

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Stavba výrobních strojů a zařízení

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Okružní nůžky

Autor: **Ondřej LUKÁŠ**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jan HLAVÁČ, Ph.D.**

Akademický rok 2016/2017

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....  
**podpis autora**

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Doc. Ing. Janu Hlaváčovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Lukáš	<b>Jméno</b> Ondřej		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301R016 „Stavba výrobních strojů a zařízení“			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.	<b>Jméno</b> Jan		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Okružní nůžky			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2017
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	52	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	48	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	4
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Bakalářská práce se zabývá okružními nůžkami pro stříhání plechových kruhů. Teoretická část se zabývá poznatky o operaci stříhání. Praktická část se věnuje výpočtu střížné síly a ručním i softwarovým výpočtům namáhání držáku plechu.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	okružní nůžky, technologie plošného stříhání, držák plechu, střížná síla, upínací síla, namáhání držáku plechu

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Lukáš	<b>Name</b> Ondřej	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301R016 “Design of Manufacturing Machines an Equipment“		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.	<b>Name</b> Jan	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Circular shears		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2017
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	52	<b>TEXT PART</b>	48	<b>GRAPHICAL PART</b>	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b> TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	Bachelor thesis deals with the circular shears for cutting sheet metal ring. The teoretical part deals with the knowledge of cutting operation. The practical part devotes to calculating cutting force and manual and software calculating stress holder plate.
<b>KEY WORDS</b>	Circular shears, sheetmetal cutting, holder plate, cutting force, clamping force, stress holder plate

## Obsah

1	Úvod .....	10
2	Základní definice .....	11
2.1	Stříhání .....	12
2.2	Základní operace plošného stříhání .....	12
2.3	Rozdělení nůžek .....	13
3	Technologie plošného stříhání .....	14
3.1	Střížný proces .....	14
3.2	Kvalita střížné plochy .....	15
3.3	Zpevnění v okolí střížné plochy .....	16
3.4	Vliv rychlosti stříhání .....	17
3.5	Střížná vůle .....	18
3.6	Střížná síla a střížná práce .....	19
3.7	Stříhání profilů .....	21
4	Okružní nůžky .....	23
4.1	Popis okružních nůžek .....	23
4.2	Princip činnosti .....	24
4.3	Postup při práci na okružních nůžkách .....	24
5	Výpočet stříhu kotoučovými noži .....	25
6	Výpočet upínací síly .....	28
6.1	Pevnostní kontrola .....	29
7	Výpočet namáhání držáku plechu .....	31
7.1	Princip stanovení vnitřních silových účinků na vetknutém nosníku .....	31
7.2	Vnitřní silové účinky na držák plechu .....	33
7.3	Postup výpočtu pro oba profily .....	33
7.4	Profil I .....	34
7.4.1	Průřez A .....	34
7.4.2	Průřez B .....	35
7.4.3	Průřez C .....	36
7.5	Profil T .....	38
7.5.1	Průřez A .....	38
7.5.2	Průřez B .....	39
7.5.3	Průřez C .....	40
7.6	Závěr výpočtu namáhání .....	41
8	Výpočet držáku plechu pomocí MKP .....	42
8.1	Modelování .....	42

8.2	Síťování .....	42
8.3	Okrajové podmínky .....	43
8.4	Zatížení .....	44
8.5	Posunutí .....	44
8.6	Napětí.....	45
9	Závěr.....	46
10	Použitá literatura .....	47
Příloha 1 – BP1 – BC-2017-01-00-000 – Držák plechu		
Příloha 2 – BP2 – BC-2017-01-01-000 – Svařenec účko		

### Použité zkratky a symboly:

$S$	– plošný obsah	[mm <sup>2</sup> ]
$s$	– tloušťka materiálu	[mm]
$F_{stř}$	– střížná síla	[N]
$A$	– střížná práce	[J]
$\alpha$	– úhel, v němž působí střížná síla	[°]
$\tau_{ps}$	– mez pevnosti materiálu ve stříhu	[MPa]
$R_m$	– mez pevnosti materiálu v tahu	[MPa]
$\kappa$	– poměrná hloubka vniknutí břitu do materiálu v okamžiku vzniku trhliny	[-]
$L$	– celková délka stříhové čáry	[mm]
$D$	– průměr střížného kotouče	[mm]
$\Delta$	– přesah nožů	[mm]
$d$	– maximální stříhaný průměr plechu	[mm]
$z$	– střížná vůle	[mm]
$v_k$	– kritická rychlost	[m·s <sup>-1</sup> ]
$\varepsilon$	– poměrná deformace	[-]
$\rho$	– hustota stříhaného materiálu	[kg·m <sup>-3</sup> ]
$\sigma_k$	– okamžitá mez kluzu	[MPa]
$d$	– průměr plechu	[mm]
$C$	– součinitel pro určení střížné vůle	[-]
$F_p$	– síla přidržovače	[N]
$\beta$	– úhel natočení materiálu při stříhání	[°]
$\varphi$	– záběrový úhel plechu na noži	[°]
$\delta$	– šířka kotoučových nožů	[mm]
$F_o$	– obvodová síla	[N]
$F_u$	– upínací síla	[N]
$f_z$	– součinitel tření v závitu	[-]
$f_h$	– součinitel tření pod hlavou šroubu	[-]
$r$	– rameno, na kterém působí obvodová síla	[mm]
$d'$	– průměr závitu	[mm]
$d_2$	– střední průměr závitu	[mm]
$d_3$	– malý průměr závitu	[mm]
$S_j$	– průřez jádra šroubu	[mm <sup>2</sup> ]
$D_s$	– střední průměr plochy mezi hlavou šroubu a materiálem	[mm]
$M_z$	– moment v závitu	[N·mm]
$M_h$	– moment pod hlavou	[N·mm]
$L_m$	– délka matice	[mm]
$p_h$	– stoupání závitu	[mm]
$H_1$	– styková výška závitu	[mm]
$\sigma$	– úhel stoupání závitu	[°]
$\varphi'$	– třecí úhel	[°]
$k$	– bezpečnostní součinitel	[-]
$\sigma_{kt}$	– mez kluzu v tahu	[MPa]
$\sigma_{pt}$	– mez pevnosti v tahu	[MPa]

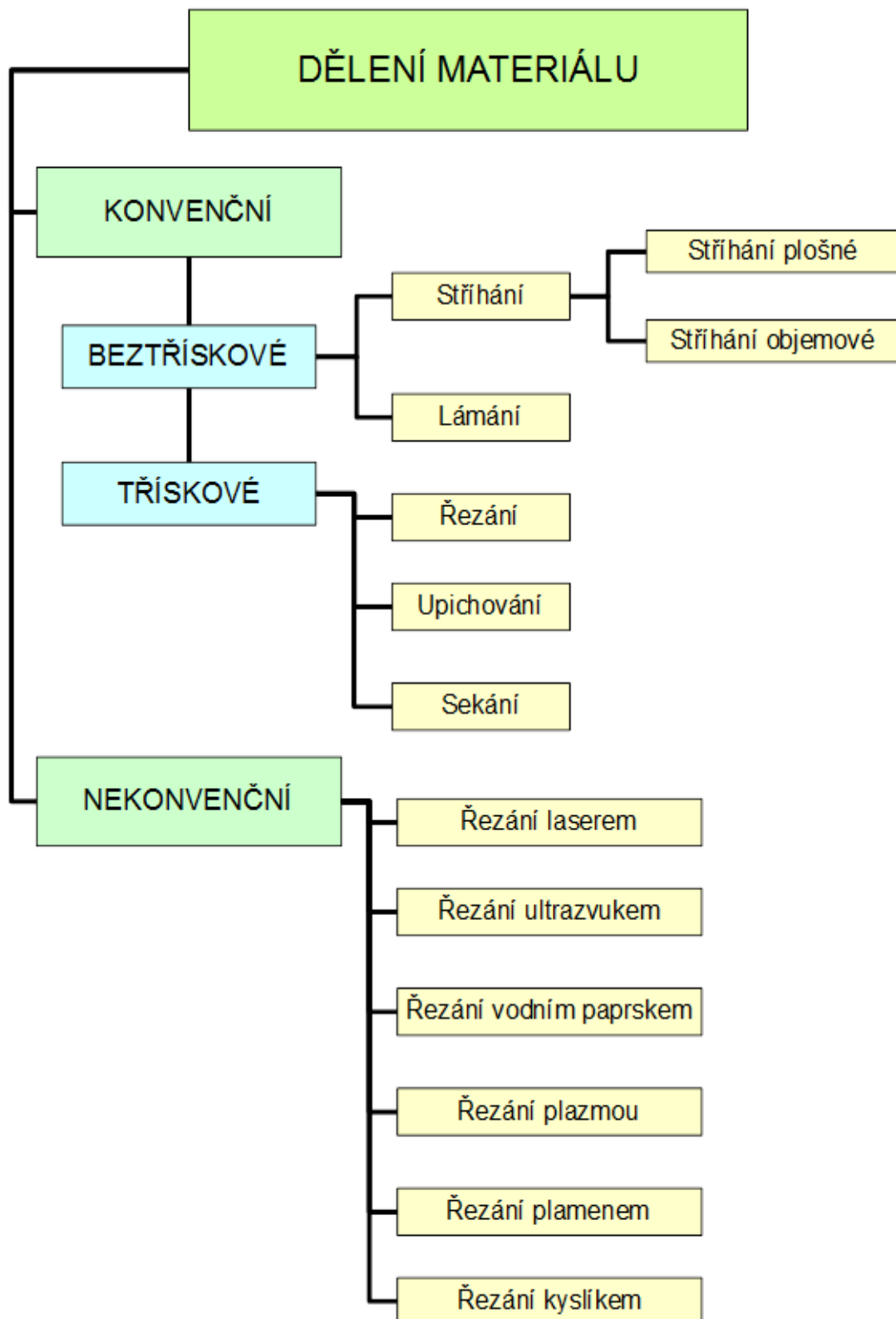


$\sigma_d$	-	namáhání v tlaku	[MPa]
$\sigma_t$	-	namáhání v tahu	[MPa]
$\tau_k$	-	namáhání v krutu	[MPa]
$\sigma_{red}$	-	redukované namáhání	[MPa]
$W_k$	-	modul průřezu v krutu	[mm <sup>3</sup> ]
$m$	-	hmotnost	[kg]
$F_1$	-	zatěžující síla horního ramene	[N]
$F_2$	-	zatěžující síla dolního ramene	[N]
$R_A$	-	reakce v bodě A	[N]
$M_A$	-	reakční moment v bodě A	[N.mm]
$M_o$	-	ohybový moment	[N.mm]
$y_T$	-	těžiště v ose y	[mm]
$J_{z_T}$	-	kvadratický moment k ose z	[mm <sup>4</sup> ]
$e_1$	-	vzdálenost nejkrajnějšího vlákna	[mm]
$W_o$	-	modul průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$\tau_s$	-	namáhání ve stříhu	[MPa]
$\sigma_o$	-	namáhání v ohybu	[MPa]
$\sigma_N$	-	normální namáhání	[MPa]

# 1 Úvod

Okružní nůžky patří mezi specifické stroje v oblasti stříhání. Hlavní operace spočívá v dělení materiálu, většinou tabulí či pásů plechu. Ty vstupují mezi dva proti sobě uložené kotouče ve tvaru kužele, které následně vykonají stříh. Slouží především k vystřihování kruhových a mezikruhových tvarů, ale lze je použít i k vystřihování tvarových dílů či k ostříhování okrajů nepravidelných výlisků, jako jsou např. jednotlivé díly karoserií. Jsou určeny pro plechy do tloušťky 10 mm a rychlosti stříhání až  $9,5 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ . Pohon je většinou zajištěn elektromotorem, ale u menších strojů může být i pohon ruční. Operace stříhání patří mezi plošné tváření, a proto se okružní nůžky řadí mezi stroje tvářecí.

## 2 Základní definice



## 2.1 Stříhání

*Proces, při němž je materiál oddělen smykovým namáháním. (1)*

***Stříhání plošné** - dělení plošného útvaru (plechů) podle uzavřeného a neuzavřeného obrysu při konstantní stříhané tloušťce (1)*

***Stříhání objemové** – dělení profilů podle neuzavřeného obrysu noži, které se míjejí při proměnné stříhané tloušťce (1)*

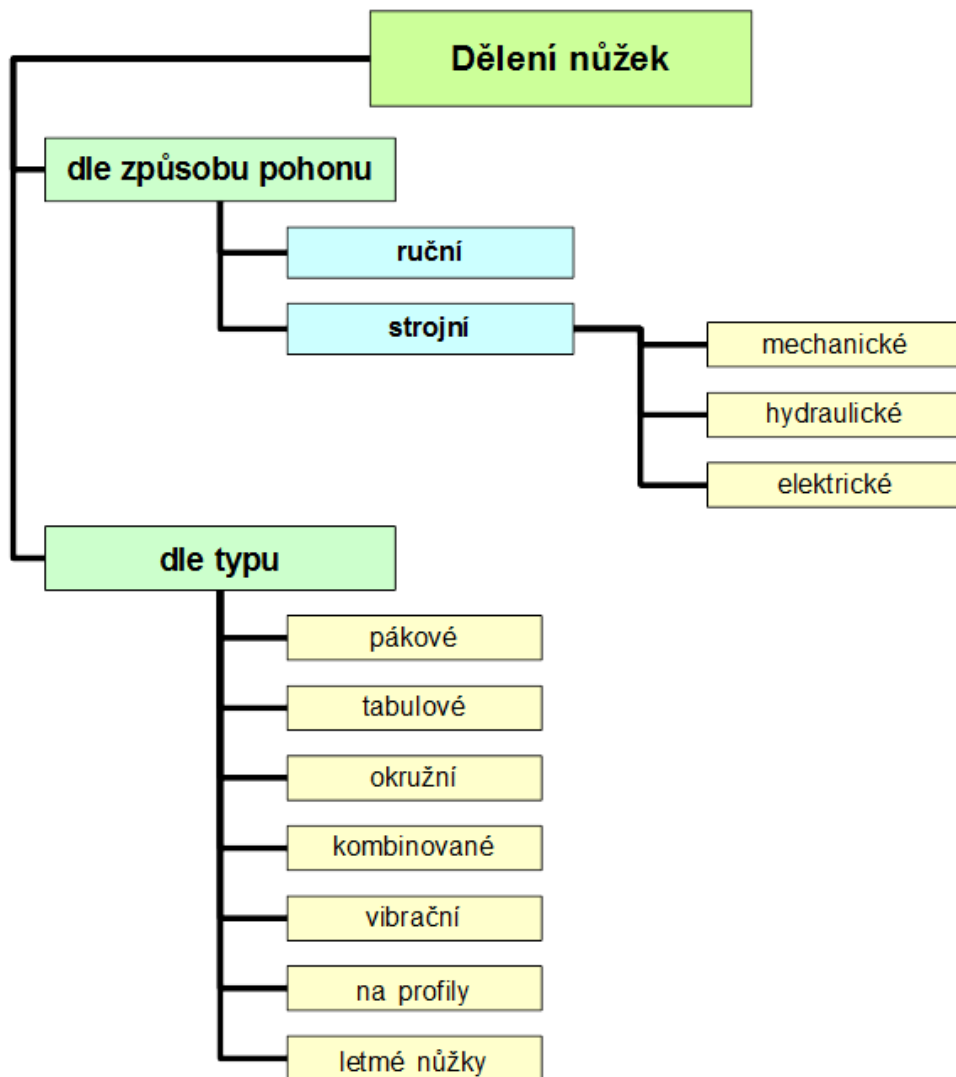
***Stříhání za studena** - jen pro měkčí oceli (do pevnosti 400 MPa) a nebo pro plechy (2)*

***Stříhání za tepla** - pro tvrdší a tlustší materiály při ohřevu asi na teplotu 700 °C (2)*

## 2.2 Základní operace plošného stříhání

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <i><b>prosté stříhání</b></i>     | – rozdělování materiálu (pásů, tabulí, tyčí), někdy též přestříhování                     |
| <i><b>děrování</b></i>            | – vytváření otvorů různých tvarů  |
| <i><b>vystříhování</b></i>        | – zhotovení výstřižku oddělením materiálu po uzavřeném obrysu, vystřižená část je výrobek |
| <i><b>vystříhování zářezů</b></i> | – oddělování částí v okraji, vystřižená část je odpad                                     |
| <i><b>přistříhování</b></i>       | – dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch                                    |
| <i><b>nastříhování</b></i>        | – částečné oddělení materiálu v okraji tak, že není úplně oddělen                         |
| <i><b>prostříhování</b></i>       | – částečné oddělení materiálu v libovolném tvaru uvnitř dílce                             |
| <i><b>protrhávání</b></i>         | – protržení materiálu pro vytvoření hrotů, otvorů   |
| <i><b>vysekávání</b></i>          | – oddělování materiálu výsečником na podložce,  |
| <i><b>ostříhování</b></i>         | – oddělování přebytečného materiálu   |
| <i><b>přesné stříhání</b></i>     | – dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch (3)                                |

## 2.3 Rozdělení nůžek



### 3 Technologie plošného stříhání

Čerpáno z literatury (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)

Na materiál musí působit vhodně upravené nože, aby došlo k oddělení v určeném místě a požadované kvalitě. Tyto požadavky jsou zajištěny, pokud jsou zachovány určité podmínky na nástroje, stroje, ale i obsluhu. Jsou to například podmínky ostří nožů, střížná vůle mezi noži, tuhost stroje, údržba stroje či dostatečně poučená obsluha se základními technologickými požadavky a parametry stroje a nástroje.

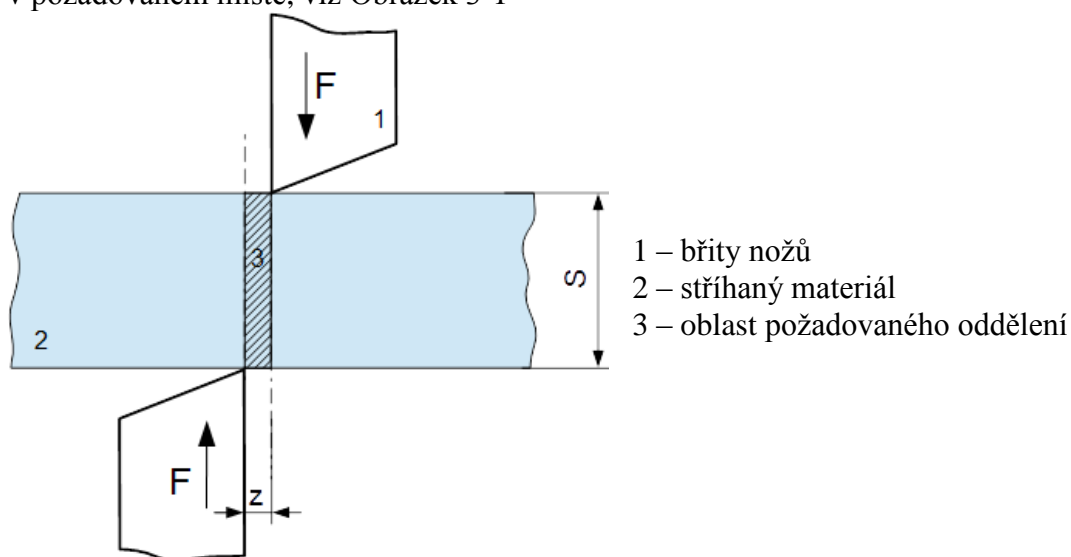
#### 3.1 Střížný proces

Čerpáno z literatury (1) (2)

Tento proces lze rozdělit do třech fází:

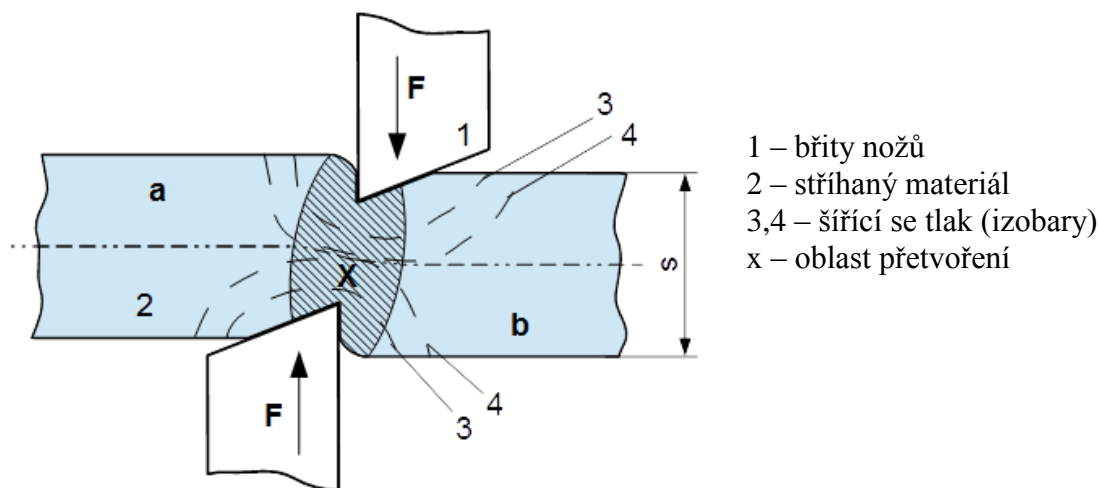
- 1) **Fáze pružné deformace** – pohybujeme se pod mezí kluzu, kdy nástroj působí na stříhaný materiál, ve kterém vzniká pružná deformace
- 2) **Fáze plastické deformace** – zde dochází k překročení meze kluzu stříhaného materiálu, zvyšuje se napětí až do meze pevnosti ve stříhu
- 3) **Fáze porušení** – po překročení meze pevnosti ve stříhu vznikají v materiálu trhlinky, díky kterým dojde k oddělení materiálů

Do stříhaného materiálu se postupně vtlačují břity nůžek tak, aby nastalo oddělení v požadovaném místě, viz Obrázek 3-1



Obrázek 3-1 - princip stříhání

Materiálem se od nožů začíná šířit tlak. Části a, b (viz obrázek 3-2) se vlivem působení nožů vůči sobě posouvají a vzniká tahové napětí. V oblasti x na obrázku 3-2 dochází při dalším postupu břitů k ohýbání a protahování vláken. To se bude dalším pohybem zmenšovat. Když se nože zatlačí do určité charakteristické hloubky pro stříhaný materiál, dojde u něj k porušení a vznikne první trhlinka v místě největšího smykového napětí. Nejčastěji se tato trhlinka objeví pod břitem nože. Dokončením pohybu břitů do dolní úvratě, vznikají další trhlinky až do úplného oddělení materiálu.



Obrázek 3-2 - Rozložení tlaků při stříhání (1)

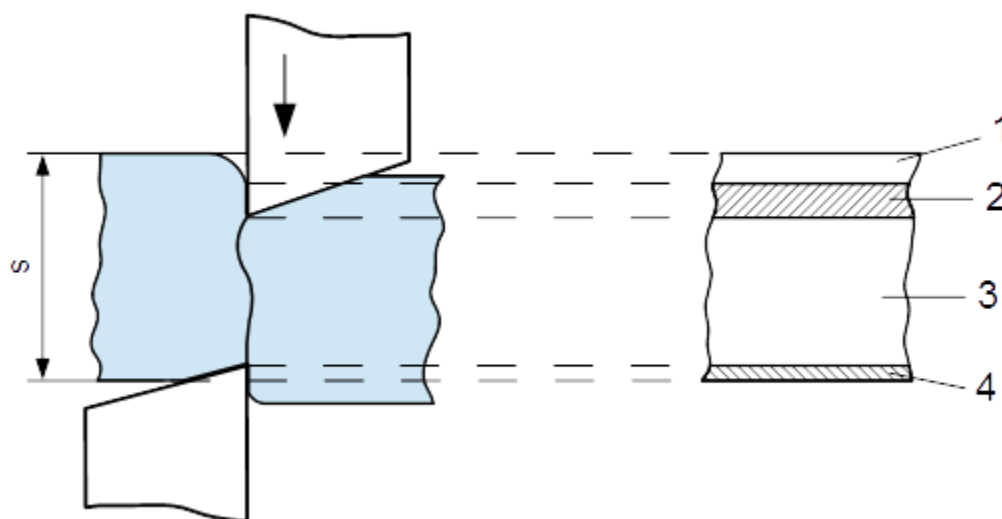
Rozložení tlaků je v materiálu při stříhání nerovnoměrné a způsobuje změnu prohnutí vláken. Stejným způsobem se mění i směr trhlinek, díky kterým se materiál odděluje, a tím vznikají různé tvary střížných ploch.

### 3.2 Kvalita střížné plochy

Čerpáno z literatury (1)

Střížnou plochou je označována taková plocha, která vznikne po tvářecí operaci stříhání. Lze ji můžeme dělit na čtyři části (obrázek 3-3) :

- 1 Zaoblení vstupní hrany
- 2 Zatlačení nože do vzniku trhliny
- 3 Vlastní střížná plocha
- 4 Zatlačení spodního nože do materiálu



Obrázek 3-3 - Kvalita střížné plochy (1)

Každá část je vyjádřena určitým procentem tloušťky plechu, které se liší podle stříhaného materiálu. Například u oceli 11 370.11 tloušťky  $s = 20,6$  mm byly naměřeny tyto hodnoty:

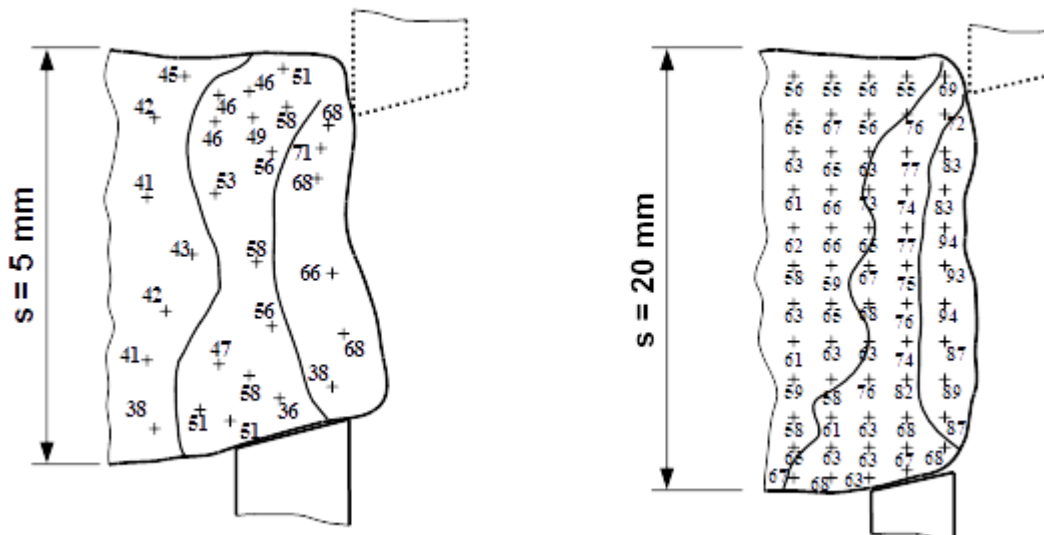
- Část 1 – 6 %  $s$
- Část 2 – 10 %  $s$
- Část 3 – 80 %  $s$
- Část 4 – 4 %  $s$  (1)

Největší oblast zabírá vlastní střížná plocha, která dosahuje u ocelí až 85% tloušťky. Kvalita stříhu je určována právě z této plochy. Od nožů se šíří trhliny, které se v materiálu potkají a vytvoří střížnou plochu. Občas se trhlinky nepotkají přímo a tím vznikne tříska či zátrh. Z hlediska tvářecí operace jsou třísky velmi nežádoucí, jelikož se mohou dostávat ve velkém množství k ostří nožů a působit tím nástroji problémy při dalším stříhání (např. při přesném vystřihování). Kvalitu lze ovlivnit různými parametry jako je střížná vůle, ostří nožů, rychlost stříhání nebo materiál, který chceme stříhat.

### 3.3 Zpevnění v okolí střížné plochy

Čerpáno z literatury (1)

Při stříhání dochází k deformaci materiálu a tím i úměrně k jeho zpevnění v okolí střížné plochy. Největších hodnot se dosahuje uprostřed plochy, v níž jsme materiál oddělili na dvě části. Na obrázku 3-4 jsou znázorněny zpevnění v okolí střížné plochy u nízkouhlíkových ocelí tloušťky plechu 5 mm a 20 mm vyjádřené hodnotou tvrdosti dle Vickerse.



Obrázek 3-4 - Rozložení zpevnění v okolí střížné plochy (1)

Takové zpevnění je nežádoucí při dalším tváření, např. ohýbání, při němž dochází ke vzniku výrazných trhlinek. Těmto trhlinkám lze předejít např. žiháním. Druhý a levnější způsob je obrobit malou zpevněnou vrstvičku střížné plochy, jejímž odstraněním bude materiál více tvárný a nebude docházet k tak výraznému porušení.



### 3.4 Vliv rychlosti stříhání

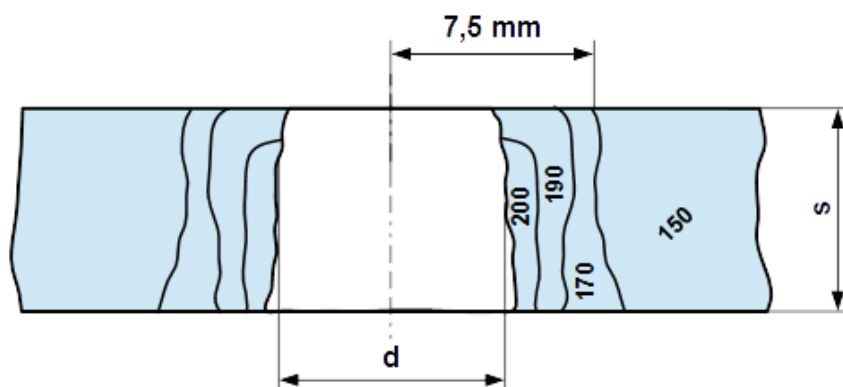
Čerpáno z literatury (1)

Vlivem vyšší rychlosti stříhání působíme na kvalitu a zpevnění střížné plochy, dále na velikost potřebné práce při operaci a životnost nástrojů.

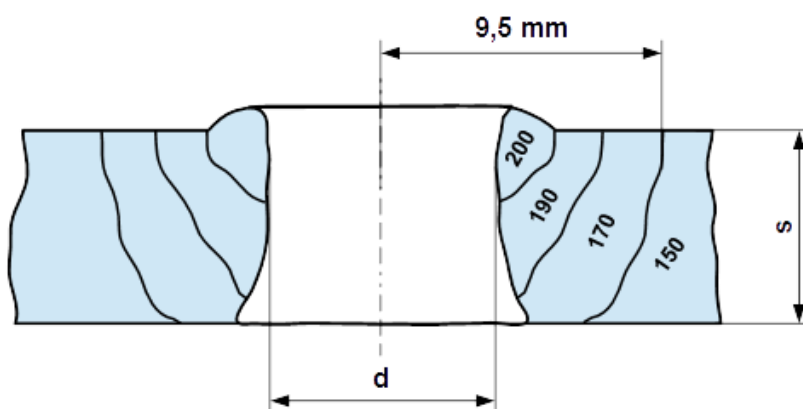
Při zvyšování rychlosti se v materiálu snižuje oblast, ve které dochází k přetvoření. To je výhodné u elektroplechů, kde se zlepšují elektrické vlastnosti. Avšak rychlosti se smí zvyšovat jen do určité hranice, která je dána takzvanou kritickou rychlostí. Při hodnotách nad kritickou rychlostí se materiál mění z houževnatého na křehký a zasažená oblast tvářením se bude naopak rozšiřovat. Hodnota kritické rychlosti pro ocel se udává od 50 do 150 m·s<sup>-1</sup>. A například pro operaci stříhání se vypočte ze vztahu:

$$v_k = \int_0^\varepsilon \sqrt{\frac{d \cdot \sigma_k}{\rho \cdot \varepsilon}} \cdot d\varepsilon \quad (1)$$

Na obrázku 3-5 a obrázku 3-6 je ukázka rozložení zpevnění v závislosti na rychlosti stříhání po operaci děrování. Hodnoty zpevnění jsou přepočteny na tvrdost dle Rockwella [HRC].



Obrázek 3-5 - Rozložení zpevnění při rychlosti nárazu 0,001 m/s (1)



Obrázek 3-6 - Rozložení zpevnění při rychlosti nárazu 330 m/s (1)

### 3.5 Střížná vůle

Čerpáno z literatury (7) (6) (1) (5) (3)

Střížná vůle je vzdálenost břitů, o kterou se při stříhání oba břity minou. Velikost této vůle se volí v závislosti na kvalitě střížné plochy, velikosti střížné síly či životnosti nástroje. Největšími faktory pro volbu střížné vůle jsou tloušťka materiálu a typ materiálu - přesněji pevnost materiálu ve stříhu. Díky těmto hodnotám můžeme střížnou vůli zvolit dle tabulky 3-1.

Materiál	Střížná vůle z [%]	
	do 2,5 mm	2,5 – 6 mm
měkká ocel	5	7-8
ocel středně tvrdá	6	6-8
ocel tvrdá	7-9	9-10
hliník	4-7	5-9
dural	7-8	7-10
měď měkká	4-5	5-6
měď polotvrdá	6-7	6-7
mosaz měkká	4-5	4-6
mosaz polotvrdá a tvrdá	5-6	5-7
papír, lepenka	2-3	3
fibr, textil	2-4	-

Tabulka 3-1- Velikost střížné vůle v závislosti na tloušťce stříhaného materiálu (7)

V případě, kdy nemáme stříhaný materiál v tabulce, lze použít následujících empirických vztahů:

pro plechy do  $s \leq 3$  mm:

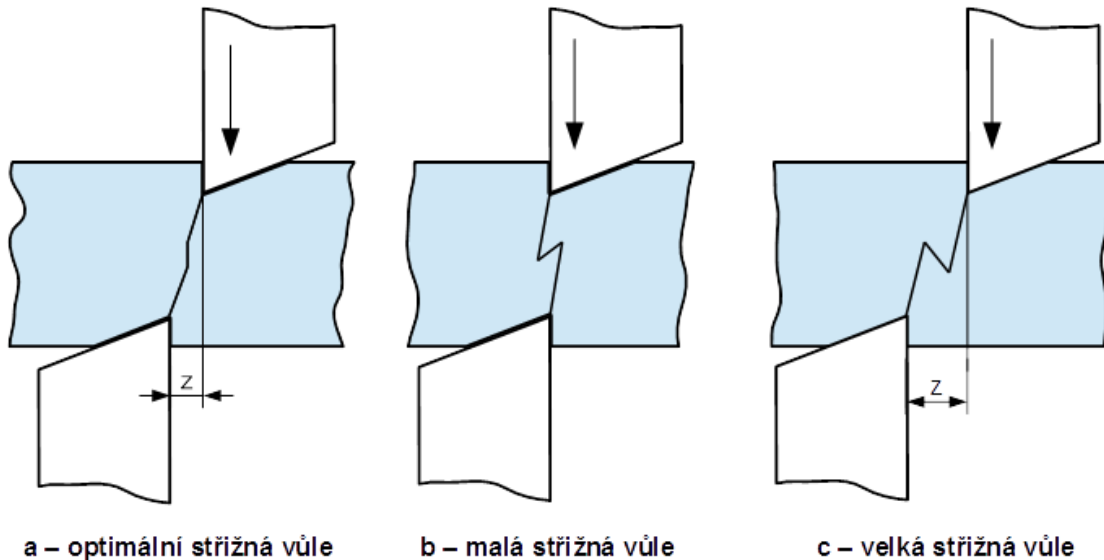
$$z = C \cdot s \cdot \sqrt{0,1\tau_{Ps}} \quad (3)$$

pro plechy  $s \geq 3$ mm:

$$z = (1,5 \cdot C \cdot s - 0,015) \cdot \sqrt{0,1\tau_{Ps}} \quad (3)$$

kde  $C$  je součinitel, jehož velikost se volí v rozmezí 0,005 až 0,035. Nižší hodnoty volíme, chceme-li získat lepší střížnou plochu. Vyšší hodnoty součinitele umožní dosáhnout minimální střížné síly. (1)

Při správném určení střížné vůle by měla vzniknout kvalitní střížná plocha při co nejmenší možné střížné síle. Na obrázku 3-7 je znázorněn vliv vůle na kvalitě střížné plochy. Při optimálním nastavení vůle se trhliny šířící od břitů potkají uprostřed stříhaného materiálu a vytvoří kvalitní plochu. Naopak při malé a velké vůli se trhliny míjejí, čímž dochází ve střížné ploše ke vzniku třisek a zátrhů.



Obrázek 3-7 – Kvalita střižné plochy v závislosti na střižné vůli

### 3.6 Střižná síla a střižná práce

Čerpáno z literatury (1) (4) (7)

Při stříhání působí na materiál dvojice sil, která nakloní plech ve směru momentu těchto sil o úhel  $\beta$ . Při tom se nože zatlačí do materiálu o hodnotu

$$\varepsilon = \kappa \cdot s \quad (1)$$

Úhel natočení se eliminuje pomocí přidržovače nebo pomocí sil působících na hřbety nožů viz obrázek 3-9. Tyto síly lze vyjádřit pomocí vztahů, které vychází z trojúhelníkového rozložení tlaků na hřbetu nožů, kde bude moment sil roven:

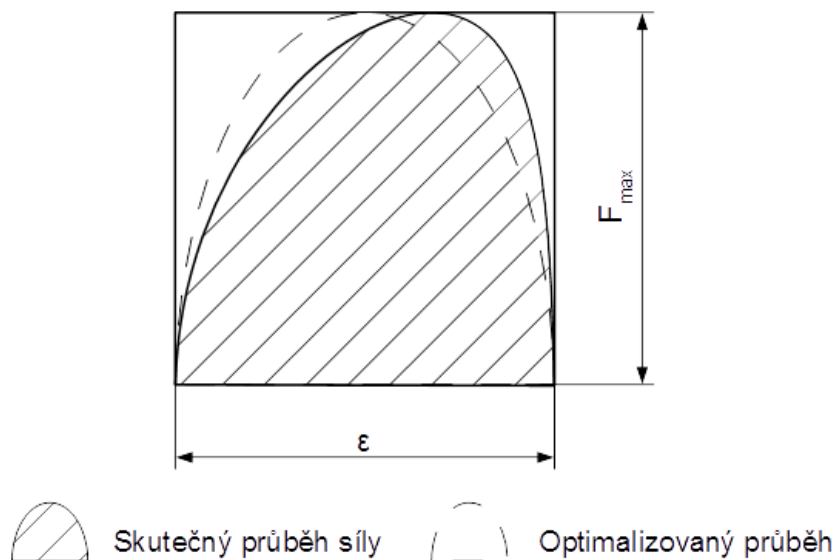
$$F \cdot a = T \cdot t \Rightarrow T = F \cdot \frac{a}{t} \quad (1)$$

Síla přidržovače se určí podobně:

$$F \cdot a = F_p \cdot p \Rightarrow F_p = F \cdot \frac{a}{p} \quad (1)$$

Při použití přidržovače jen na jedné straně vzniká vlivem ulomení odstřížku nekvalitní střižná plocha. Proto ke zlepšení kvality střižné plochy se musí využít přidržovače i na straně odstřížku.

Mechanické vlastnosti stříhaného materiálu, otupení nástroje či velikost střižné vůle jsou faktory, které přímo ovlivňují velikost střižné síly. Při stříhání síla roste do okamžiku, než se v materiálu vytvoří první trhlinka. Těsně před porušením materiálu dosáhne svého maxima. Poté síla začne klesat až na nulu, kdy se materiál zcela oddělí. U houževnatých materiálů po překročení meze kluzu až do meze pevnosti dochází při stříhu ke zpevnění, růstu střižného odporu a střižné síly. Naopak křehké materiály se poruší již při nepatrném vniknutí nožů do plechu. Velikost střižné síly lze snížit o 30 – 40 % pomocí zešíkmení střižných hran.



Obrázek 3-8 - Ukázka průběhu střížné síly paralelními noži

Střížná síla se obecně určí ze vztahu:

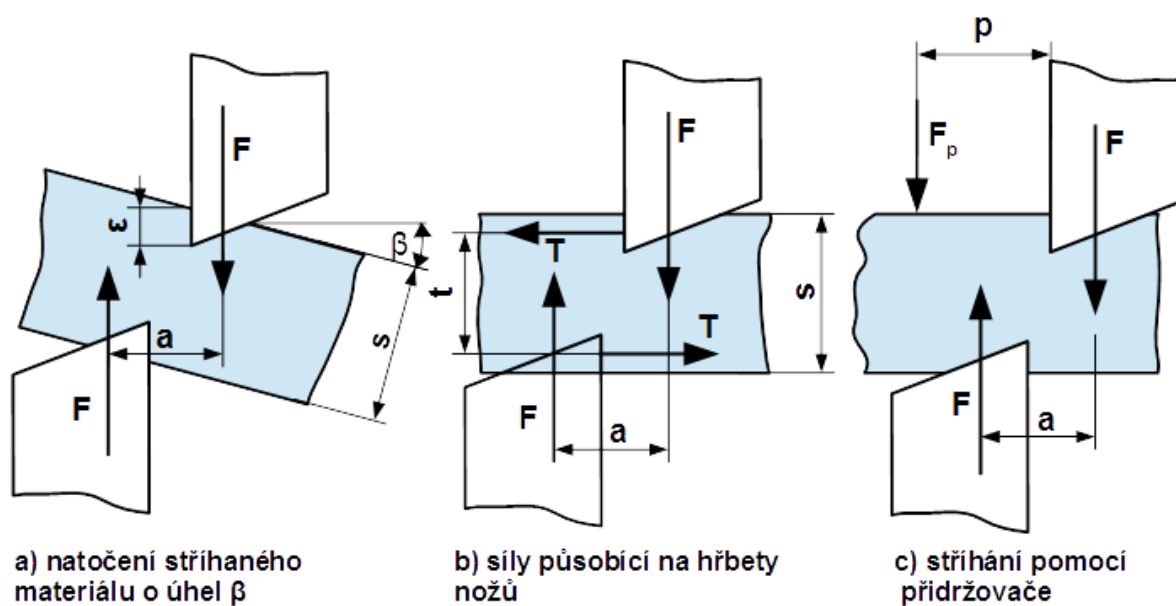
$$F_{stř} = S \cdot \tau_{PS} \quad (1)$$

kde

$$S = L \cdot s$$

pevnost ve stříhu lze najít v tabulkách pro různé materiály, nebo ji lze vypočítat dle známého vztahu:

$$\tau_{PS} = (0,75 \div 0,85) \cdot R_m$$



Obrázek 3-9 - Síly při stříhání (1)

Poté práce potřebná k ustřižení je dána jako integrál plochy pod čarou, znázorňující velikost střižné síly v závislosti na dráze viz obrázek 3-8. Pro skutečný průběh není matematické vyjádření funkce. Dostatečně přesné hodnoty potřebné práce dostaneme, nahradíme-li průběh síly eliptickou závislostí. Jedna poloosa elipsy je rovna velikosti střižné síly  $a = F_{stř}$ , druhá pak polovině hloubky zatlačení nože do materiálu  $b = \frac{\varepsilon}{2} = \frac{1}{2} \kappa s$ . Střižná práce je tedy: (1)

$$A = \frac{\pi}{2} ab = \frac{\pi}{4} \kappa s F_{stř}$$

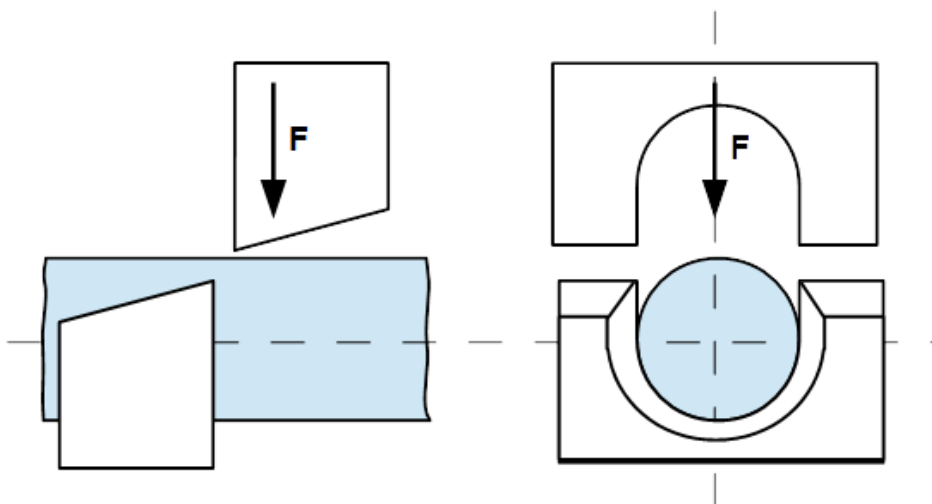
### 3.7 Stříhání profilů

Čerpáno z literatury (1) (8)

V tomto případě se jedná o stříhání objemové, kdy dochází k oddělování materiálu podle neuzavřeného obrysu nože, které se míjejí. Objemové stříhání dělíme na za studena a za tepla, které využíváme při zamezení vzniku trhlin na střižné ploše. Výhodou stříhání profilů je úspora materiálu, vysoká produktivita a nízké náklady. Podle zařízení se stříhání může dělit:

- Objemové stříhání na běžných lisech s otevřenými nebo uzavřenými noži
- Objemové stříhání na profilových nůžkách
- Objemové stříhání na automatech
- Přesné objemové stříhání na speciálních zařízeních

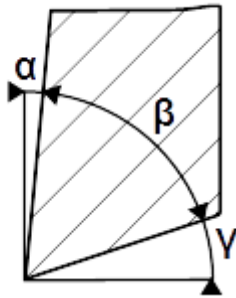
Mezi nejčastěji stříhané polotovary patří trubky, tyče, kruhové profily, čtvercové profily či „vingl“. U profilového stříhání by měla být stříhaná tloušťka v každém okamžiku téměř stále stejná. Proto se přizpůsobují tvary nožů stříhanému profilu, viz obrázek 3-10.



Obrázek 3-10 - Příklad stříhání kruhového profilu

Přesnost ústřížků je závislá na geometrii a tvaru nožů. Základní veličiny geometrického tvaru jsou znázorněny na obrázku 3-11. Úhel hřbetu  $\alpha$  se volí větší než  $1^\circ$ . Při menším úhlu  $\alpha$ , popř. při záporném úhlu, se kvalita střižné plochy zhoršuje a velikost střižné síly zvětšuje. Úhel čela  $\gamma$  se volí v rozmezí 0 až  $5^\circ$ . Při objemovém stříhání, např. kruhových tyčí, se mění tloušťka stříhaného materiálu. Z tohoto důvodu se tvary nožů konstruují s proměnlivou střižnou mezerou. Pro zlepšení kvality a kolmosti střižné plochy je důležitá

správná volba velikosti sklonu osy tyče. Tento úhel se pohybuje okolo 0 až 9° od původní polohy tyče. U nástroje se volí úhel sklonu osy tyče 3,5° s možností regulovat vodítka v rozmezí  $\pm 1^\circ$  podle druhu materiálu. (1)



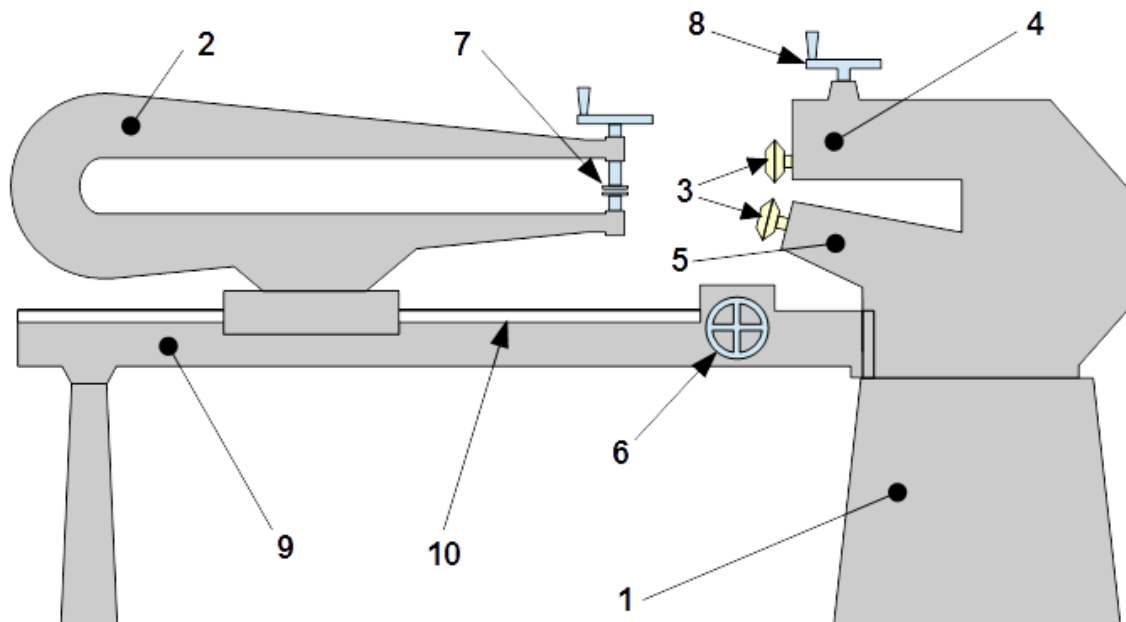
- $\alpha$  – úhel hřbetu
- $\beta$  – úhel břitu
- $\gamma$  – úhel čela
- $\delta$  – úhel stříhu =  $\alpha + \beta + \gamma$

Obrázek 3-11- Geometrie nože

## 4 Okružní nůžky

Čerpáno z literatury (9)

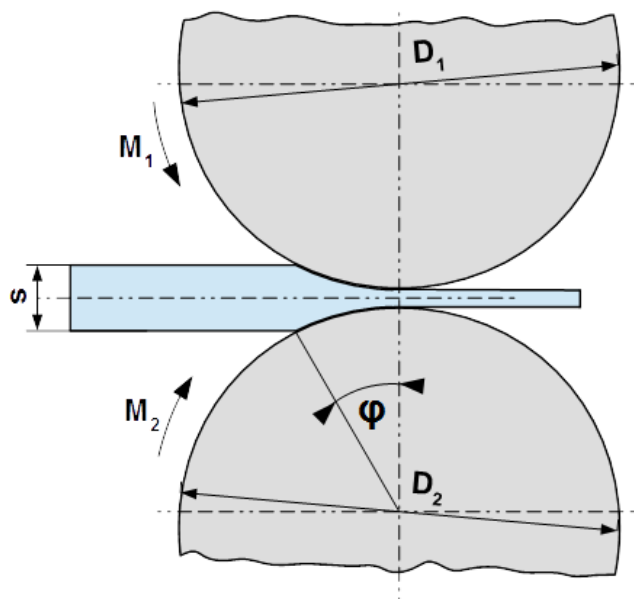
### 4.1 Popis okružních nůžek



Obrázek 4-1- Schéma okružních nůžek

1 – litý stojan; 2 – držák plechu; 3 – kruhové nože; 4 – horní vřeteník; 5 – spodní vřeteník;  
6 – posuv držáku plechu; 7 – přítlak plechu; 8 – posuv horního nože do řezu; 9 – nástavec  
stojanu; 10 – lože

Okružní nůžky se skládají z litého stojanu a nástavce. Po vedení nástavce se díky pohybovému šroubu posouvá držák plechu. Pomocí tohoto systému držák umožňuje přesné nastavení plechu na stříhaný průměr. Plech se upevňuje přítlakem, pomocí metrického závitu přes tlačné kotouče. Uvnitř stojanu (viz obrázek 4-1 část 1) je upevněn pohon spodního vřetena, které je uloženo šikmo. Horní vřeteno je uloženo horizontálně a na jejich konce se upínají kruhové nože. S oběma vřeteny lze posouvat vertikálně. To zajišťuje plynulý přísuv do stříhu či přesné nastavení nožů po ostření. Pohon je zajištěn většinou elektromotorem s dvojstupňovou řemenicí, ze které je moment od motoru k vřetenu převeden pomocí klínových řemenů, setrvačniku a ozubených kol. Okružní nůžky se spouští spínačem a ovládají se pomocí ručních koleček, viz obrázek 4-1.



Obrázek 4-2 – Postupné stříhání plechu kotoučovými noži o úhel  $\varphi$

## 4.2 Princip činnosti

Materiál se otáčí pomocí břitů nůžek, které jsou v něm zamáčknuty na úhel  $\varphi$ . Tento úhel je označován jako záběrový a vtahuje materiál mezi nože. Břity jsou obsluhou přitlačovány do stříhu tak, aby vykonávaly co nejkvalitnější stříh. V zásadě musí být dodrženo rozmezí úhlu  $\varphi$  ( $10^\circ - 15^\circ$ ), aby se materiál stále otáčel a docházelo ke stříhu. Každou otáčkou materiálu se nůžky postupně dostávají k sobě blíž, dokud se výstřížek zcela neoddělí.

## 4.3 Postup při práci na okružních nůžkách

- 1) Vystředění a upnutí plechu
- 2) Nastavení držáku na požadovaný průměr
- 3) Přísuv nožů k materiálu
- 4) Spuštění stroje
- 5) Přísuv nožů do stříhu
- 6) Postupné stříhání v závislosti na úhlu  $\varphi$
- 7) Dokončení stříhu
- 8) Odjetí s noži
- 9) Vypnutí stroje
- 10) Vyjmutí výstřížku
- 11) Úklid pracoviště



## 5 Výpočet stříhu kotoučovými noži

Použitá literatura (1) (10)

Střížnou sílu lze stanovit dvěma způsoby. Obecně je střížná síla stanovena jako plocha násobená mezi pevnosti ve stříhu. Aby bylo možné určit stříhanou plochu, je potřeba vypočítat přesah kotoučů a záběrový úhel. Tento úhel udává, v jakém místě střížná síla působí, viz obrázek 5-1. Poté se odečte mez pevnosti ve stříhu pro daný materiál a dosadí do vzorce pro sílu. Druhý způsob výpočtu je pomocí koeficientů. Výpočtář si zvolí hodnotu koeficientu z daného rozsahu a dopočte sílu. Dále lze určit práci, kterou vykonají nůžky na jednu otáčku plechu. Tato práce se stanoví pomocí délky stříhané kružnice a síly ve směru pohybu plechu, která vychází z předpokladu rovnosti momentů střížných kotoučů.

**Tabulka 5-1 - Požadované parametry na stříhaný materiál**

Požadované vlastnosti	$R_m$ [MPa]	s [mm]	d [mm]
Hodnoty	392	6	1600

**Tabulka 5-2 - Parametry zvoleného materiálu**

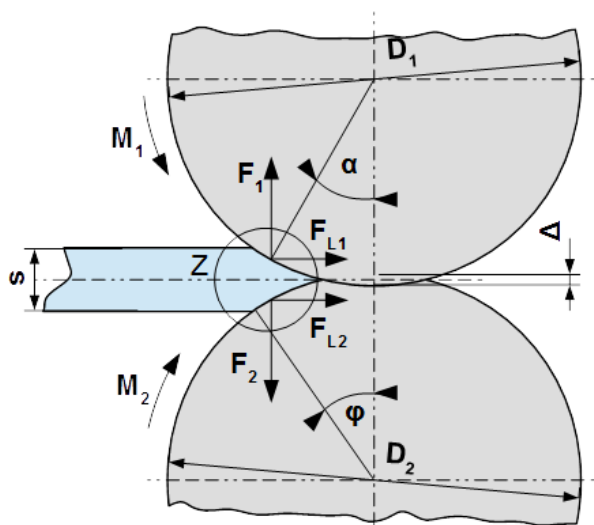
Parametry zvoleného materiálu	$R_m$ [MPa]	$\tau_{ps}$ [MPa]	$D_1 = D_2 = D$ [mm]	s [mm]	$\kappa$ [-]	$\varphi$ [°]
Hodnoty	340 – 400	290 – 400	80	6	0,2 – 0,4	10 – 15

**Tabulka 5-3 - Vysvětlivky použitých veličin**

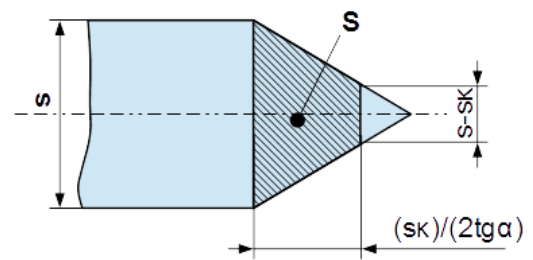
Vysvětlivky	
Mez pevnosti v tahu	$R_m$
Mez pevnosti ve stříhu	$\tau_{ps}$
Průměr střížných kotoučů	D
Tloušťka materiálu	s
Maximální stříhaný průměr plechu	d
Záběrový úhel plechu na noži	$\varphi$
Úhel, v němž působí střížná síla	$\alpha$
Přesah nožů	$\Delta$
Poměrná hloubka vniknutí břitu do materiálu	$\kappa$

S klesajícím záběrovým úhlem plechu na noži  $\varphi$  bude přesah nožů menší (respektive záporně větší). Díky tomu se bude zmenšovat úhel  $\alpha$  a začne růst střížná síla. Výpočet je řešen průměrnými hodnotami.

⇒ Pro co nejmenší namáhání nástroje (co nejmenší střížnou sílu), je zapotřebí se úhlem  $\varphi$  pohybovat okolo 15°. Tím zvýšíme úhel  $\alpha$  a snížíme střížnou sílu.



Obrázek 5-2- Schéma stříhu kotoučovými noži



Obrázek 5-1-Detail Z obrázku 5-1

### Šířka kotoučových nožů (1):

Šířka bývá většinou (6 – 10) % průměru kotoučových nožů

$$\check{s} = 0,1 \cdot D$$

$$\check{s} = 0,1 \cdot 80 = \mathbf{8 \text{ mm}}$$

### Výpočet přesahu nožů $\Delta$ (10):

$$D = \frac{s + \Delta}{1 - \cos\varphi}$$

$$\Delta = D \cdot (1 - \cos\varphi) - s$$

$$\Delta = 80 \cdot (1 - \cos 13) - 6 = \mathbf{-3,95 \text{ mm}}$$

### Výpočet úhlu $\alpha$ (1):

$$\cos\alpha = \frac{D - s(1 - \kappa) - \Delta}{D}$$

$$\cos\alpha = \frac{80 - 6(1 - 0,3) + 3,95}{80} \Rightarrow \alpha = \mathbf{4,53^\circ}$$

### Výpočet plochy, která má být právě oddělena (1):

$$S = \frac{s + (s - s\kappa)}{2} \cdot \frac{s\kappa}{2\text{tg}\alpha} = (2\kappa - \kappa^2) \frac{s^2}{4\text{tg}\alpha}$$

$$S = (2 \cdot 0,3 - 0,3^2) \frac{6^2}{4 \operatorname{tg} 4,53^\circ} = 57,93 \text{ mm}^2$$

**Výpočet střížné síly pomocí S (1):**

$$F_{střS} = S \cdot \tau_{ps}$$

$$F_{střS} = 57,93 \cdot 400 = 23\,172 \text{ N}$$

**Výpočet střížné síly pomocí koeficientů (1):**

$$F_{střK} = (0,33 \div 0,8) \cdot \frac{s^2 \cdot \tau_{ps}}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

$$F_{střK} = (0,55) \cdot \frac{6^2 \cdot 400}{2 \cdot \operatorname{tg} 4,53} = 49\,982 \text{ N}$$

**Určení síly ve směru pohybu plechu pomocí  $F_{střS}$  a  $F_{střK}$  (1):**

za předpokladu, že  $r_1 = r_2$ , bude i  $M_1 = M_2 \Rightarrow F_1 = F_{stř}$

$$M_1 = F_1 \cdot r_1 \cdot \sin \alpha = F_{L1} \cdot r_1 \cdot \cos \alpha$$

$$F_{L1S} = F_{střS} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 23\,172 \cdot \operatorname{tg} 4,53^\circ = 1836 \text{ N}$$

$$F_{L1K} = F_{střK} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 49\,982 \cdot \operatorname{tg} 4,53^\circ = 3960 \text{ N}$$

**Délka stříhu na jednu otáčku plechu:**

$$L = \pi \cdot d$$

$$L = \pi \cdot 1600 = 5027 \text{ mm}$$

**Práce vykonaná na jednu otáčku plechu pomocí  $F_{střS}$  a  $F_{střK}$  (1):**

$$A = 2 \cdot F_L \cdot L = 2 \cdot F_{stř} \cdot L \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$A_S = 2 \cdot 23172 \cdot 5,027 \cdot \operatorname{tg} 4,53^\circ = 18\,458 \text{ J}$$

$$A_K = 2 \cdot 49982 \cdot 5,027 \cdot \operatorname{tg} 4,53^\circ = 39\,814 \text{ J}$$

**Z jednotlivých výpočtů je patrné, že se výsledky střížné síly velice liší. Proto při dalších výpočtech bude uvažována největší hodnota této síly.**

## 6 Výpočet upínací síly

Čerpáno z literatury (11)

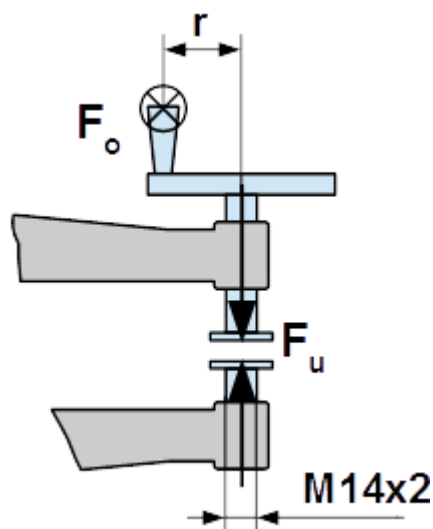
Upnutí plechu je realizováno pomocí metrického závitu M14x2, díky kterému dojde k přitlaku plechu přes tlačné kotouče. Výpočet upínací síly vychází z utahovacího momentu, který je vyvozen obvodovou silou viz obrázek 6-1. Tuto sílu vyvodí při upínání plechu obsluha stroje. Potřebná upínací síla se poté vypočte ze vzorce pro utahovací moment pomocí závitu.

Tabulka 6-1- Zvolené parametry pro výpočet upínací síly v držáku

Zvolené parametry	$F_o$ [N]	$f_z$ [-]	$f_h$ [-]	$r$ [mm]	závit	$d_2$ [mm]	$D_s$ [mm]
Hodnoty	150	0,18	0,12	100	M14x2	12,701	0

Tabulka 6-2 - Vysvětlivky použitých veličin

Vysvětlivky	
Obvodová síla	$F_o$
Součinitel tření v závitu	$f_z$
Součinitel tření pod hlavou šroubu	$f_h$
Rameno pro obvodovou sílu	$r$
Střední průměr závitu	$d_2$
Střední průměr plochy mezi hlavou šroubu a materiálem	$D_s$
Moment v závitu	$M_z$
Moment pod hlavou	$M_h$



Obrázek 6-1-Detail upínání plechu v držáku

Utahovací moment:

$$M_u = F_o \cdot r$$

$$M_u = 120 \cdot 100 = 12000 \text{ Nmm}$$

Úhel stoupání šroubovice:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_h}{\pi d_2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2}{\pi 12,701} \Rightarrow \alpha = 2,869^\circ$$

**Třecí úhel:**

$$\operatorname{tg} \varphi' = f_z$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = 0,18 \Rightarrow \varphi = 10,204^\circ$$

**Výpočet upínací síly:**

$$M_u = M_z + M_h$$

$$M_u = 0,5 \cdot d_2 \cdot F_u \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi') + 0,5 \cdot D_s \cdot F_u \cdot f_h$$

$$F_u = \frac{M_u}{0,5 \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi') + 0,5 \cdot D_s \cdot f_h}$$

$$F_u = \frac{12000}{0,5 \cdot 12,701 \cdot \operatorname{tg}(2,869 + 10,204) + 0,5 \cdot 0 \cdot 0,12} = 8137,5 \text{ N} \geq 8200 \text{ N}$$

## 6.1 Pevnostní kontrola

Čerpáno z literatury (11)

Při upínání dochází k utahování závitu a tím k namáhání šroubu na tlak a krut. Celkové namáhání musí být menší než dovolené namáhání daného materiálu. To se ovlivní taktéž zvolenou bezpečností, která byla z hlediska funkce stanovena na  $k=4$ . Dále je nutné zkontrolovat šroub na otláčení v závitech a porovnat ho s dovoleným tlakem.

**Tabulka 6-3-Zvolený materiál šroubu a jeho vlastnosti (12)**

Zvolený materiál šroubu	8.8
Mez pevnosti v tahu $\sigma_{pt}$	800 [MPa]
Mez kluzu $\sigma_{kt}$	640 [MPa]
Dovolený tlak $p_D$	90 [MPa]

**Tabulka 6-4 - Vysvětlivky použitých veličin**

Vysvětlivky	
Upínací síla	$F_u$
Průřez jádra šroubu	$S_j$
Moment v závitu	$M_z$
Modul průřezu v krutu	$W_k$
Styková výška závitu	$H_1$

### Výpočet dovoleného namáhání:

$$\sigma_D = \frac{\sigma_{kt}}{k} = \frac{640}{4} = \mathbf{160 \text{ MPa}}$$

### Tlak:

$$\sigma_d = \frac{F_u}{S_j} = \frac{F_u \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2}$$

$$\sigma_d = \frac{8200 \cdot 4}{\pi \cdot \left(\frac{12,701 + 11,546}{2}\right)^2} = \mathbf{71 \text{ MPa}}$$

### Krut:

$$\tau_k = \frac{M_z}{W_k} = \frac{0,5 \cdot d_2 \cdot F_u \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi') \cdot 16}{\pi \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^3}$$

$$\tau_k = \frac{0,5 \cdot 12,701 \cdot 8200 \cdot \operatorname{tg}(2,869 + 10,204) \cdot 16}{\pi \cdot \left(\frac{12,701 + 11,546}{2}\right)^3} = \mathbf{34,6 \text{ MPa}}$$

### Redukované zatížení:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_d^2 + 4\tau_k^2} \leq \sigma_D$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{71^2 + 4 \cdot 34,6^2} = \mathbf{99,1 \text{ MPa}} \leq \sigma_D$$

### Výpočet $H_1$ :

Před samotným výpočtem otláčení závitu je nutné spočítat stykovou výšku závitu  $H_1$ .

$$H_1 = \frac{d' - d_1}{2}$$

$$H_1 = \frac{14 - 11,835}{2} = \mathbf{1,0825 \text{ mm}}$$

### Otláčení v závitu:

$$p_z = \frac{F_u}{S_z} = \frac{F_u}{0,75 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot \frac{L_m}{P_h}} \leq p_D$$

$$p_z = \frac{8200}{0,75 \cdot \pi \cdot 12,701 \cdot 1,0825 \cdot \frac{60}{2}} = \mathbf{8,44 \text{ MPa}} \leq p_D$$

Zvolený šroub z hlediska pevnostní kontroly vyhovuje.

## 7 Výpočet namáhání držáku plechu

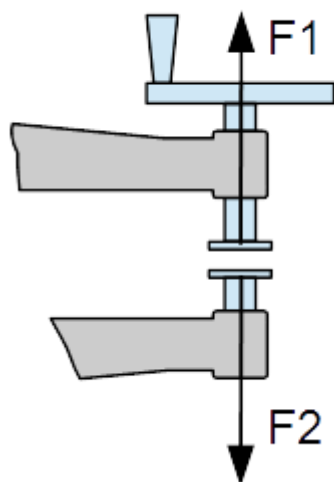
Držák je vyroben jako svařenec. Pro výpočet byly navrženy profily I a T. Úkolem je stanovit co nejmenší rozměry a hmotnost držáku v závislosti na dovoleném napětí. Po výpočtech je nutno vybrat profil, který tyto vlastnosti splňuje nejlépe.

Pro výpočet namáhání byly vybrány nejkritičtější průřezy zakótovány pomocí ramen  $r_1$ ,  $r_2$  a  $r_3$  od působících sil  $F_1$  a  $F_2$  viz obrázek 7-3. Na těchto průřezech bylo vypočteno kombinované namáhání, porovnané s dovoleným napětím.

Před samotným výpočtem namáhání je nejprve nutné určit síly, které na držák působí. Síla  $F_1$  je stanovena již z předchozího výpočtu, kde se rovná síle upínací. Síla  $F_2$  je větší o hmotnost polotovaru stříhaného plechu. V tomto případě se jedná o polotovar čtvercového průřezu o straně  $a$ .

Tabulka 7-1 - Vstupní parametry pro výpočet namáhání držáku plechu

Vstupní parametry	$F_1 = F_u$ [N]	$a$ [mm]	$s$ [mm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Hodnoty	8200	1610	6	7850



Obrázek 7-1 - působící síly na držák

**Výpočet hmotnosti polotovaru stříhaného materiálu:**

$$m = a^2 \cdot s \cdot \rho = 1,61^2 \cdot 0,006 \cdot 7850 = 122 \text{ kg}$$

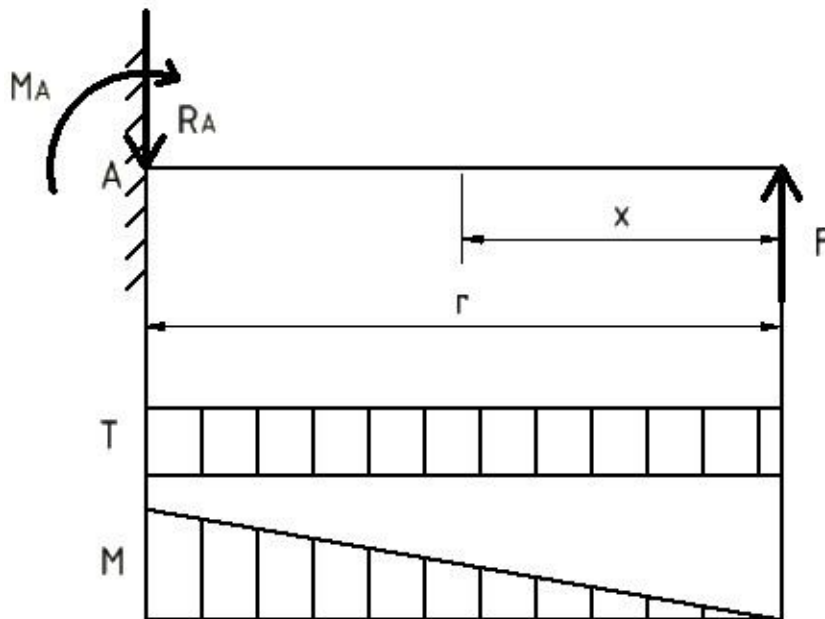
**Výpočet síly  $F_2$ :**

$$F_2 = F_1 + m \cdot 9,81 = 8200 + 122 \cdot 9,81 = 9396,82 = 9400 \text{ N}$$

### 7.1 Princip stanovení vnitřních silových účinků na vetknutém nosníku

Zde je uveden princip výpočtu namáhání na vetknutém nosníku. Tento princip je využit při dalších výpočtech. Nejprve se stanoví reakce za pomoci silové a momentové podmínky rovnováhy  $R_A$  a  $M_A$ . Poté se vyšetří vnitřní silové účinky posouvající síly  $T(x)$  a

ohybového momentu  $M(x)$  tak, že se nosník rozdělí na části, ve kterých se popíše  $T(x)$  a  $M(x)$  funkcemi.



Obrázek 7-2 - příklad výpočtu nosníku

**Silová podmínka rovnováhy:**

$$\sum F = 0 \quad -R_A + F = 0$$

**Momentová podmínka rovnováhy:**

$$\sum M_A = 0 \quad M_A - F \cdot r = 0$$

**Vnitřní silové účinky:**

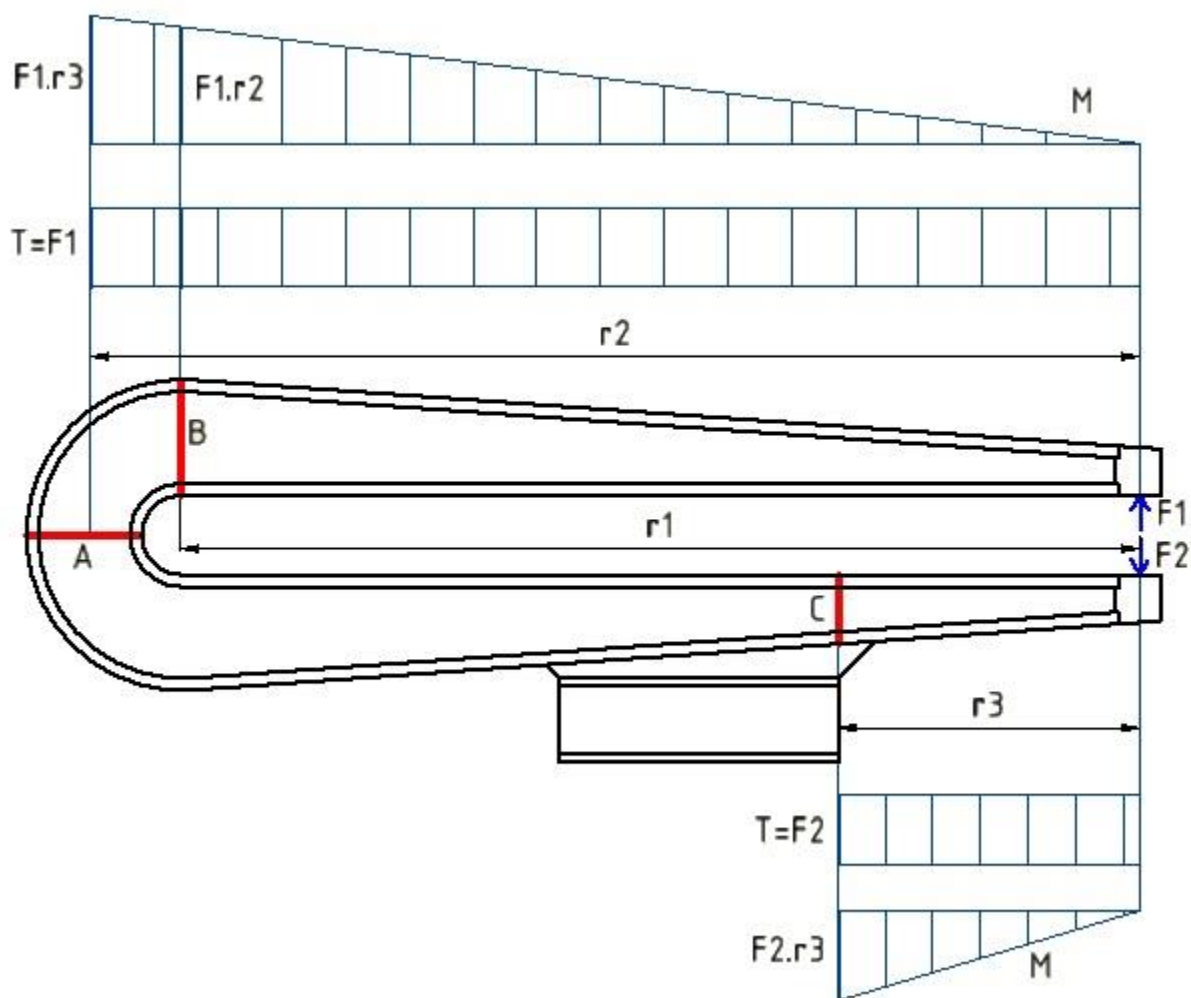
$$x \in \langle 0; r \rangle$$

$$T(x) = -F \quad \Rightarrow \quad T(0) = -F ; T(r) = -F$$

$$M(x) = F \cdot x \quad \Rightarrow \quad M(0) = 0 ; M(r) = F \cdot r$$



## 7.2 Vnitřní silové účinky na držák plechu



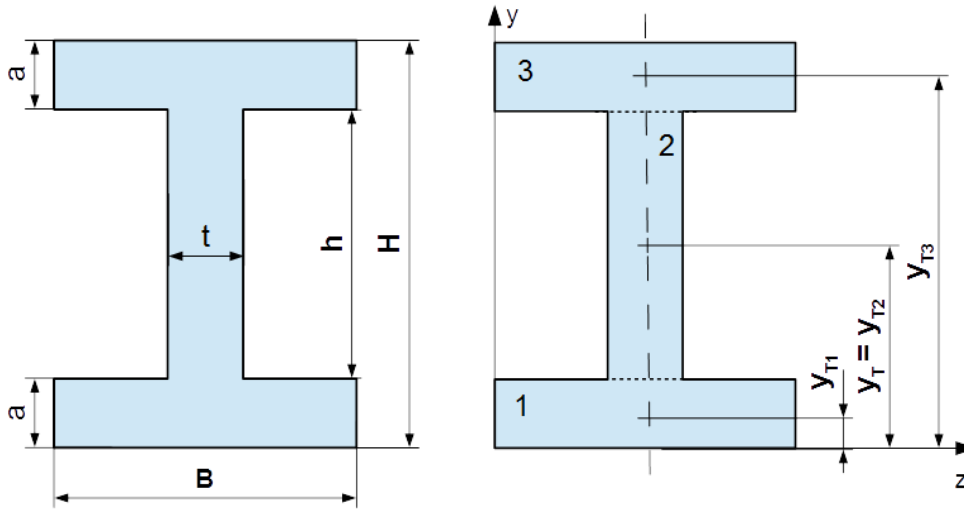
Obrázek 7-3 - Vnitřní účinky na držák plechu

## 7.3 Postup výpočtu pro oba profily

Nejprve se stanoví obsah jednotlivých průřezů pomocí daných rozměrů na obrázcích 7-4 a 7-5. Poté se určí ohybový moment pomocí dané síly na daném rameni vztažený k jednotlivým průřezům, viz obrázek 7-3. Následuje výpočet těžiště. U profilu I, který je souměrný, bude těžiště uprostřed obrazce. Pro profil T je nutné obrazec rozdělit na 2 části a pomocí jednotlivých obsahů ploch a dílčích těžišť vypočítat celkové těžiště do osy y, viz obrázek 7-5. Pro výpočet kvadratického momentu celého obrazce k ose z je využita Steinerova věta. Obrazec se rozdělí na části, viz obrázek 7-4 a 7-5. Vypočte se kvadratický moment jednotlivých částí, přičtou se jednotlivé obsahy násobené kvadrátem celkového těžiště, od kterého je odečteno těžiště jednotlivých částí. Pro další výpočty je nutné stanovit vzdálenost nejkrajnějšího vlákna e. Jedná se o nejdelší vzdálenost koncové hrany obrazce od těžiště v dané ose. Před výpočtem samotných namáhání je třeba uvést modul průřezu v ohybu. Ten byl získán pomocí kvadratického průřezu poděleného vzdáleností nejkrajnějšího vlákna. Dále je třeba si uvědomit, jak jsou jednotlivé průřezy namáhány. Z obrázku 7-3 je patrné, že všechny průřezy jsou namáhány na ohyb. Průřez A je navíc namáhán na tah a průřezy B a C jsou namáhány na stříh. Pro tah a stříh platí stejný vzorec, tedy síla podělená plochou průřezu. Ohyb je dán pomocí ohybového momentu, který je podělen modulem průřezu v ohybu. Výsledné napětí průřezu pro ohyb a tah se stanoví jako součet normálních

napětí. Pro ohyb a stříh se určí redukované napětí. Tedy odmocnina ze součtu kvadrátu normálního napětí a trojnásobku kvadrátu tečného napětí.

## 7.4 Profil I



Obrázek 7-4 - Profil I

### 7.4.1 Průřez A

Tabulka 7-2 - Vstupní hodnoty pro profil I na rameni r2

Vstupní parametry	B [mm]	t [mm]	H [mm]	h [mm]	a [mm]	F1 [N]	r2 [mm]	$\sigma_D$ [MPa]
Hodnoty	40	25	145	115	15	8200	1325	100

Obsah profilu I:

$$S = 2 \cdot B \cdot a + t \cdot h = 2 \cdot 40 \cdot 15 + 25 \cdot 115 = 4\,075 \text{ mm}^2$$

Výpočet ohybového momentu:

$$M_o = F1 \cdot r2 = 8200 \cdot 1325 = 10\,865\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Stanovení těžiště  $y_T$ :

Profil I je souměrný, tudíž bude jeho těžiště uprostřed obrazce.

$$y_T = H/2 = \frac{145}{2} = 72,5 \text{ mm}$$

Steinerova věta kvadratického momentu k ose z:

$$J_{zT} = \frac{B \cdot a^3}{12} + B \cdot a \cdot \left(y_T - \frac{a}{2}\right)^2 + \frac{t \cdot h^3}{12} + t \cdot h \cdot \left[y_T - \left(a + \frac{h}{2}\right)\right]^2 + \frac{B \cdot a^3}{12} + B \cdot a \cdot \left[y_T - \left(a + h + \frac{a}{2}\right)\right]^2$$

$$J_{zT} = \frac{40 \cdot 15^3}{12} + 40 \cdot 15 \cdot \left(72,5 - \frac{15}{2}\right)^2 + \frac{25 \cdot 115^3}{12} + 25 \cdot 115 \cdot \left[72,5 - \left(15 + \frac{115}{2}\right)\right]^2 + \frac{40 \cdot 15^3}{12} + 40 \cdot 15 \cdot \left[72,5 - \left(15 + 115 + \frac{15}{2}\right)\right]^2 = 8\,260\,989,583 \text{ mm}^4$$

**Vzdálenost nejkrajnějšího vlákna:**

$$e_1 = H - y_T = 145 - 72,5 = 72,5 \text{ mm}$$

**Modul průřezu v ohybu k ose z:**

$$W_o = \frac{J_{zT}}{e_1} = \frac{8260989,583}{72,5} = 113\,944,6839 \text{ mm}^3$$

**Ohyb:**

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{10\,865\,000}{113944,6839} = 95,35 \text{ MPa}$$

**Tah:**

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{8200}{4075} = 2,01 \text{ MPa}$$

**Normálové napětí:**

$$\sigma_N = \sigma_o + \sigma_t = 95,35 + 2,01 = 97,36 \text{ MPa} \leq \sigma_D$$

## 7.4.2 Průřez B

Tabulka 7-3 - Vstupní hodnoty pro profil I na rameni r1

Vstupní parametry	B [mm]	t [mm]	H [mm]	h [mm]	a [mm]	F1 [N]	r1 [mm]	$\sigma_D$ [MPa]
Hodnoty	40	25	145	115	15	8200	1200	100

**Obsah profilu I:**

$$S = 2 \cdot B \cdot a + t \cdot h = 2 \cdot 40 \cdot 15 + 25 \cdot 115 = 4\,075 \text{ mm}^2$$

**Výpočet ohybového momentu:**

$$M_o = F1 \cdot r1 = 8200 \cdot 1200 = 9\,840\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

**Stanovení těžiště  $y_T$ :**

Profil I je souměrný, tudíž bude jeho těžiště uprostřed obrazce.

$$y_T = H/2 = \frac{145}{2} = 72,5 \text{ mm}$$

**Steinerova věta kvadratického momentu k ose z:**

$$J_{zT} = \frac{B \cdot a^3}{12} + B \cdot a \cdot \left(y_T - \frac{a}{2}\right)^2 + \frac{t \cdot h^3}{12} + t \cdot h \cdot \left[y_T - \left(a + \frac{h}{2}\right)\right]^2 + \frac{B \cdot a^3}{12} + B \cdot a \cdot \left[y_T - \left(a + h + \frac{a}{2}\right)\right]^2$$

$$J_{zT} = \frac{40 \cdot 15^3}{12} + 40 \cdot 15 \cdot \left(72,5 - \frac{15}{2}\right)^2 + \frac{25 \cdot 115^3}{12} + 25 \cdot 115 \cdot \left[72,5 - \left(15 + \frac{115}{2}\right)\right]^2 + \frac{40 \cdot 15^3}{12} + 40 \cdot 15 \cdot \left[72,5 - \left(15 + 115 + \frac{15}{2}\right)\right]^2 = 8\,260\,989,583 \text{ mm}^4$$

**Vzdálenost nejkrajnějšího vlákna:**

$$e_1 = H - y_T = 145 - 72,5 = 72,5 \text{ mm}$$

**Modul průřezu v ohybu k ose z:**

$$W_o = \frac{J_{zT}}{e_1} = \frac{8260989,583}{72,5} = 113\,944,6839 \text{ mm}^3$$

**Ohyb:**

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{9\,840\,000}{113944,6839} = 88,36 \text{ MPa}$$

**Střih:**

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{8200}{4075} = 2,01 \text{ MPa}$$

**Redukované napětí:**

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{88,36^2 + 3 \cdot 2,01^2} = 86,42 \text{ MPa} \leq \sigma_D$$

### 7.4.3 Průřez C

Tabulka 7-4 - Vstupní hodnoty pro profil I na rameni r3

Vstupní parametry	B [mm]	t [mm]	H [mm]	h [mm]	a [mm]	F2 [N]	r3 [mm]	$\sigma_D$ [MPa]
Hodnoty	40	25	86	56	15	9400	375	100

**Obsah profilu I:**

$$S = 2 \cdot B \cdot a + t \cdot h = 2 \cdot 40 \cdot 15 + 25 \cdot 56 = 2\,600 \text{ mm}^2$$

**Výpočet ohybového momentu:**

$$M_o = F2 \cdot r3 = 9400 \cdot 375 = 3\,525\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

### Stanovení těžiště $y_T$ :

Profil I je souměrný, tudíž bude jeho těžiště uprostřed obrazce.

$$y_T = H/2 = \frac{86}{2} = 43 \text{ mm}$$

### Steinerova věta kvadratického momentu k ose z:

$$J_{zT} = \frac{B \cdot a^3}{12} + B \cdot a \cdot \left(y_T - \frac{a}{2}\right)^2 + \frac{t \cdot h^3}{12} + t \cdot h \cdot \left[y_T - \left(a + \frac{h}{2}\right)\right]^2 + \frac{B \cdot a^3}{12} + B \cdot a \cdot \left[y_T - \left(a + h + \frac{a}{2}\right)\right]^2$$

$$J_{zT} = \frac{40 \cdot 15^3}{12} + 40 \cdot 15 \cdot \left(43 - \frac{15}{2}\right)^2 + \frac{25 \cdot 56^3}{12} + 25 \cdot 56 \cdot \left[43 - \left(15 + \frac{56}{2}\right)\right]^2 + \frac{40 \cdot 15^3}{12} + 40 \cdot 15 \cdot \left[43 - \left(15 + 56 + \frac{15}{2}\right)\right]^2 = 1\,900\,666,667 \text{ mm}^4$$

### Vzdálenost nejkrajnějšího vlákna:

$$e_1 = H - y_T = 86 - 43 = 43 \text{ mm}$$

### Modul průřezu v ohybu k ose z:

$$W_o = \frac{J_{zT}}{e_1} = \frac{1\,900\,666,667}{43} = 44\,201,55 \text{ mm}^3$$

### Ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{3\,525\,000}{44\,201,55} = 79,7 \text{ MPa}$$

### Střih:

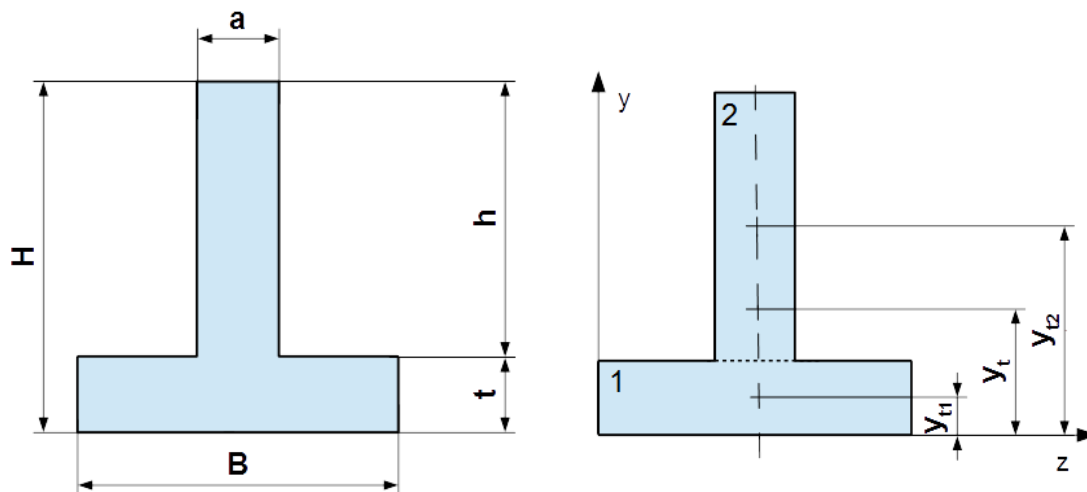
$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{9400}{2600} = 3,62 \text{ MPa}$$

### Redukované napětí:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{79,7^2 + 3 \cdot 3,62^2} = 79,99 \text{ MPa} \leq \sigma_D$$

Profil I vyhovuje dovolenému napětí. Hmotnost držáku byla stanovena pomocí softwaru Autodesk Inventor a její hodnota je  $m = 107,13 \text{ kg}$ .

## 7.5 Profil T



Obrázek 7-5 - Profil T

### 7.5.1 Průřez A

Tabulka 7-5 - Vstupní hodnoty pro profil T na rameni r2

Vstupní parametry	B [mm]	t [mm]	H [mm]	h [mm]	a [mm]	F1 [N]	r2 [mm]	$\sigma_D$ [MPa]
Hodnoty	40	20	160	140	25	8200	1325	100

Obsah profilu T:

$$S = B \cdot t + a \cdot h = 40 \cdot 20 + 25 \cdot 140 = 4\,300 \text{ mm}^2$$

Výpočet ohybového momentu:

$$M_o = F1 \cdot r2 = 8200 \cdot 1325 = 10\,865\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Stanovení těžiště  $y_T$ :

$$y_T = \frac{B \cdot t \cdot \frac{t}{2} + h \cdot a \cdot \left(\frac{h}{2} + t\right)}{B \cdot t + h \cdot a} = \frac{40 \cdot 20 \cdot \frac{20}{2} + 140 \cdot 25 \cdot \left(\frac{140}{2} + 20\right)}{40 \cdot 20 + 140 \cdot 25} = 75,116 \text{ mm}$$

Steinerova věta kvadratického momentu k ose z:

$$J_{zT} = \frac{B \cdot t^3}{12} + B \cdot t \cdot \left(y_T - \frac{t}{2}\right)^2 + \frac{a \cdot h^3}{12} + a \cdot h \cdot \left[y_T - \left(t + \frac{h}{2}\right)\right]^2$$

$$J_{zT} = \frac{40 \cdot 20^3}{12} + 40 \cdot 20 \cdot \left(75,116 - \frac{20}{2}\right)^2 + \frac{25 \cdot 140^3}{12} + 25 \cdot 140 \cdot \left[75,116 - \left(20 + \frac{140}{2}\right)\right]^2 = 9\,910\,775,194 \text{ mm}^4$$

**Vzdálenost nejkrajnějšího vlákna:**

$$e_1 = H - y_T = 160 - 75,116 = \mathbf{84,884 \text{ mm}}$$

**Modul průřezu v ohybu k ose z:**

$$W_o = \frac{J_{zT}}{e_1} = \frac{9\,910\,775,194}{84,884} = \mathbf{116\,757,078 \text{ mm}^3}$$

**Ohyb:**

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{10\,865\,000}{116\,757,078} = \mathbf{93,06 \text{ MPa}}$$

**Tah:**

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{8200}{4300} = \mathbf{1,9 \text{ MPa}}$$

**Normálové napětí:**

$$\sigma_N = \sigma_o + \sigma_t = 93,06 + 1,9 = \mathbf{94,96 \text{ MPa}} \leq \sigma_D$$

## 7.5.2 Průřez B

Tabulka 7-6 - Vstupní hodnoty pro profil T na rameni r1

Vstupní parametry	B [mm]	t [mm]	H [mm]	h [mm]	a [mm]	F1 [N]	r1 [mm]	$\sigma_D$ [MPa]
Hodnoty	40	20	160	140	25	8200	1200	100

**Obsah profilu T:**

$$S = B \cdot t + a \cdot h = 40 \cdot 20 + 25 \cdot 140 = \mathbf{4\,300 \text{ mm}^2}$$

**Výpočet ohybového momentu:**

$$M_o = F1 \cdot r1 = 8200 \cdot 1200 = \mathbf{9\,840\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}}$$

**Stanovení těžiště  $y_T$ :**

$$y_T = \frac{B \cdot t \cdot \frac{t}{2} + h \cdot a \cdot \left(\frac{h}{2} + t\right)}{B \cdot t + h \cdot a} = \frac{40 \cdot 20 \cdot \frac{20}{2} + 140 \cdot 25 \cdot \left(\frac{140}{2} + 20\right)}{40 \cdot 20 + 140 \cdot 25} = \mathbf{75,116 \text{ mm}}$$

**Steinerova věta kvadratického momentu k ose z:**

$$J_{zT} = \frac{B \cdot t^3}{12} + B \cdot t \cdot \left(y_T - \frac{t}{2}\right)^2 + \frac{a \cdot h^3}{12} + a \cdot h \cdot \left[y_T - \left(t + \frac{h}{2}\right)\right]^2$$

$$J_{zT} = \frac{40 \cdot 20^3}{12} + 40 \cdot 20 \cdot \left(75,116 - \frac{20}{2}\right)^2 + \frac{25 \cdot 140^3}{12} + 25 \cdot 140 \cdot \left[75,116 - \left(20 + \frac{140}{2}\right)\right]^2 = 9\,910\,775,194 \text{ mm}^4$$

**Vzdálenost nejkrajnějšího vlákna:**

$$e_1 = H - y_T = 160 - 75,116 = 84,884 \text{ mm}$$

**Modul průřezu v ohybu k ose z:**

$$W_o = \frac{J_{zT}}{e_1} = \frac{9\,910\,775,194}{84,884} = 116\,757,078 \text{ mm}^3$$

**Ohyb:**

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{9\,840\,000}{116\,757,078} = 84,28 \text{ MPa}$$

**Střih:**

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{8200}{4300} = 1,9 \text{ MPa}$$

**Redukované napětí:**

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{84,28^2 + 3 \cdot 1,9^2} = 84,34 \text{ MPa} \leq \sigma_D$$

### 7.5.3 Průřez C

Tabulka 7-7- Vstupní hodnoty pro profil T na rameni r3

Vstupní parametry	B [mm]	t [mm]	H [mm]	h [mm]	a [mm]	F2 [N]	r3 [mm]	$\sigma_D$ [MPa]
Hodnoty	40	20	91	71	25	9400	375	100

**Obsah profilu T:**

$$S = B \cdot t + a \cdot h = 40 \cdot 20 + 25 \cdot 71 = 2\,575 \text{ mm}^2$$

**Výpočet ohybového momentu:**

$$M_o = F2 \cdot r3 = 9400 \cdot 375 = 3\,525\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

**Stanovení těžiště  $y_T$ :**

$$y_T = \frac{B \cdot t \cdot \frac{t}{2} + h \cdot a \cdot \left(\frac{h}{2} + t\right)}{B \cdot t + h \cdot a} = \frac{40 \cdot 20 \cdot \frac{20}{2} + 71 \cdot 25 \cdot \left(\frac{71}{2} + 20\right)}{40 \cdot 20 + 71 \cdot 25} = 41,36 \text{ mm}$$



**Steinerova věta kvadratického momentu k ose z:**

$$J_{zT} = \frac{B \cdot t^3}{12} + B \cdot t \cdot \left(y_T - \frac{t}{2}\right)^2 + \frac{a \cdot h^3}{12} + a \cdot h \cdot \left[y_T - \left(t + \frac{h}{2}\right)\right]^2$$
$$J_{zT} = \frac{40 \cdot 20^3}{12} + 40 \cdot 20 \cdot \left(41,36 - \frac{20}{2}\right)^2 + \frac{25 \cdot 71^3}{12} + 25 \cdot 71 \cdot \left[41,36 - \left(20 + \frac{71}{2}\right)\right]^2$$
$$= 1\,913\,967,011 \text{ mm}^4$$

**Vzdálenost nejkrajnějšího vlákna:**

$$e_1 = H - y_T = 91 - 41,36 = 49,64 \text{ mm}$$

**Modul průřezu v ohybu k ose z:**

$$W_o = \frac{J_{zT}}{e_1} = \frac{1\,913\,967,011}{49,64} = 38\,560,118 \text{ mm}^3$$

**Ohyb:**

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{3\,525\,000}{38\,560,118} = 91,42 \text{ MPa}$$

**Střih:**

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{9400}{2575} = 3,65 \text{ MPa}$$

**Redukované napětí:**

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{91,42^2 + 3 \cdot 3,65^2} = 91,63 \text{ MPa} \leq \sigma_D$$

**Profil T vyhovuje dovolenému napětí. Hmotnost držáku byla stanovena pomocí softwaru Autodesk Inventor a její hodnota je m = 107,78 kg.**

## 7.6 Závěr výpočtu namáhání

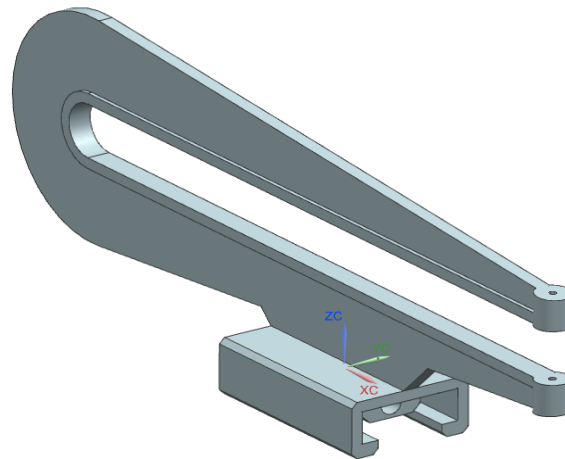
Oba profily splňují podmínku dovoleného napětí. Hmotnosti se liší pouze o 0,65 kg. Rozměry profilu I jsou menší než u profilu T. Díky těmto hodnotám vychází lépe profil I, avšak s přihlédnutím na výrobu držáku je výhodnější zvolit profil T.

## 8 Výpočet držáku plechu pomocí MKP

Jako vstupní hodnoty pro výpočet pomocí metody konečných prvků, byl zvolen profil I, který je zatížen silami  $F_1 = 8200 \text{ N}$  a  $F_2 = 9400 \text{ N}$ . Profil I je vyroben jako svařenec a je s rámem stroje spojen pomocí kluzné části. Tato část se posouvá po vedení stroje pomocí pohybového šroubu. Ve výpočtu je vzhledem k ručním výpočtům zanedbána gravitace.

### 8.1 Modelování

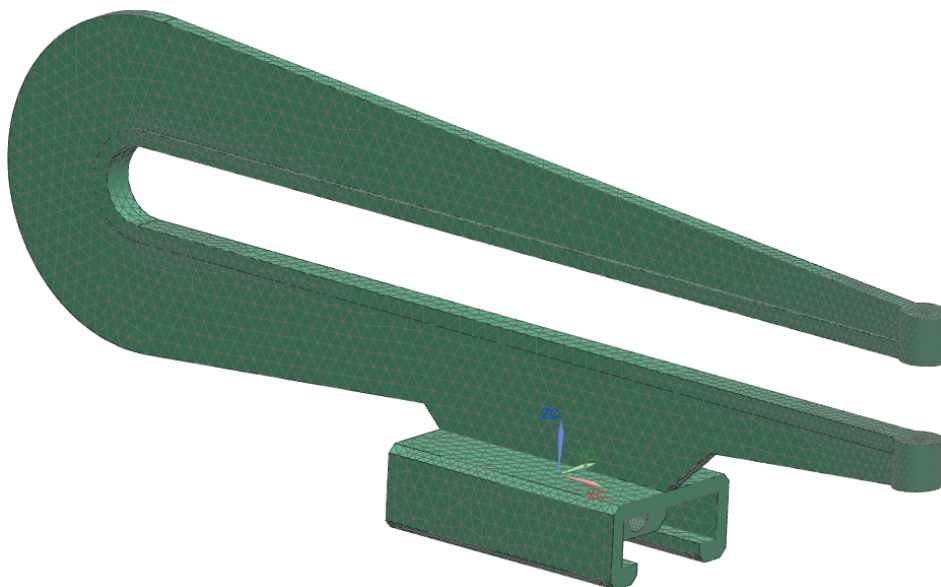
Upínací část a kluzná část je vymodelována a následně počítána jako jeden celek. Model byl vytvořen v softwaru Autodesk inventor a poté převeden pomocí přípony „step“ do systému NX.



Obrázek 8-1- Model

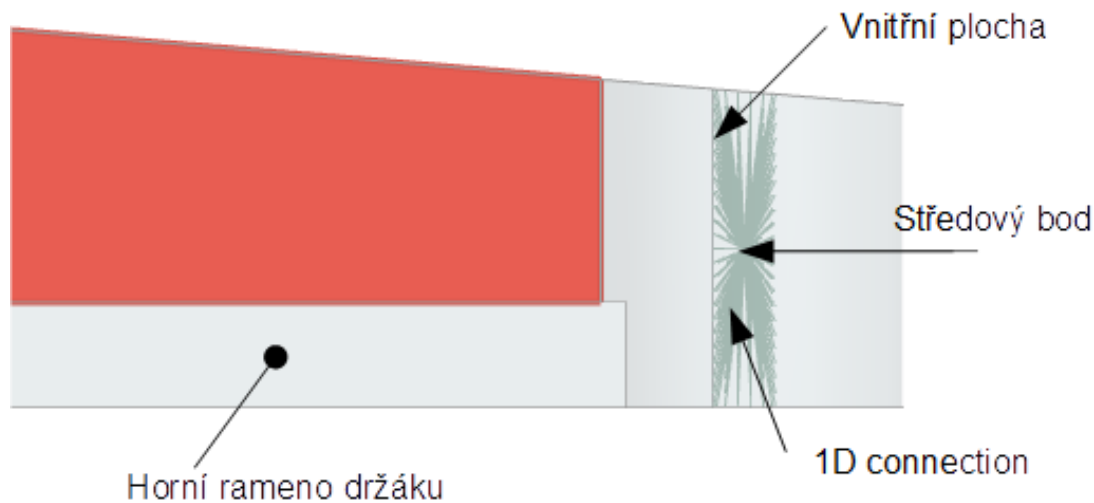
### 8.2 Síťování

Držák byl zasíťován pomocí 3D sítě typem elementu CTETRA(10) a velikostí prvků 20. Typ a velikost byly zvoleny v závislosti na kontrole sítě, aby byla dodržena podmínka „0 failed, 0 warning“. Jako použitý materiál byla zvolena ocel.



Obrázek 8-2- 3D síť

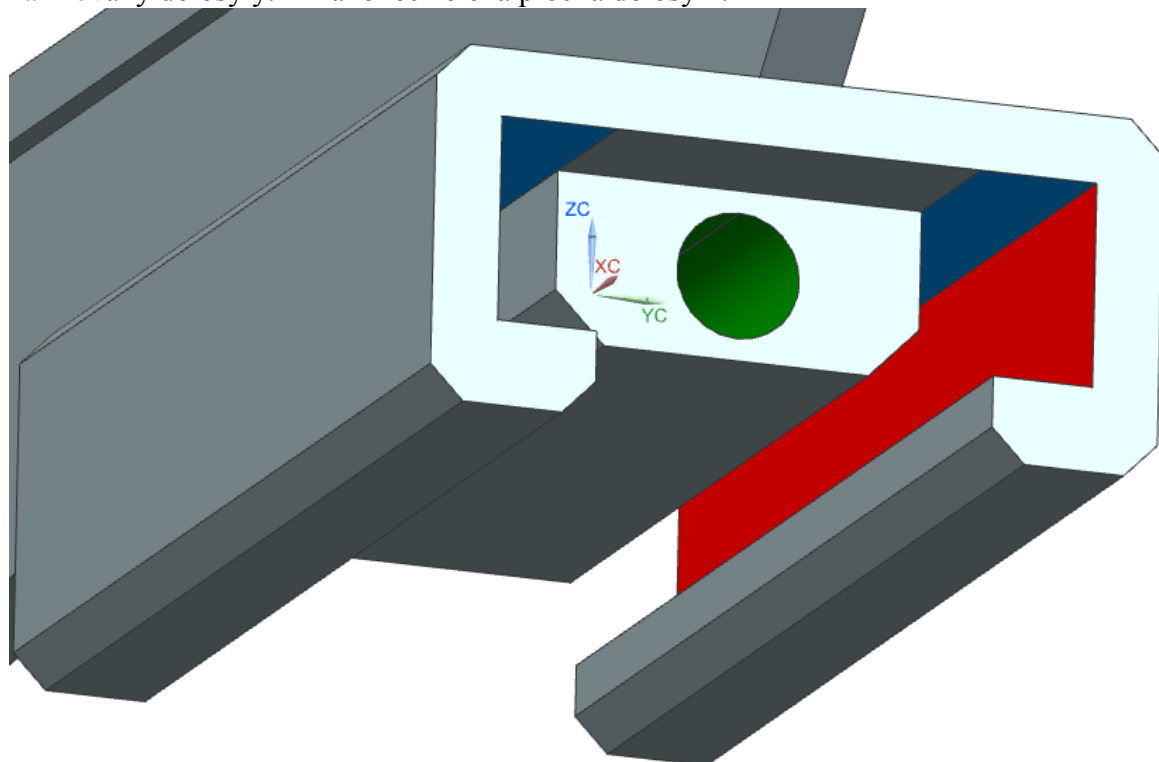
Otvory určené pro šrouby byly zasítovány pomocí 1D connection pomocí středového bodu a vnitřní plochy. Typ elementu byl zvolen RBE2.



Obrázek 8-3- 1D connection

### 8.3 Okrajové podmínky

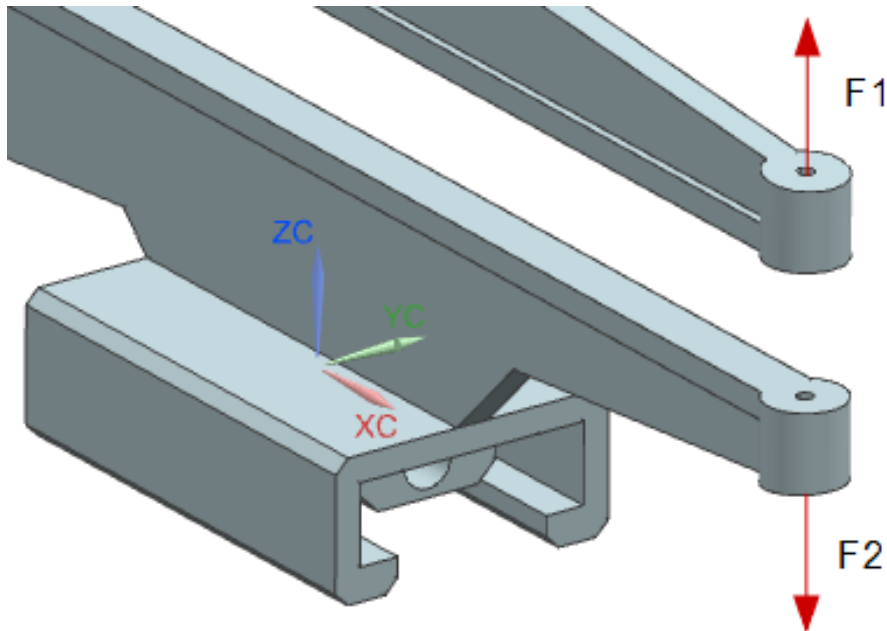
Uchycení modelu bylo provedeno v kluzné části. Uchycené plochy jsou znázorněny barvami na obrázku 8-4. Vzhledem ke zvolenému souřadnicovému systému byly modré plochy a jejich protilehlé plochy zafixovány do osy z. Červená a její protilehlá plocha byly zafixovány do osy y. A nakonec zelená plocha do osy x.



Obrázek 8-4- Okrajové podmínky

## 8.4 Zatížení

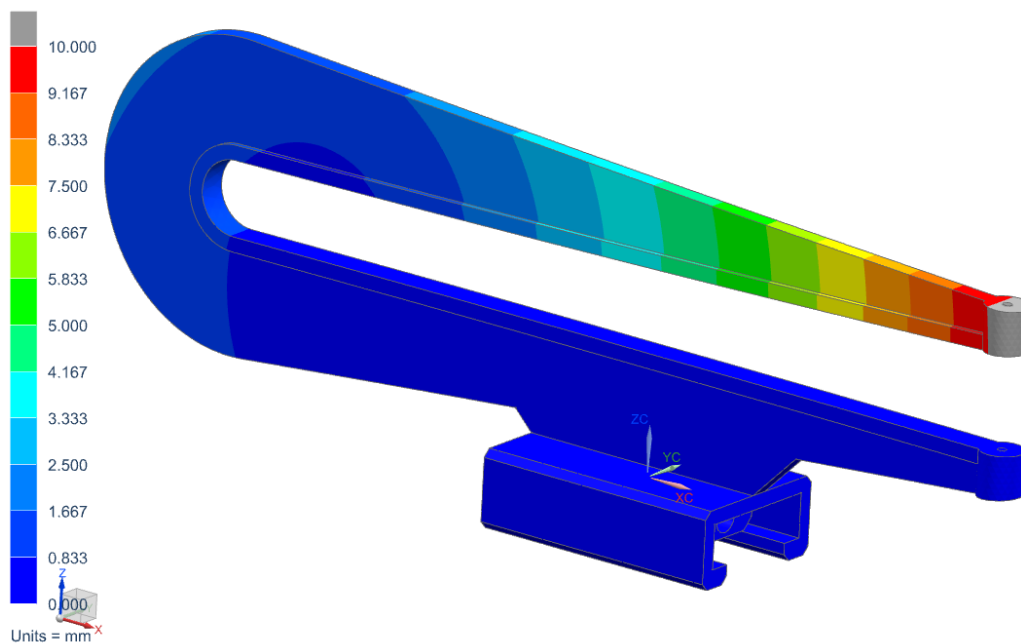
Na držák plechu působí dvě síly  $F_1$  a  $F_2$  nutné k upínání. Síla  $F_1$  je vyvozena pomocí závitu M14x2 a její hodnota je 8200 N. Síla  $F_2$  se rovná síle  $F_1$  zvětšené o hodnotu tíhy polotovaru stříhaného plechu. Tyto síly jsou aplikovány v osách otvorů se závitem. Respektive do středového bodu, díky kterému byla vytvořena síť 1D connection. Síla  $F_1$  je definována v kladném směru osy  $z$ . Síla  $F_2$  je v záporném směru osy  $z$ .



Obrázek 8-5- Zatížení

## 8.5 Posunutí

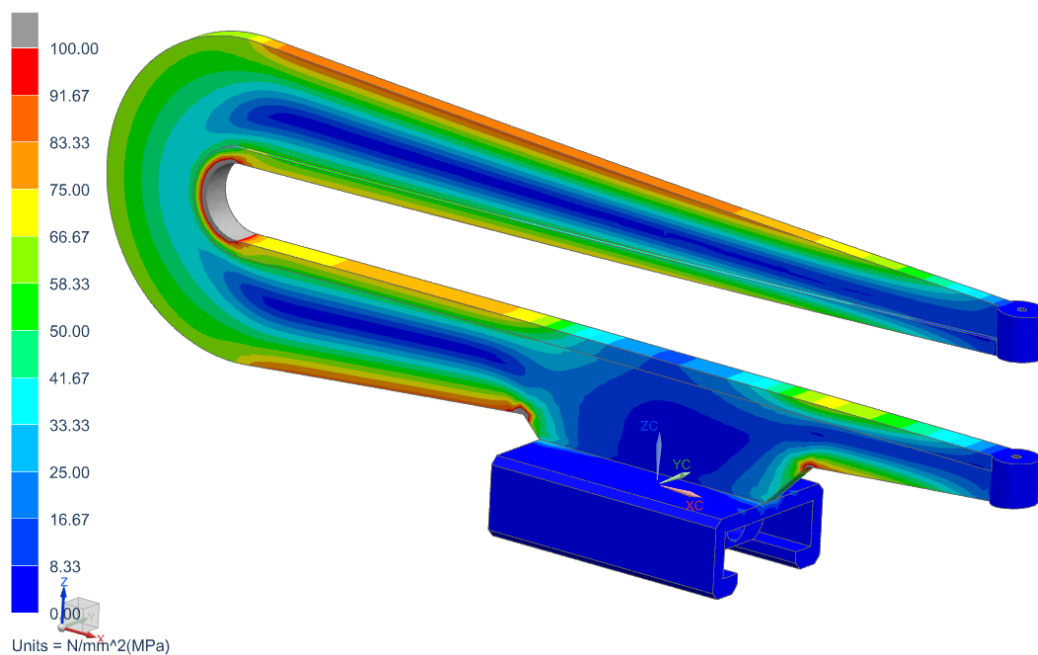
Na obrázku 8-6 jsou znázorněna posunutí v ose  $z$ . Maximální hodnota posunutí mezi svěrnými místy je 10,69 mm. V osách  $x$ ,  $y$  jsou deformace takřka nulové.



Obrázek 8-6- Deformace držáku

## 8.6 Napětí

Na obrázku 8-7 je znázorněno napětí v držáku plechu. V šedých místech byla lehce překročena dovolená hodnota napětí, která je 100 MPa.



Obrázek 8-7- Napětí na držáku

## 9 Závěr

Bakalářskou práci jsem zpracoval obecně na téma okružní nůžky. Ty se řadí do tvářecích strojů díky operaci stříhání. První část práce jsem zaměřil na technologii plošného stříhání. Zde jsem popsal střížný proces, kvalitu střížné plochy, vliv rychlosti stříhání, vliv střížné vůle a určení střížné síly a práce. Následuje popis nejdůležitějších částí okružních nůžek, jejich funkce, princip činnosti a postup úkonů při práci vystřihování plechu. V druhé části práce jsem se zabýval především výpočtem namáhání držáku plechu při stříhání. Předtím jsem však nejprve vypočetl stříh kotoučovými noži. Jednalo se především o zjištění, jak velkou střížnou sílu je nutné vyvodit pro stříh plechu tloušťky 6 mm. Držák plechu je namáhán silami od upínání a hmotností stříhaného polotovaru plechu. Upínací síly jsem stanovil pomocí zvolené obvodové síly, kterou vyvozuje obsluha stroje, přes metrický závit. K síle na dolní rameno musela být ještě připočtena síla od hmotnosti polotovaru plechu. Po určení zátěžných sil jsem provedl ruční kontrolu namáhání držáku a získané hodnoty porovnal s hodnotami dovolenými. Pro tuto část výpočtu jsem zvolil princip vetknutého nosníku a dva počítané profily I a T. Na konci ručního výpočtu jsem vzhledem k minimálnímu rozdílu vypočtených hodnot vybral profil T pro jeho snazší vyrobení metodou svařování. Poslední částí bakalářské práce jsem se zabýval ověřením výpočtu profilu T pomocí MKP (metoda konečných prvků). Po zadání 3D sítě, okrajových podmínek a zatěžujících sil, software určil velikost posunutí a napětí. Posunutí mezi svěrnými místy dosáhlo hodnoty 10,69 mm. Velikost napětí byla lehce překročena nad hodnotu 100 MPa. Vzhledem k bezpečnosti součásti je toto překročení nepatrné a držák plechu splňuje pevnostní podmínky.

## 10 Použitá literatura

1. **Novotný, Josef a Langer, Zdeněk.** *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů.* Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980.
2. **Lenfeld, Petr.** Technologie plošného tváření - stříhání. *Technologie II.* [Online] [Citace: 18. 10 2016.] [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm#061](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm#061).
3. **Čada, Radek.** Technologie tváření a slévání. *Projekty s podporou EU.* [Online] 2013. [Citace: 18. 10 2016.] [http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY\\_01\\_004](http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_004). ISBN 978-80-248-3015-5.
4. **Houček, Martin.** Studium kvality střížné plochy v závislosti na typu materiálu. [Online] 2012. [Citace: 21. 11 2016.] [https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/46129/HoucekM\\_StudiumKvality\\_ES\\_2012.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/46129/HoucekM_StudiumKvality_ES_2012.pdf?sequence=2&isAllowed=y).
5. **Králík, Jiří.** *Ořezávací a rozřezávací nůžky.* Plzeň : autor neznámý, 2008.
6. **Sedláčková, Veronika.** Výroba tvarové součásti stříháním. [Online] 2014. [Citace: 28. 11 2016.] [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=85772](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=85772).
7. **Tatíček, František a Pilvousek, Tomáš.** Akademie tváření. *mmspektrum.* [Online] 17. 5 2010. [Citace: 28. 11 2016.] <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>.
8. **Kašpar, Ladislav.** Analýza konvenční technologie dělení materiálu. [Online] 2008. [Citace: 30. 11 2016.] [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=5949](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5949).
9. **Hýsek, Rudolf.** *Tvářecí stroje 1971.* Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1972.
10. **Ženíšek, Josef a Jenkut, Milan.** *Výrobní stroje a zařízení.* Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986.
11. **Hosnedl, Stanislav a kol.** zcu. *Části a mechanismy strojů 1.* [Online] [Citace: 21. 2 2017.] [http://home.zcu.cz/~hosnedl/a\CMS1/a\CMS1\\_DnS&KmS\\_PREDNASKY/KKS\CMS1\\_P06\\_B5-SpPredepjElem\\_SH\\_2015-04-29.pdf](http://home.zcu.cz/~hosnedl/a\CMS1/a\CMS1_DnS&KmS_PREDNASKY/KKS\CMS1_P06_B5-SpPredepjElem_SH_2015-04-29.pdf).
12. Faspoj. *faspoj.* [Online] 2011. [Citace: 28. 2 2017.] <http://www.faspoj.cz/pevnost%20sroubu.html>.