11 373.

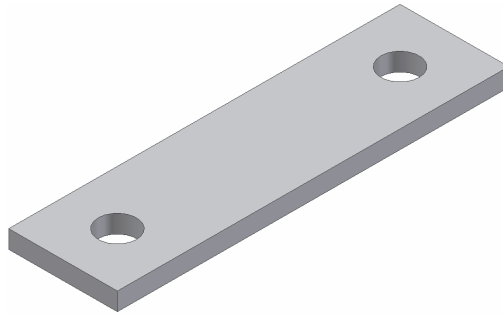
### 7.3.21 Podkladový plech



Obr. 34. Podkladový plech

Podkladový plech pouze jakoby nadstavuje desku střížnic, aby byl plech veden ještě před ní. Je připevněn k vodícím lištám. Je zde zaoblení, aby nedošlo k poškrábání pásu plechu. Je vyroben z materiálu 11 373.

### 7.3.2 Plech transport



Obr. 35. Plech transport

Tento plech se na nástroj připevní pouze tehdy, je-li nástroj přenášen jeřábem. Má pouze funkci spojení spodní a horní části nástroje. Je vyroben z materiálu 11 373.

## 8 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ STŘIŽNÉHO NÁSTROJE

Již při konstrukci nástroje by konstruktér měl nástroj vytvořit tak, aby zajišťoval jen potřebnou dávku výrobků. Skutečnost, že nástroj je schopen vyrábět ještě dále je ne vždy vítaným faktem, protože se to projeví i ve výši vynaložených prostředků na nástroj. Je tedy nutné střižné nástroje optimalizovat. Jedním z rozhodujících parametrů pro posouzení každé činnosti je stupeň jejich ekonomické účinnosti, tj. poměr hospodářského přínosu a vynaložených nákladů. Náklady na nástroj musí být v určitém poměru k požadovanému počtu kusů. Srovnáním nákladů na nástroj a na výrobu součásti různými technologiemi se zjistí, která z nich je výhodnější. [1]

Z tohoto vzorce se dá vypočítat kritické množství výstřížků zhotovené různými technologiemi. Nebere se však zřetel na údržbu strojů a nástrojů. [1]

$$K_m = \frac{N_2 - N_1}{N_{v1} - N_{v2}}$$

Kde:

$N_1$  ..... výrobní náklady na nástroj 1 [Kč]

$N_2$  ..... výrobní náklady na nástroj 2 [Kč]

$N_{v1}$  ..... výrobní nástroje na výstřížek 1 [Kč]

$N_{v2}$  ..... výrobní nástroje na výstřížek 2 [Kč]

Je-li celkový počet výstřížků menší než kritické množství, bude jednodušší metoda s nižšími náklady na nástroje. V opačném případě bude výhodné použít složitějšího nástroje. [1]

Nejmenší počet výstřížků  $n_2$ , pro který je účelné jeden druh nástroje nahradit druhým, se vypočítá ze vzorce [1]:

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{N_2 - N_1 \cdot \left(1 - \frac{N_{OP1}}{N_1}\right) - N_{S2}}{N_1 \cdot \frac{N_{OP1}}{N_1} + f_1 \cdot N_{O1} - \frac{N_{S2}}{\frac{h_2}{h_1}} \cdot (f_2 + 1)}$$

Kde:

$N_1, N_2$  ..... náklady na pořízení nástroje 1, 2 [Kč]

$N_{OP1}$  ..... náklady na opotřebené části nástroje 1 [Kč]

$N_{S2}$  ..... náklady na ostření a nové seřízení nástroje 2 [Kč]

$f_1, f_2$  ..... počet ostření nástroje 1, 2

$N_{O1}$  ..... náklady na jedno ostření nástroje 1 [Kč]

$h_1, h_2$  ..... předpokládaný koeficient životnosti nástroje 1, 2

Vypočítaná hodnota určuje nejmenší počet výstřížků, při kterém bude složitější nástroj hospodárný. [1]

Pro určení hodnoty nástrojových nákladů na výstřížek platí vzorec podle Witthoffa [1]:

$$N = \frac{N_Z - N_K + h \cdot N_O}{n_b \cdot (h + 1)}$$

Kde:

$N_Z$  .....pořizovací náklady nástroje [Kč]

$N_K$  ..... zbytkové náklady nástroje [Kč]

$n_b$  ..... počet výstřižků mezi dvěma broušeními nástroje

$h$  ..... životnost nástroje

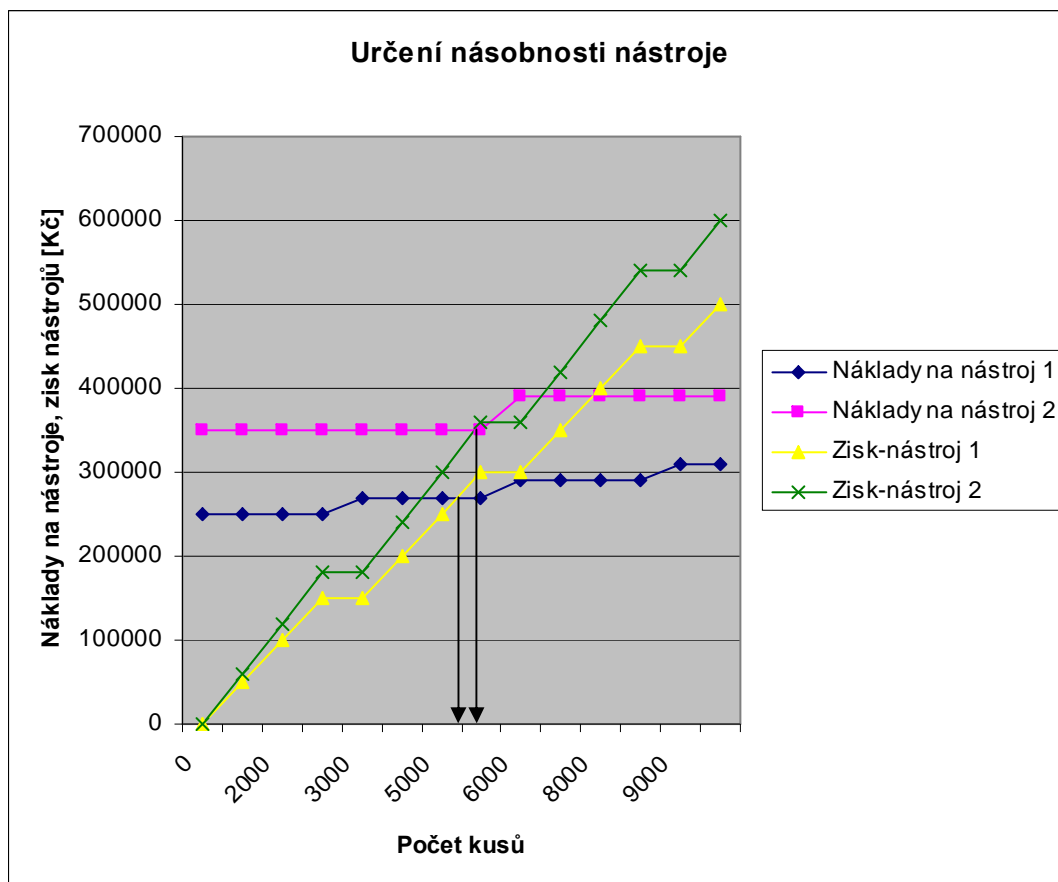
$N_o$  .....náklady na ostření nástroje [Kč]

Při výpočtech hospodárnosti nebo nákladů na nástroje se předpokládá jejich rovnoměrné opotřebení, bez poškození. Podle přesnosti hodnot dosažených do vzorců se může očekávat výsledek se stejnou přesností. [1]

Při ekonomickém hodnocení střížného nástroje pro otvírák lahví je třeba brát na vědomí fakt, že se jedná o nástroj pro reklamní předmět, tudíž ekonomické hodnocení není až tak podstatné, jako u výrobků se ziskem. U nástrojů tohoto typu se většinou požaduje co nejvyšší životnost.



Pouze pro ilustrativní představu byl zhotoven graf, který se často v praxi používá a dá se v něm vyčíst při jakém počtu výstřižků bude daný nástroj zaplacen. Tohoto typu analýzy se využívá v praxi především tehdy, rozhoduje-li se konstruktér, kolikanásobný nástroj bude, tj. kolik výrobků zhotoví na jeden zdvih.



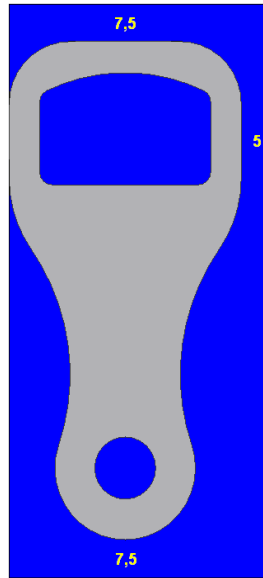
Obr. 36. Určení násobnosti nástroje

Počet kusů, při němž bude daný nástroj zaplacen se určí tak, že si najdeme průsečík přímky nákladů na nástroj a zisku daného nástroje. Tímto bodem proložíme přímku rovnoběžnou s osou „Náklady na nástroje, zisk nástroje“ a po protnutí přímky „Počet kusů“ získáme hledaný počet kusů, při kterém bude nástroj zaplacen. Do grafu se většinou dává více nástrojů a porovnává se, kdy je který nástroj zaplacen a rozhodne se o výsledné násobnosti nástroje.

## 8.1 Výpočet využití plechu

Výpočet využití plechu je počítán na svitek, ale i při použití tabule plechu by využití bylo téměř stejné.

Rozměry modrého obdélníku jsou 95mm x 43mm, plocha je tedy 4085mm<sup>2</sup>. Plocha výrobku byla určena konstrukčním programem a je 1603,86mm<sup>2</sup>.



Obr. 37. Využití plechu

$$Využití = \frac{S_V}{S_{PL}} \cdot 100$$

$$Využití = \frac{1603,86}{4085} \cdot 100\% = 39\%$$

Kde:

$S_V$  ... plocha výrobku [mm<sup>2</sup>]

$S_{PL}$  ... plocha plechu připadající na jeden výrobek [mm<sup>2</sup>]

Toto využití materiálu sice není příliš optimální, ale pokud se vezme v úvahu tvar výstřižku a poměrně jednoduchá konstrukce nástroje, tak je výsledek dostačující. Navíc se nejedná o nástroj pro obrovské série výrobků, ale o nástroj pro reklamní předmět, který bude vyrábět cca 5000 ks/rok. Využití by šlo nepatrně zvýšit použitím nástroje, kde se na jeden zdvih vystříhnou dva výrobky, které jsou v nestřižném plánu jakoby zrcadlově obráceny, ale tato úprava by nejen nástroj značně prodražila, ale bylo by také zapotřebí použít silnějšího lisu.

## 8.2 Ocenění jednotlivých součástí nástroje

Součást	Kusů	Cena [Kč]	Součást	Kusů	Cena [Kč]
Základní deska	1	9 899	Doraz spodní	4	410
Opěrná deska spodní	1	8 900	Červík	1	195
Deska střížnic	1	38 290	Střížnice otvor 28x18	1	4 420
Vodicí deska	1	19 200	Střížník díra 10	1	3 545
Podpěrná deska	1	25 300	Střížnice obrys	1	8 600
Kotevní deska	1	29 030	Střížnice dělení	2	4 300
Opěrná deska horní	1	6 200	Střížník otvor 28x18	1	6 130
Upínací deska	1	6 550	Střížník díra 10	1	899
Vodicí lišta přední	1	4 480	Střížník obrys	1	31 000
Vodicí lišta zadní	1	4 600	Střížník dělení	2	2 400
Podkladový plech	1	338	Hledáček	2	936
Upínací stopka	1	895	Plech seřízení	1	285
Zaváděcí doraz	1	2 400	Plech transport	4	340
Krokový doraz	1	3 590	Normálie a spoj. mat.	-	25 000

U součásti, která má více než jeden kus je cena za všechny kusy.

Tab. 11. Ocenění součástí nástroje

Cena celého nástroje činí cca 250 000 Kč.

## ZÁVĚR

Pro zadaný výrobek byl zkonstruován postupový střížný nástroj. Výrobek bude vyráběn v pěti krocích. Pátým krokem je dělení odpadního materiálu, jelikož nástroj může být zásobován i pásem plechu ze svitku a zde je dělení takřka nutné. Nástroj je konstruován i tak, aby pás mohla posouvat i obsluha lisu manuálně, pokud není lis vybaven podavačem svitků. To umožňuje zakomponovaný krokový doraz, který je možno v případě podávání automatického vyřadit odstraněním pružiny, která ho ovládá. Lis který potřebuje tento nástroj musí vyvinout sílu 1 200 kN. Velký důraz byl kladen na co možná neoptimálnější dimenzování rozměrů jednotlivých součástí nástroje, aby nedocházelo ke zbytečnému prodražování. Pro precizní vedení pohyblivých částí nástroje byly použity normálie firmy STRACK. Ty jsou také použity u uchycení pružin, konkrétně se jedná o podložky a trubku. Nástroj je konstruován tak, že na jeden zdvih vypadává jeden výrobek. Bylo uvažováno i o variantě, kde na jeden zdvih vypadávají výrobky dva. To by mělo za následek nepatrně větší využití pásu plechu, ale bylo by to na úkor dosti zvětšené ceně nástroje. Tato varianta však byla zavrhnuta z důvodu poměrně malého počtu vyráběných výrobků. Využití pásu plechu bráno na svitek je 39% a celková cena nového nástroje je cca 250 000 Kč.

V práci byl kladen velký důraz zejména na část konstrukční. Cílem bylo se vyvarovat obvyklých chyb spojených s konstrukcí střížných nástrojů jako jsou: nevhodné vedení střížníků, špatná volba materiálů a jejich výsledných tvrdostí u střížníků a střížnic což má u střížnic za následek vydrolování střížných hran a u střížníků otupování ostří, špatná volba stranových přídavek a můstků na pásu plechu. Také u spojování jednotlivých desek je kladen důraz na jejich snadnou a demontáž a hlavně snadný přístup ke šroubům, jelikož má nástroj poměrně velkou hmotnost 127 kg.

Vyhotoveny byly výkresy vodící lišty přední, střížnice pro díru průměru 10 mm, střížníku pro dělení odpadního materiálu, výkres výrobku po stříhání a výkres sestavy nástroje. Dále byly vytvořeny technologické postupy pro vodící lištu přední, střížnici pro díru průměru 10 mm a pro střížník pro dělení odpadního materiálu. Je přiložen i kusovník, kde je vidět volba materiálů a jejich tepelné zpracování pro jednotlivé součásti nástroje.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Bobčík, L. Střížné nástroje pro malosériovou výrobu. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983.  
216 s. 04-229-83
- [2] Srp, K. a kol. Základy lisování. 1. vyd. Praha: SNTL, 1965. 248 s. 04-239-65
- [3] Kejval, Z. Tváření plechu I. 2. vyd. Praha: SNTL, 1963. 100 s. 04-215-63
- [4] Kejval, Z. Tváření plechu II. 2. vyd. doplněné. Praha: SNTL, 1963. 112 s.  
04-206-63
- [5] Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P. Strojnické tabulky. 3. vyd. doplněné. Praha:  
Scientia, spol. s r.o., 2000. 985 s. ISBN 80-7183-164-6

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$A$	[J]	Střížná práce
$b, h$	[mm]	Strany obdélníku
$c_1$	[-]	Součinitel stírání
$c_2$	[-]	Součinitel protlačování
$d$	[mm]	Průměr střížníku
$\delta$	[%]	Tažnost
$E$	[MPa]	Modul pružnosti
$F$	[N]	Síla
$f_{1,2}$	[-]	Počet ostření nástroje 1,2
$F_L$	[N]	Síla lisu
$F_S$	[N]	Celková střížná síla
$F_{SC}$	[N]	Celková střížná síla bez koeficientu bezpečnosti 1,25
$F_{Si}$	[N]	Střížná síla pro vystřížení prvku $i$ bez koeficientu bezpečnosti 1,25
$F_{Smax}$	[N]	Maximální střížná síla
$F_{P(8,5)}$	[N]	Síla vyvozená pružinou při stlačení 8,5mm
$F_{PC}$	[N]	Síla vyvozená pružinami
$F_{PR}$	[N]	Protlačovací síla
$F_T$	[N]	Stírací síla
$F_{T1}$	[N]	Stírací síla, kterou musí vyvinout jedna pružina
$H$	[mm]	Tloušťka střížnice
$h$	[mm]	Stlačení pružiny, v ekonomickém hodnocení životnost nástroje [ks]
$h_{1,2}$	[-]	Předpokládaný koeficient životnosti nástroje 1,2

$h_{s1}$	[mm]	Hloubka vniku střížníku do materiálu
$I$	[mm <sup>4</sup> ]	Moment setrvačnosti
$i$	[-]	Počet úběrů, u sumy dolní mez [-]
$K$	[-]	Koeficient otupení břitu
$k$	[N/mm]	Tuhost pružiny
$K_A$	[mm]	Součinitel hloubky vtlačení střížníku
$K_m$	[ks]	Kritické množství výstřížků, zhotovené různými technologiemi
$k_s$	[MPa]	Střížný odpor
$l$	[mm]	Délka stříhu
$l_i$	[mm]	Délka stříhu prvku $i$
$l_k$	[mm]	Kritická délka střížníku
$m_1$	[-]	Normální střížná mezera
$m_2$	[-]	Malá střížná mezera
$n$	[1/min]	Otáčky, u sumy horní mez [-]
$n_2$	[ks]	Nejmenší počet výstřížků, pro který je účelné nahradit jeden druh nástroje druhým
$N$	[Kč]	Nástrojové náklady na výrobek
$N_{1,2}$	[Kč]	Výrobní náklady na nástroj 1, 2
$n_b$	[ks]	Počet výstřížků mezi dvěma broušenými nástroji
$N_K$	[Kč]	Zbytkové náklady nástroje
$N_O$	[Kč]	Náklady na ostření nástroje
$N_{O1}$	[Kč]	Náklady na jedno ostření nástroje 1
$N_{OP1}$	[Kč]	Náklady na opotřebované části nástroje 1

$N_{S2}$	[Kč]	Náklady na ostření a nové seřízení nástroje 2
$N_{V1,2}$	[Kč]	Výrobní náklady na výstřižek 1, 2
$N_Z$	[Kč]	Pořizovací náklady nástroje
$\mu$	[-]	Koeficient bezpečnosti
$P$	[W]	Střížný výkon
$\pi$	[-]	Ludolfovo číslo
$r$	[mm]	Poloměr otupení břitu
$S$	[mm <sup>2</sup> ]	Namáhaná plocha
$s$	[m/min]	Posuv
$S_V$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha výrobku
$S_{PL}$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha plechu připadající na jeden výrobek
$\sigma_{TL}$	[MPa]	Napětí v tlaku
$\sigma_{PS}$	[MPa]	Mez pevnosti ve stříhu
$\sigma_{PT}$	[MPa]	Mez pevnosti v tahu
$t$	[mm]	Tloušťka plechu, tloušťka stříhu, u výpočtu výkonu čas [s]
$T_{FS}$	[-]	Těžiště střížných sil
$T_{FSi}$	[-]	Těžiště střížné síly i
$T_{FP}$	[-]	Těžiště sil vyvozených pružinami
$\tau_O$	[MPa]	Tečné napětí v ohybu
$v$	[m/min]	Řezná rychlost
$x_i$	[mm]	Vzdálenost od počátku v ose x připadající těžišti i
$y_i$	[mm]	Vzdálenost od počátku v ose y připadající těžišti i
$x_T$	[mm]	Vzdálenost od počátku v ose x připadající umístění upínací stopky



---

$y_T$	[mm]	Vzdálenost od počátku v ose y připadající umístění upínací stopky
$x_{TFP}$	[mm]	Vzdálenost od počátku v ose x připadající těžišti sil vyvozených pružinami
$y_{TFP}$	[mm]	Vzdálenost od počátku v ose y připadající těžišti sil vyvozených pružinami
$x_{TFS}$	[mm]	Vzdálenost od počátku v ose x připadající těžišti střížných sil
$y_{TFS}$	[mm]	Vzdálenost od počátku v ose y připadající těžišti střížných sil

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Fáze stříhání (1., 2., 3.) .....	12
Obr. 2. Příklad střížných nástrojů .....	15
Obr. 3. Průběh střížné síly .....	18
Obr. 4. Nomogram pro určení střížné síly .....	20
Obr. 5. Nástřihové plány .....	25
Obr. 6. Výrobek .....	36
Obr. 7. Střížné hrany .....	37
Obr. 8. Nástřihový plán .....	40
Obr. 9. Odpad .....	40
Obr. 10. Těžiště střížných sil .....	43
Obr. 11. Sestava nástroje .....	46
Obr. 12. Spodní část nástroje – a .....	47
Obr. 13. Spodní část nástroje – b .....	47
Obr. 14. Horní část nástroje – a .....	48
Obr. 15. Horní část nástroje – b .....	48
Obr. 16. Základní deska .....	49
Obr. 17. Opěrná deska spodní .....	50
Obr. 18. Deska střížnic .....	50
Obr. 19. Vodicí deska .....	51
Obr. 20. Podpěrná deska .....	52
Obr. 21. Kotevní deska .....	53
Obr. 22. Opěrná deska horní .....	53
Obr. 23. Upínací deska .....	54
Obr. 24. Vodicí lišty .....	54
Obr. 25. Střížníky .....	55
Obr. 26. Střížnice .....	56
Obr. 27. Hledáček .....	57
Obr. 28. Upínací stopka .....	57
Obr. 29. Doraz spodní .....	58
Obr. 30. Krokový doraz .....	58
Obr. 31. Zaváděcí doraz .....	59

---

Obr. 32. Šroub M14 .....	59
Obr. 33. Plech seřízení .....	60
Obr. 34. Podkladový plech.....	60
Obr. 35. Plech transport.....	61
Obr. 36. Určení násobnosti nástroje .....	65
Obr. 37. Využití plechu.....	66

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Střížné operace .....	13
Tab. 2. Střížné odpory ocelí .....	17
Tab. 3. Střížné odpory neželezných materiálů .....	17
Tab. 4. Střížné odpory ostatních materiálů .....	18
Tab. 5. Součinitel hloubky vtlačení střížníku .....	22
Tab. 6. Součinitele stírání a protlačování .....	24
Tab. 7. Střížné vůle .....	24
Tab. 8. Stanovení šíře odpadu .....	26
Tab. 9. Výpočet střížníku .....	29
Tab. 10. Délky střížných hran .....	38
Tab. 11. Ocenění součástí nástroje .....	67

**SEZNAM PŘÍLOH**

P I	Technologický postup vodící lišty přední	
P II	Technologický postup střížnice otvor 10	
P III	Technologický postup střížníku dělení	
P IV	Výkres sestavy nástroje	BPMH-NO-000-S
P V	Kusovník nástroje	BPMH-NO-000-K
P VI	Výkres otvíráku	BPMH-NO-000-V
P VII	Výkres vodící lišty přední	BPMH-NO-009
P VIII	Výkres střížnice otvor 10	BPMH-NO-018
P IX	Výkres střížníku dělení	BPMH-NO-024

## P I: TECHNOLOGICKÝ POSTUP VODICÍ LIŠTY PŘEDNÍ

<b>Název součásti:</b>	Vodicí lišta přední	<b>Číslo výkresu:</b>	BPMH-NO-009				
<b>Materiál:</b>	19 312 (15x35x312)	<b>TÚ, PÚ:</b>	Kalit 54-58 HRC				
<b>Počet kusů:</b>	1	<b>Vypracoval:</b>	Holčák Marek				
<b>Obrázek součásti:</b>							
							
<b>Operace:</b>	1	<b>Stroj:</b>	Pila pásová BS 280 EM				
<b>Nářadí a pomůcky:</b>				<b>Výrobní podmínky:</b>			
<b>Měřidla:</b>	Svinovací metr, posuvné měřidlo			s	n	v	i
<b>Popis činnosti:</b>	Řezat na rozměr 15x35x312						
<b>Operace:</b>	2	<b>Stroj:</b>	Konzolová frézka univerzální FGS 25/32				
<b>Nářadí a pomůcky:</b>	Frézovací hlava O80, čepová fréza O32			<b>Výrobní podmínky:</b>			
<b>Měřidla:</b>	Posuvné měřidlo			s	n	v	i
<b>Popis činnosti:</b>	Upnout do svěráku, frézovat na rozměr 10,3-0,1x30,3-0,1x309,2 (fr. hl. O80 )			220	710		2
	Frézovat na rozměr 309,2 (č. f. O32)			60	180		2
<b>Operace:</b>	3	<b>Stroj:</b>	Ruční úprava				
<b>Nářadí a pomůcky:</b>	Škrabáky			<b>Výrobní podmínky:</b>			
<b>Měřidla:</b>				s	n	v	i
<b>Popis činnosti:</b>	Odstranit ostřiny po operaci 2						

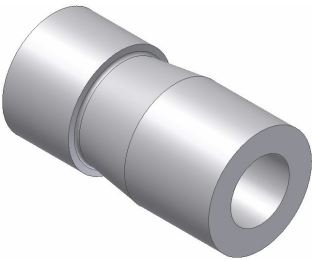
Operace:	4	Stroj:	CNC Frézka MCV 750					
Nářadí a pomůcky:	Frézovací hlava O20, navrtávák, vrták O4,2, vrták O6,3, fréza stopková O3,5, fréza stopková O 6, fréza stopková na srážení hran O8 (45°) (hvězdička)				Výrobní podmínky:			
Měřidla:	Posuvné měřidlo				s	n	v	i
Popis činnosti:	Frézovat dle programu				Dle programu			
Operace:	5	Stroj:	Ruční úprava					
Nářadí a pomůcky:	Škrabáky				Výrobní podmínky:			
Měřidla:					s	n	v	i
Popis činnosti:	Odstranit ostřiny po operaci 4							
Operace:	6	Stroj:	Závitořez MINITAP					
Nářadí a pomůcky:	Závitník M5-ISO 2				Výrobní podmínky:			
Měřidla:	Závitový kalibr M5-6H				s	n	v	i
Popis činnosti:	Řezat 2x závit M5							
Operace:	7	Stroj:	Kalírna					
Nářadí a pomůcky:					Výrobní podmínky:			
Měřidla:					s	n	v	i
Popis činnosti:	Kalit na 54-58 HRC ve vakuové peci							
Operace:	8	Stroj:	Bruska rovinná BPH 20					
Nářadí a pomůcky:	Brusný kotouč A98A60J9V O250x25x76				Výrobní podmínky:			
Měřidla:	Mikrometr, pasometr				úběr	n	v	

Popis činnosti:	Brousit na rozměr $10 \pm 0,05 \times 30 \pm 0,05$ , dobrousit rozměr $3,5 \pm 0,05 / 8 \pm 0,05$		0,03	2800	35m/s	
Operace:	9	Stroj:	Drátová řezačka ROBOFIL 510 /Charmiles/			
Nářadí a pomůcky:				Výrobní podmínky:		
Měřidla:	Kalibr O6H7		s	n	v	
Popis činnosti:	Řezat 2x otvor O6H7					
	Hrubovat generátorem E2				5mm/min	
	Hrubovat čistě generátorem E7				6,7mm/min	
	Dokončit rozměr generátorem E10				10mm/min	
Operace:	10	Stroj:	Oddělení technické kontroly			
Nářadí a pomůcky:				Výrobní podmínky:		
Měřidla:			s	n	v	i
Popis činnosti:	Kontrola konečná					

n [1/min] otáčky, s [m/min] posuv, v [m/min] řezná rychlost, i [-]



## P II: TECHNOLOGICKÝ POSTUP STŘIŽNICE OTVOR 10

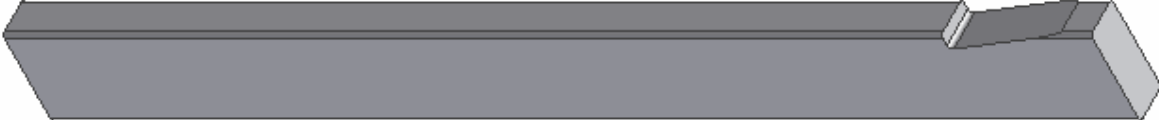
<b>Název součásti:</b>	Střížnice otvor 10	<b>Číslo výkresu:</b>	BPMH-NO-018				
<b>Materiál:</b>	19 437 (O25)	<b>TÚ, PÚ:</b>	Kalit 60-63 HRC				
<b>Počet kusů:</b>	1	<b>Vypracoval:</b>	Holčák Marek				
<b>Obrázek součásti:</b>							
							
<b>Operace:</b>	1	<b>Stroj:</b>	Pila pásová BS 280 EM				
<b>Nářadí a pomůcky:</b>				<b>Výrobní podmínky:</b>			
<b>Měřidla:</b>	Svinovací metr, posuvné měřidlo			s	n	v	i
<b>Popis činnosti:</b>	Řezat na délku 500						
<b>Operace:</b>	2	<b>Stroj:</b>	NC Soustruh MT 54 /Masturn/				
<b>Nářadí a pomůcky:</b>	Soustr. nůž Sandvik /trigon/, navrtávák, vrták O5, nůž upichovací			<b>Výrobní podmínky:</b>			
<b>Měřidla:</b>	Posuvné měřidlo			s	n	v	i
<b>Popis činnosti:</b>	Upnout do sklíčidla, zarovnat čelo, navrtat			0,04	2000		
	Vrtat otvor O5 v dl. 45			0,04	400		
	soustružit O20,3-0,1 dle výkresu se zhotovením R 0,5 do O17, srazit ostří			0,08	1600		2
	Předpíchnout se sražením hrany na O20,3, upíchnout na dl. 40,6-0,2			0,04	1000		
<b>Operace:</b>	3	<b>Stroj:</b>	Univerzální soustruh SV 18				

Nářadí a pomůcky:	Soustružnický nůž do děr uběrací			Výrobní podmínky:			
Měřidla:				s	n	v	i
Popis činnosti:	Upnout do sklíčidla, srazit ostří v otvoru				1400		
Operace:	4	Stroj:	Kalírna				
Nářadí a pomůcky:				Výrobní podmínky:			
Měřidla:				s	n	v	i
Popis činnosti:	Kalit na 60-63 HRC ve vakuové peci						
Operace:	5	Stroj:	Bruska na kulato BU 16 A				
Nářadí a pomůcky:	Brusný kotouč A98A60J9V O250x25x76			Výrobní podmínky:			
Měřidla:	Mikrometr, pasometr			úběr	n	v	
Popis činnosti:	Nasunout na trn, brousit O20h6			0,03	3050	40m/s	
Operace:	6	Stroj:	Bruska rovinná BPH 20				
Nářadí a pomůcky:	Brusný kotouč A98A60J9V O250x25x76			Výrobní podmínky:			
Měřidla:	Mikrometr,pasometr			úběr	n	v	
Popis činnosti:	Brousit čela na rozměr 40 ± 0,01			0,04	2800	35m/s	
Operace:	7	Stroj:	Drátová řezačka ROBOFIL 510 /Charmiles/				
Nářadí a pomůcky:				Výrobní podmínky:			
Měřidla:				s	n	v	
Popis činnosti:	Řezat otvor O10,24H6						
	Hrubovat generátorem E2					2,5mm/min	
	Hrubovat čistě generátorem E7					3,6mm/min	
	Dokončit rozměr generátorem E10					7,5mm/min	

	Řezat úkos 2°							
	Hrubovat generátorem E2					2,5mm/min		
	Dokončit generátorem E7					3,6mm/min		
Operace:	8	Stroj:	Oddělení technické kontroly					
Nářadí a pomůcky:					Výrobní podmínky:			
Měřidla:					s	n	v	i
Popis činnosti:	Kontrola konečná							

n [1/min] otáčky, s [m/min] posuv, v [m/min] řezná rychlost, i [-]

### P III: TECHNOLOGICKÝ POSTUP STŘIŽNÍKU DĚLENÍ

<b>Název součásti:</b>	Střížník dělení		<b>Číslo výkresu:</b>	BPMH-NO-024			
<b>Materiál:</b>	19 436 (5,2x15,3x500)		<b>TÚ, PÚ:</b>	Kalit 60-63 HRC			
<b>Počet kusů:</b>	2		<b>Vypracoval:</b>	Holčák Marek			
<b>Obrázek součásti:</b>							
							
<b>Operace:</b>	1	<b>Stroj:</b>	Pila pásová BS 280 EM				
<b>Nářadí a pomůcky:</b>				<b>Výrobní podmínky:</b>			
<b>Měřidla:</b>	Svinovací metr, posuvné měřidlo			s	n	v	i
<b>Popis činnosti:</b>	Řezat na délku 140						
<b>Operace:</b>	2	<b>Stroj:</b>	Konzolová frézka univerzální FGS 25/32				
<b>Nářadí a pomůcky:</b>	Frézovací hlava O32, fréza čepová O32, Nfr(R0,8) HSS, úhelník			<b>Výrobní podmínky:</b>			
<b>Měřidla:</b>	Posuvné měřidlo, rádiusová měrka nabroušená			s	n	v	i
<b>Popis činnosti:</b>	Upnout do svěráku 2 kusy, frézovat rozměr 12,2, frézovat rozměr 131,3			195	730		2
	Frézovat rádius R 0,8			80	700		1
<b>Operace:</b>	3	<b>Stroj:</b>	Ruční úprava				
<b>Nářadí a pomůcky:</b>	Škrabáky			<b>Výrobní podmínky:</b>			
<b>Měřidla:</b>				s	n	v	i
<b>Popis činnosti:</b>	Odstranit ostřiny po operaci 2						

Operace:	4	Stroj:	Kalírna				
Nářadí a pomůcky:				Výrobní podmínky:			
Měřidla:				s	n	v	i
Popis činnosti:	Kalit na 60-63 HRC ve vakuové peci						
Operace:	5	Stroj:	Bruska rovinná BPH 20				
Nářadí a pomůcky:	Brusný kotouč A98A40J9V O250x25x76			Výrobní podmínky:			
Měřidla:	Mikrometr, pasometr			úběr	n	v	
Popis činnosti:	Brousit na rozměr 5h6x12h6x131 ± 0,01			0,03	2800	35m/s	
Operace:	6	Stroj:	Drátová řezačka ROBOFIL 510 /Charmiles/				
Nářadí a pomůcky:				Výrobní podmínky:			
Měřidla:	Posuvné měřidlo			s	n	v	
Popis činnosti:	Řezat rozměr 20/2 pod úhlem 8° s R 0,5						
	Hrubovat generátorem E2					5mm/min	
	Dokončit rozměr generátorem E7					6,7mm/min	
Operace:	7	Stroj:	Oddělení technické kontroly				
Nářadí a pomůcky:				Výrobní podmínky:			
Měřidla:				s	n	v	i
Popis činnosti:	Kontrola konečná						

n [1/min] otáčky, s [m/min] posuv, v [m/min] řezná rychlost, i [-]