

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Konstrukce průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Tabulové nůžky

Autor: **Petra Štáhlová**
Vedoucí práce: **Ing. Jan Hlaváč, Ph.D.**

Akademický rok 2012/2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petra ŠTÁHLOVÁ**
Osobní číslo: **S10B0079K**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Konstrukce průmyslové techniky**
Název tématu: **Tabulové nůžky**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

V úvodu práce bude provedena rešerše na téma tabulové nůžky. Součástí práce je popis na stroji používané technologie. Pro zadané parametry stříhaného plechu bude proveden návrh a výběr funkčních principů a následně bude proveden i konstrukční návrh vybraných částí tabulových nůžek.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Provedení rešerše na téma tabulové nůžky
2. Studium technologie stříhu
3. Stanovení parametrů nůžek pro zadanou technologii
4. Varianty funkčních principů - volba
5. Konstrukční návrh nůžek

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

STANĚK, J. *Základy stavby výrobních strojů: tvářecí stroje.* **Plzeň: Západočeská univerzita, 2001**


RUDOLF, B., KOPECKÝ, M. *Tvářecí stroje: Základy stavby a využití .* **Praha: SNTL, 2005**

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra: obecné strojní části, spoje, otočná uložení, hřídelové spojky, akumulátory mechanické energie .* **Praha: Computer Press, 1999**


Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Hlaváč, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Hlaváč, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **24. září 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. června 2013**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Věclava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 24. září 2012

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 vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: 25.6.2013

.....

podpis autora

Poděkování

Tato bakalářská práce byla podpořena formou odborné konzultace Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky v rámci projektu č. CZ.1.07/2.3.00/35.00048 „Popularizace výzkumu a vývoje ve strojním inženýrství a jeho výsledků (POPULÁR)“

Odborným konzultantem byl Ing. Jan Hlaváč, Ph.D., kterému děkuji za poskytnuté konzultace, kvalifikované rady a odbornou pomoc při sepsování této BP.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině za podporu při studiu.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Štáhlová	Jméno Petra	
STUDIJNÍ OBOR	2341R001 „Konstrukce průmyslové techniky“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Hlaváč, Ph.D.	Jméno Jan	
PRACOVIŠTĚ	ZČU – FST – KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Tabulové nůžky		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2013
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	58	TEXTOVÁ ČÁST	56	GRAFICKÁ ČÁST	2
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Tématem bakalářské práce je konstrukce tabulových nůžek. V úvodu práce je provedena rešerše na téma tabulové nůžky. Dalším krokem je popis studie technologie stříhu s ukázkou několika typů tabulových nůžek konkrétního výrobce s uvedením základních parametrů nůžek. Praktická část se zabývá konstrukčním návrhem konkrétních ručních tabulových nůžek pro zadané parametry stříhaného plechu. Konstrukční návrh nůžek byl proveden v softwaru Solidworks 2011. V závěru práce byla provedena simulace zatížení 3D modelu tvářecího stroje v softwaru NX Unigraphics 8.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Tabulové nůžky, tvářecí stroje, technologie stříhu, střížná síla, střížná vůle, konstrukční návrh, střížné nože, simulace zatížení.</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Štáhllová	Name Petra	
FIELD OF STUDY	2341R001 „Design of Manufacturing Machines“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Hlaváč, Ph.D.	Name Jan	
INSTITUTION	ZČU – FST – KKS		
TYPE OF WORK	DIPLÓMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Guillotine shears		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2013
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	58	TEXT PART	56	GRAPHICAL PART	2
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>Topic of bachelor thesis is construction of guillotine shears. In the first part of the paper the information search about guillotine shears topic was made. Next step is description of studies of shearing technology with presentation of several types of guillotine shears of one particular producer including basic parameters. Practical part is focus on design proposal for concrete hand shears for requested parameters of sheared metal plate. The construction design was made with utilization of Solidworks software 2011. The conclusion shows the simulation of stress induced during operation on the device modelled in NX Unigraphics 8 software.</p>
KEY WORDS	<p>Guillotine shears, shearing technology, shearing force, shearing tolerance, design proposal, shearing knives, stress simulation</p>

Obsah

1	ÚVOD	10
2	TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ	11
2.1	Procesy s převažující tlakovou napjatostí.....	11
2.2	Procesy s převažující tahovou napjatostí.....	11
2.3	Procesy s převažujícími ohybovými momenty.....	11
2.4	Procesy s převažujícím namáháním stříhem	11
3	STROJE NA DĚLENÍ MATERIÁLU	12
3.1	Nůžky s rovnými noži.....	12
3.2	Nůžky s kotoučovými noži	13
4	STŘIHÁNÍ	15
4.1	Proces stříhání.....	16
4.1.1	Stav napjatosti při stříhání.....	16
4.1.2	Výpočet parametrů stříhání	18
4.2	Střížná vůle a tolerance střížných nástrojů	21
4.2.1	Stanovení správné vůle mezi střížnými nástroji.....	22
4.2.2	Stříhání plechů.....	24
4.2.3	Životnost a otupení nožů	24
5	ZÁSADY PRO KONTSTRUKCI TVÁŘECÍCH STROJŮ	26
6	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ TABULOVÝCH NŮŽEK	27
6.1	Nůžky ruční tabulové litinové typové řady NTP.....	27
6.2	Nůžky ruční tabulové typové řady NTM.....	28
6.3	Nůžky ruční padací typové řady NPM	28
6.4	Nůžky elektromechanické padací NTV 2000/4 E	29
6.5	Nůžky hydraulické padací HNH.....	30
6.6	Srovnání parametrů uvedených tabulových nůžek	31
7	KONSTRUKCE TVÁŘECÍHO STROJE – TABULOVÝCH NŮŽEK.....	32
7.1	Vstupní parametry konstrukčního návrhu	32
7.2	Základní popis a mechanické vlastnosti stříhaných materiálů	32
7.2.1	Pozinkovaný plech – Fe-Zn.....	32
7.2.2	Měděný plech - Cu	32
7.2.3	Hliníkový plech - Al.....	33
7.2.4	Titanzinkové plechy - TiZn.....	33

7.3	Popis jednotlivých částí stroje	34
7.3.1	Upínací stůl	34
7.3.2	Přidržovač plechu	35
7.3.3	Přední doraz.....	36
7.3.4	Rameno nůžek	36
7.3.5	Střížné nože	37
7.3.6	Hřídelový čep	37
7.4	Výpočtová část	37
7.4.1	Výpočet střížné síly	37
7.4.2	Výpočet střížné vůle	38
7.4.3	Výpočet síly přidržovače.....	38
7.4.4	Výpočet reakce v čepu	38
7.4.5	Kontrola ramene páky na ohybové namáhání ve vzdálenosti $x_1 - x_3$ od čepu ...	42
7.4.6	Kontrola na ohybové namáhání v místě čepu způsobena závažím	43
7.4.7	Průměr radiálního čepu	45
8	SIMULACE ZATÍŽENÍ	48
8.1	Okrajové podmínky	48
8.2	Výsledky simulace zatížení	49
8.3	Navržený stroj.....	52
9	ZÁVĚR.....	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK.....	56
	SEZNAM PŘÍLOH.....	56
	SEZNAM VÝKRESŮ.....	56

1 ÚVOD

[6], [15]

Tvářecí stroj je uměle vytvořená dynamická soustava sloužící k realizaci úkonů technologického tvářecího procesu, vedoucích k trvalému přetvoření výchozího materiálu. Tváření je technologický proces, při kterém se mění tvar výchozího materiálu působením síly, bez odběru třísek. Podle převládajícího způsobu průběhu plastického přetvoření se technologie tváření kovů dělí na tváření plošné, na tváření objemové a stříhání bez ohledu na to, zda přetvárný pochod probíhá bez předchozího ohřevu nebo s ním. Stříhání je oddělování materiálu v celém průřezu. Předmět vyrobený tvářením je výlisek (výkovek) a materiál zpracovaný stříháním je výstřížek. Tvářecí stroje zpracovávají materiál tvářením a to za tepla i za studena. K tvářecím strojům počítáme stroje ke stříhání materiálu, což je z technologického hlediska přechod mezi obráběním a tvářením.

Při tváření se mění relativní poloha částic v krystalové mřížce. Tvářením je možno dosáhnout lepších mechanických vlastností, výhodnější uspořádání vláken v materiálu a i úspory materiálu.

Při stříhání se vyvozuje pouze smykové napětí, potřebné k oddělení materiálu přičemž oddělená část může být výrobkem nebo odpadem.

Výstřížky jsou výchozím polotovarem pro další operace plošného tváření.

Bakalářská práce se zabývá návrhem tvářecího stroje konkrétně tabulových nůžek pro využití v malé klempířské dílně. Na tabulových nůžkách budou stříhány plechy různých materiálů. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část obsahuje úvod do technologie stříhání. Jsou zde vysvětleny principy stříhání, uvedeny základní běžné způsoby stříhání a stroje, jenž jsou k jednotlivým způsobům stříhání využívány. V teoretické části jsou dále uvedeny základní vzorce pro výpočet střížných sil a střížné vůle. Na konec teoretické části jsou uvedeny možné konstrukční řešení tabulových nůžek. Bakalářská práce dále obsahuje část praktickou, která se zabývá samotnými konstrukčními výpočty jednotlivých sil vznikajících při střížném procesu, návrh a výpočet trvanlivosti ložiska a konstrukční řešení tabulových nůžek.

2 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ

[1]

Do technologie tváření lze zahrnout řadu tvářecích procesů, které jsou charakterizovány příslušnými parametry tváření. Tvářecí procesy lze proto rozdělit podle toho, zda tváření probíhá při normální nebo zvýšené teplotě, při malé nebo velké deformační rychlosti a při malém nebo velkém stupni přetvoření. V technické praxi se rozdělují tvářecí procesy podle těchto hledisek do několika hlavních skupin a podskupin, např. podle tvářecí teploty na tváření za tepla, tváření za studena a tvářením poloohřevu. Dále podle tvaru výrobku na tváření objemové, tváření plošné, tváření drátu, tváření trubek apod.

Tvářecí procesy lze podrobit teoretickému rozboru a potom je možné je rozdělit podle stavu napjatosti takto:

1. procesy s převažující tlakovou napjatostí,
2. procesy s převažující tahovou napjatostí,
3. procesy s převažujícími ohybovými momenty
4. procesy s převažujícím namáháním stříhem.

2.1 Procesy s převažující tlakovou napjatostí

Do této skupiny patří procesy s prostorovou tlakovou napjatostí, tj. procesy se třemi tlakovými hlavními napětí, např. kování v zápustce, přímé a nepřímé protlačování. Dále sem patří procesy s rovinnou tlakovou napjatostí, např. válcování plechu a profilových materiálů, a procesy s jednoosou tlakovou napjatostí, např. předkování rovinnými kovádky - pýchování.

2.2 Procesy s převažující tahovou napjatostí

Do této skupiny patří procesy s prostorovou napjatostí, se dvěma tlakovými hlavními napětími a jedním tahovým hlavním napětím, např. tažení pásů, drátů, tyčí a trubek, jakož i procesy s jedním tlakovým a dvěma tahovými napětími, např. tváření tlustostěnných nádob vnitřním přetlakem. Dále procesy s rovinnou napjatostí, s jedním tlakovým a jedním tahovým napětím, např. radiální tažení nádob s přírubou, popř. procesy se dvěma tahovými napětími, např. vypínání plechu.

2.3 Procesy s převažujícími ohybovými momenty

Sem patří procesy, kde na jenom povrchu tvářecího tělesa vznikne tahové a na protilehlém povrchu tlakové napětí, např. ohýbání plechu.

2.4 Procesy s převažujícím namáháním stříhem

Do této skupiny patří procesy, při nichž smykové napětí překročí mez pevnosti ve stříhu, např. prostříhování a přestříhování plechu, jakož i odstříhování otřepu u zápustkových výkovek.

3 STROJE NA DĚLENÍ MATERIÁLU

[2]

Rozlišujeme v zásadě dva způsoby dělení materiálu pomocí tvářecích strojů:

- stříhání (materiál je oddělován mezi dvěma noži tak, že vlákna v materiálu jsou vnikáním nožů prodlužována až do meze pevnosti materiálu a pak dojde k jeho utržení)
- lámání

Zařízení, které je možno použít k dělení materiálu stříháním:

- nůžky
- lisy (stříhání pomocí nástrojů na lisech)

Pohony nůžek

Nůžky jsou poháněny buď ručně, mechanicky pomocí klikového mechanismu, nebo hydraulicky. V poslední době jsou vybavována tato zařízení CNC řízením, kde je potom možno naprogramovat a řídit velikost řezného úhlu, velikost mezery mezi noži a střížnou sílu.

Nůžky – základní dělení

Podle druhu stříhaného polotovaru existují nůžky na:

- stříhání plechu
- stříhání profilového materiálu
- stříhání hutnických polotovarů

Nůžky na stříhání plechu

Toto zařízení je možno dělit dle jejich konstrukčního řešení na nůžky:

s rovnými noži

- tabulové nůžky (s rovnoběžnými nebo šikmými noži)
- pákové nůžky

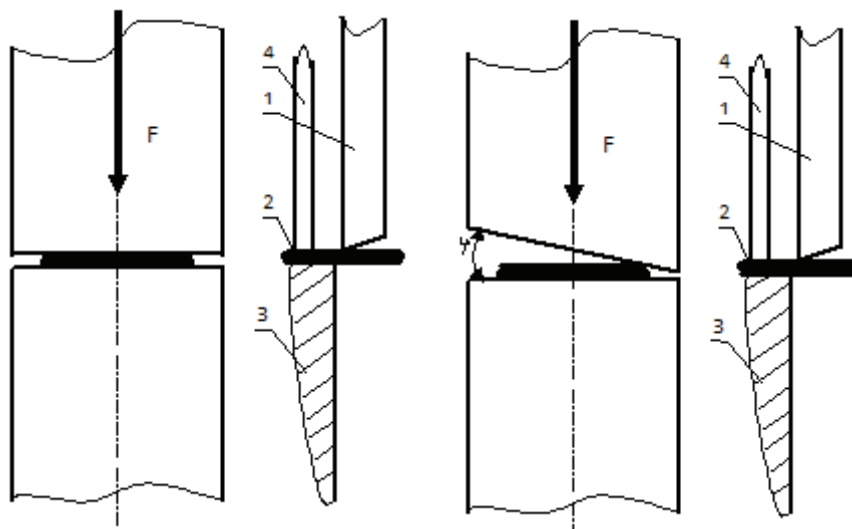
s kotoučovými noži

- jednokotoučové
- dvoukotoučové
- vícekotoučové provedení

3.1 Nůžky s rovnými noži

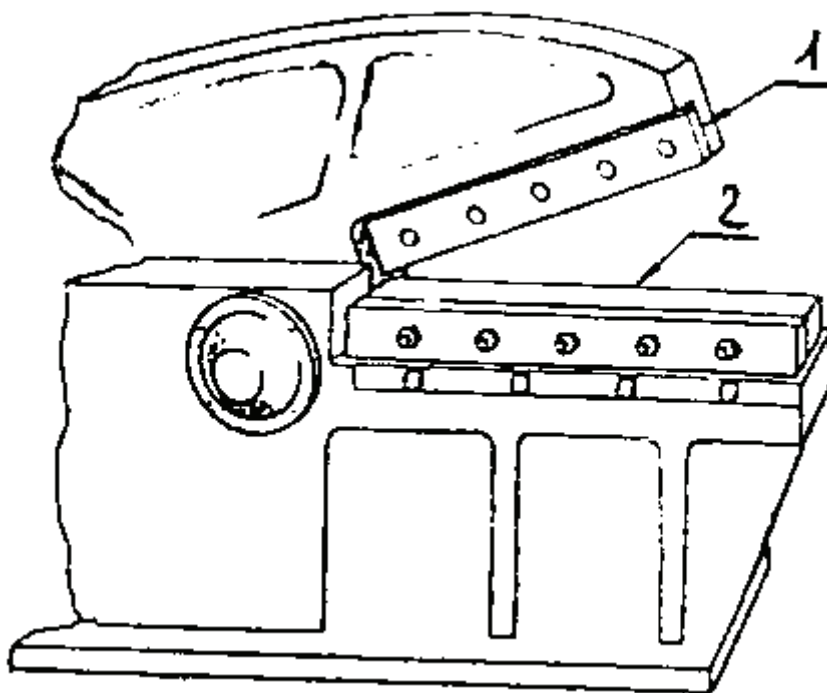
a) tabulové nůžky

Tabulové nůžky se skládají obvykle z těchto komponent – rám nůžek, beran s nástrojem, přídržovač (fixuje plech při stříhání), stůl, pohon.



Obr. 1 Tabulové nůžky s rovnoběžnými noži, 1) horní nůž, 2) stříhaný polotovaru, 3) spodní nůž, 4) přidržovač stříhaného polotovaru [2]

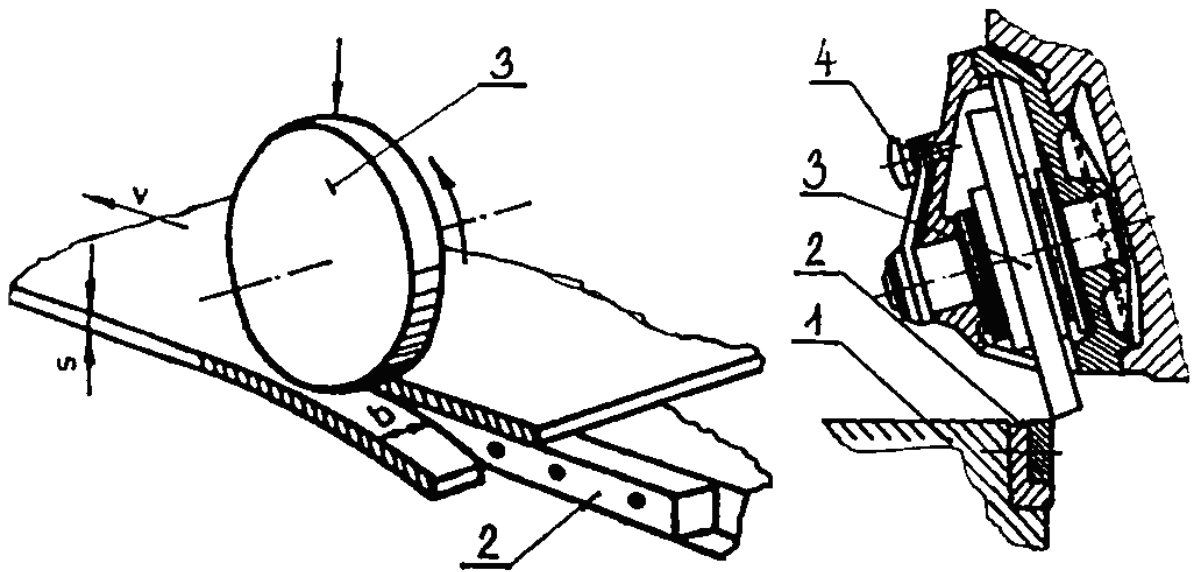
b) pákové nůžky



Obr. 2 Pákové strojní nůžky 1) horní nástroj, 2) spodní nástroj [2]

3.2 Nůžky s kotoučovými noži

Používají se obvykle na ostříhování tlustých (až 40mm), dlouhých (až 15m) plechů. Horní kotoučový nůž je obvykle posuvný a spodní je pevný. Kotoučový nůž může být kolmý nebo šikmý o cca 15° až 35° vůči stříhanému materiálu.











Obr. 3 Jednokotoučové nůžky s posuvným horním kotoučovým nožem 1) stůl nůžek, 2) pevný nůž, 3) kotoučový nůž, 4) pojištění nože v pracovní poloze [2]

4 STŘIHÁNÍ

[3], [4], [5]

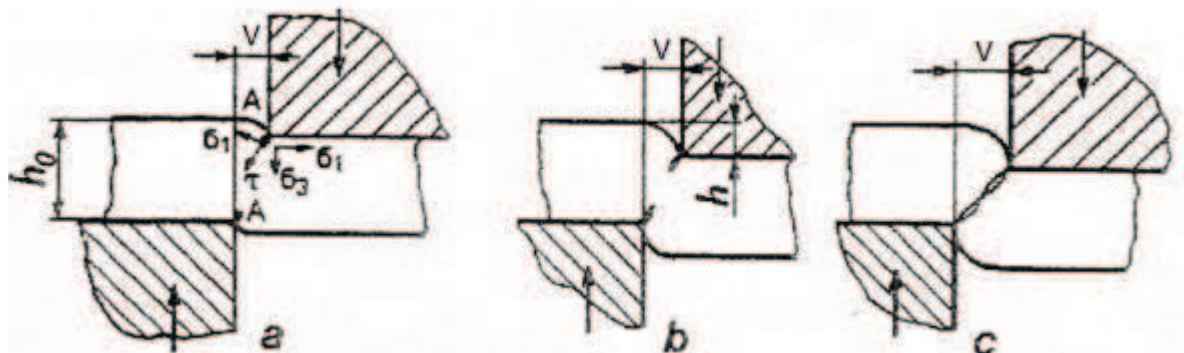
Stříhání je jednou z metod dělení materiálu, jedná se o technologický proces, při kterém se materiál odděluje smykovým namáháním, vyvolaným střížnými hranami nástroje. Oddělování se děje postupně nebo současně podél čáry stříhu.

Tabulka 1 Základní operace stříhání podle ČSN 226001 [3]

Název operace	Vyobrazení
Prosté stříhání	
Děrování	
Vystříhování	
Ostříhování	
Přistříhování	
Nastříhování	
Prostřihávání	
Protrhávání	

4.1 Proces stříhání

Mezi procesy tváření je též zahrnuto dělení materiálu stříháním.



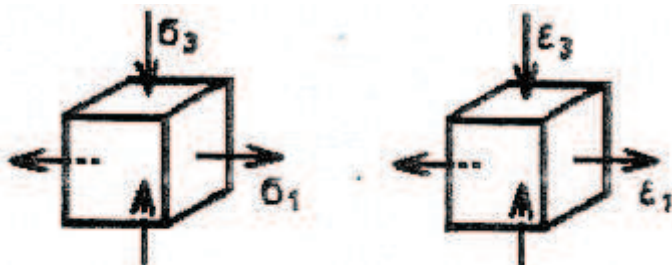
Obr. 4 Tři fáze procesu stříhání: a - fáze pružná, b - fáze tvárné deformace, c - fáze porušení [4]

Vlastní proces stříhání je možné rozdělit do třech fází. První je označena jako pružná fáze. Začíná v okamžiku styku střížné hrany střížníku se stříhaným materiálem a končí v okamžiku dosažení hodnoty napětí R_p v rovině stříhu. V závislosti na druhu stříhaného materiálu tato fáze probíhá v době střížné dráhy střížníku asi 5 až 8 % hloubky stříhaného materiálu. Druhou fází stříhání tvoří fáze tvárné deformace. Další postup střížníku po dosažení napětí R_p v střížné ploše zvyšuje napětí až do dosažení meze pevnosti ve smyku τ_m . V tomto okamžiku v místě styku střížnice s materiálem se začnou vytvářet první trhlinky. Třetí fází tvoří porušení materiálu. Tuto fází vyvolává překročení napětí meze pevnosti v smyku τ_m , což způsobuje další tvorbu trhlinek v rovině stříhu. Trhlinky se šíří na skluzových rovinách, postupně se spojují, až jejich úplné spojení materiál oddělí.

Pro křehké materiály je charakteristické téměř okamžité oddělení materiálu. Naopak pro měkké a houževnaté materiály je typický pomalý vznik a šíření trhlin. Průběh trhlin závisí převážně na velikosti střížné mezery. Jestliže je střížná mezera velká, dojde k setkání nástříhu od střížné hrany střížníku i střížnice a vystřížení výstřížku proběhne ještě dříve, než střížník dosáhne střížnice.

4.1.1 Stav napjatosti při stříhání

Předpokládáme, že stříhání je uskutečňované na nůžkách, které stříhání materiál rovnoběžnými střížnicemi, jedná se tedy o neuzavřenou střížnou čáru. Tento předpoklad umožňuje použít zjednodušené schéma napjatosti a to rovinný stav napjatosti.

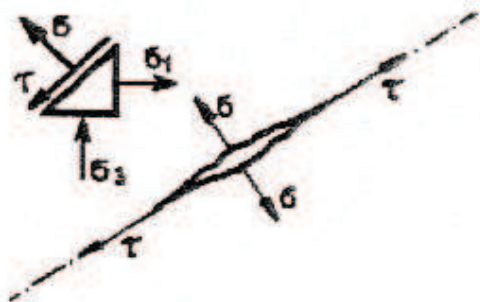


Obr. 5 Schéma hlavních napětí a deformací při stříhání [4]

Ve směru působení střížnice působí tlakové napětí σ_3 a v kolmém směru prodlužujících se vláken působí tahové napětí σ_1 (Obr. 5). Takovému rovinnému stavu napjatosti odpovídá také rovinná deformace. S ohledem na střední hlavní napětí σ_2 , pro platný vztah mezi hlavními napětími platí $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$, potom rovnici plasticity napíšeme ve tvaru

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta \cdot \sigma_D \quad 1$$

Kde β je Lodeho součinitel pohybující se v rozsahu 1 až 1,155 a σ_D představuje deformační odpor stříhaného materiálu. Se vznikem plastické deformace stříhaný materiál mění svůj tvar a také se v střížné ploše materiál zpevňuje. To umožňuje vznik přídavných napětí a postupný přechod z rovinného stavu napjatosti na prostorový stav napjatosti. Stav napjatosti významně ovlivňuje střížná vůle a třecí síly. Uvedené namáhání umožňuje vznik smykového napětí (Obr. 6).



Obr. 6 Smykové napětí ve střížné ploše [4]

Hodnotu smykového napětí v druhé fázi tvárné deformace střížného procesu můžeme určit ze vztahu

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \frac{1}{2} \beta \sigma_D \quad 2$$

V této fázi dosáhne smykové napětí τ hodnoty meze pevnosti ve smyku τ_m (tj. rozhraní druhé a třetí fáze střížného procesu). V místě styku střížnice s materiálem začínají vznikat první podlouhlé trhlinky. Další působení tlaku střížnice umožňuje růst a šíření trhlínek do středu materiálu na spojnici horní a dolní střížnice. Celistvost materiálu se postupně poruší a oddělení materiálu nastane v okamžiku spojení šířících se trhlín od střížnic. V procesu stříhaní materiálu bylo pozorováno, že k oddělení materiálu dochází při menší dráze pohyblivé střížnice, než je hloubka stříhaného materiálu. Tento děj charakterizuje součinitel χ , který udává poměrné vniknutí střížnice do materiálu a určí se podle vztahu

$$\chi = \frac{h}{h_0} \quad 3$$

kde h je hloubka vniknutí střížnice do materiálu při jeho dělení a h_0 je tloušťka stříhaného materiálu. Orientační hodnoty součinitele χ pro některé materiály jsou uvedeny v Tabulce 2 .

Tabulka 2 Orientační hodnoty součinitele χ pro některé materiály [4]

Materiál		Hloubka stříhaného materiálu h_0 [mm]			
Ocel	T_s [MPa]	do 1	1 až 2,5	2,5 až 4	nad 4
	250 až 350	0,75 až 0,7	0,7 až 0,65	0,65 až 0,55	0,5 až 0,4
	350 až 500	0,65 až 0,6	0,6 až 0,55	0,55 až 0,48	0,45 až 0,35
	500 až 700	0,5 až 0,47	0,47 až 0,45	0,45 až 0,38	0,35 až 0,25
Al, Cu žíhaný stav		0,8 až 0,75	0,75 až 0,7	0,7 až 0,6	0,6 až 0,5

4.1.2 Výpočet parametrů stříhání

Mezi základní parametry procesu stříhání patří dva parametry, střížná síla F_s a střížná práce A_s . Tyto parametry jsou využívány pro dimenzování střížných nástrojů, konstrukci nůžek, výkon motoru, atd.

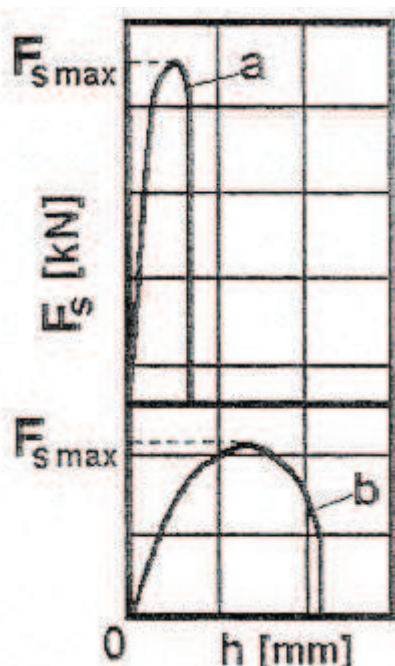
4.1.2.1 Stříhání s rovnoběžnými střížnými nástroji

Určení střížné síly F_s při stříhání rovnoběžnými střížnými nástroji v každém okamžiku vychází ze součinu střížného odporu τ_s a střížné plochy S

$$F_s = k_s \cdot S = l_s (h_0 - h) \cdot \tau_s \quad 4$$

l_s – délka střížné čáry

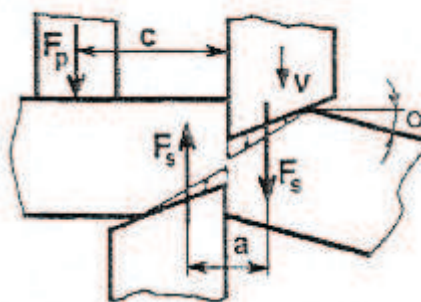
h_0 – hloubka stříhaného materiálu h do které vnikl střížník



Obr. 7 Průběh střížné síly při stříhání s rovnoběžnými střížnicemi, a - křehké materiály, b - tvárné materiály [4]

Pod pojmem střížný odpor se chápá odpor, který klade stříhaný materiál proti vnikání střížného nástroje. Střížný odpor je materiálovo - technologická vlastnost, protože závisí na mechanických vlastnostech, střížné mezeře, hloubce stříhaného materiálu, rychlosti stříhání, tvaru a velikosti střížné čáry. Velikost střížné síly F_s závisí na hloubce h vniknutého střížného nástroje do stříhaného materiálu. Charakteristický průběh střížné síly při stříhání s rovnoběžnými střížnými nástroji je uvedený na Obr. 7. Průběh střížné síly je v určité korelaci s tahovou zkouškou, kde při křehkých materiálech se zkušební tyčka roztrhne při malé deformaci a při tvárných materiálech až po značné deformaci. Pokud do rov. 4 za střížný odpor dosadíme pevnost materiálu ve stříhu τ_m , dostaneme rovnici pro maximální střížnou sílu

$$F_{s \max} \cong l_s \cdot h_0 \cdot \tau_m \quad 5$$



Obr. 8 Určení síly přidržovače [4]

Tabulka 3 Výpočet $\tau_m = k \cdot R_m$ [4]

Materiál	Koeficient k
Dural měkký	0,65 až 0,75
Dural tvrdý	0,60 až 0,65
Hliník měkký	0,75 až 0,90
Hliník tvrdý	0,55 až 0,70
Mosaz	0,65 až 0,75
Nerezová ocel	0,68 až 0,72
Ocel	0,75 až 0,90
Slitiny titanu	0,65 až 0,70

Pevnost materiálu ve stříhu τ_m udává Tabulka 3 (počítaná z R_m). Z Obr. 8 je vidět, že na stříhaný materiál působí stříhová dvojice sil F_s , která vytvoří ohybový moment $F_s \cdot a$, který stříhaný materiál ohne o úhel α . Tento ohybový moment je potřebné eliminovat přidržovačem, což si vyžaduje určit sílu přidržovače F_p , která působí na rameni c . Hodnotu síly přidržovače určíme z rovnováhy momentů.

$$F_p \cdot c = F_s \cdot a \quad 6$$

Potom konkrétní vyjádření síly přidržovače má tvar

$$F_p = F_s \cdot \frac{a}{c} \quad 7$$

Poměr c/a se volí asi 10, potom

$$F_p = 0,1 \cdot F_s \quad 8$$

V důsledku postupného otupení střížných hran při stříhání, stoupá postupně také střížná síla. Ve výpočtech střížné síly se vliv otupení hran střížného nástroje zohledňuje prostřednictvím koeficientu k_l

$$F_s = k_l \cdot S \cdot \tau_m \quad 9$$

Přičemž k_l se volí od 1,15 až 1,30.

Pro stanovení střížné práce A_s potřebujeme průběh střížné síly F_s na dráze h střížného nástroje (Obr. 7) aproximovat analytickou funkcí. Jako vhodná funkce se ukázala poloelipsa, které

jednu poloosu tvoří síla F_{smax} a druhou poloosu polovička hloubky vniknutého střížníku $h/2$. Střížná práce je tvořená plochou, kterou ohraničuje střížná křivka a osa dráhy střížníku (x-ová osa)

$$A_s = \frac{1}{2} \pi \cdot F_{smax} \cdot \frac{h}{2} \quad 10$$

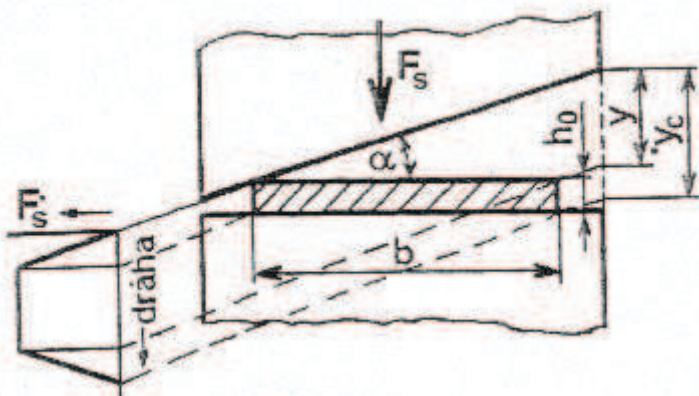
kde h představuje hloubku vniknutí střížnice do stříhaného materiálu v okamžiku úplného oddělení materiálu. Hloubku vniknutí střížnice vyjádříme prostřednictvím součinitele χ z rov. 3 a sílu vyjádříme z rov. 9. Střížná plochy $S = b \cdot h_0$, kde b představuje šířku stříhaného materiálu.

$$A_s = k_1 \frac{\pi}{4} \chi \cdot h_0^2 \cdot b \cdot \tau_m \quad 11$$

Rov. 11 vyjadřuje střížnou práci při stříhání materiálu rovnoběžnými střížnými nástroji.

4.1.2.2 Stříhání se šikmým střížným nástrojem

Podstata stříhání se šikmým střížným nástrojem je uvedena na Obr. 9. Horní pohyblivý střížný nástroj je šikmý pod úhlem α , $2^\circ \leq \alpha \leq 5^\circ$. S takto upevněným střížným nástrojem dosáhneme toho, že v okamžik záběru střížného nástroje je jen část stříhaného průřezu.



Obr. 9 Stříhání se šikmým střížným nástrojem [4]

Podle Obr. 10, okamžitou střížnou plochu vymezuje čtyřúhelník ABCD. Okamžitou šířku b_1 v střížném záběru určíme z pravoúhlého trojúhelníka ACD

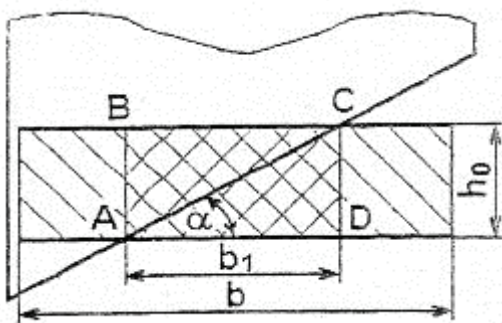
$$b_1 = \frac{h_0}{\operatorname{tg} \alpha} \quad 12$$

Okamžitou střížnou plochu S_α určíme

$$S_\alpha = b_1 \cdot h_0 = \frac{h_0}{\operatorname{tg} \alpha} \quad 13$$

Střížná síla F_s

$$F_s = S_\alpha \cdot \tau_m \quad 14$$



Obr. 10 Okamžitá střížná plocha ABCD [4]

Do rov.14 zavedeme koeficient otupení střížných hran nástroje k_2 , který dále zahrnuje ještě technologické poměry stříhání. Výsledný vztah F_S , po dosazení okamžité střížné plochy je

$$F_S = k_2 \frac{h_0^2}{\operatorname{tg} \alpha} \tau_m \quad 15$$

Střížnou práci A_α v procesu stříhání se šikmým střížným nástrojem vypočítáme jako plochu lichoběžníka, který tvoří průběh střížné síly, (Obr. 9).

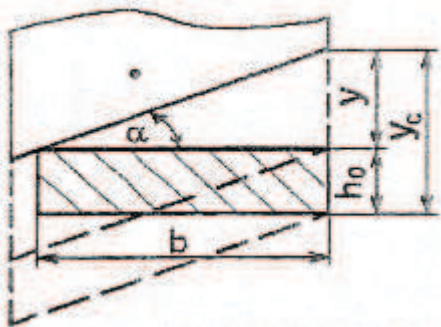
$$A_\alpha = F_S \cdot y = k_2 \cdot h_0^2 \cdot b \cdot \tau_m \quad 16$$

Výšku zdvihu y určíme z Obr. 9

$$y = b \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad 17$$

Konstantu k_2 určíme z rovnosti střížné práce $A_S = A_\alpha$ rov.11 a rov.16

$$k_2 = \frac{\pi}{4} \chi k_1 \quad 18$$



Obr. 11 Výška zdvihu y [4]

Při stříhání stejně silného materiálu se šikmým střížným nástrojem je v podstatě potřebná nižší střížná síla než při stříhání s rovnými střížnými nástroji. Nevýhodou je, že při stříhání se šikmým střížným nástrojem vzniká dodatečná deformace, která způsobuje ohýbání odstříhávané (nepřidržené) části materiálu.

4.2 Střížná vůle a tolerance střížných nástrojů

Presnost výrobku bude hlavním činitelem ovlivňujícím tolerance střížných nástrojů. Výrobky mohou být požadovány v těchto třídách přesnosti:

Nižší přesnost IT 14, IT 15, IT 16
Střední přesnost IT 11, IT 12
Zvýšená přesnost IT 6, IT 7, IT 8, IT 9

Střížné nástroje musí být přesnější. Jejich tolerance musí být tedy nižší.

Tabulka 4 Závislost přesnosti vystřihovaných součástí na přesnost nástroje [5]

Základní výrobní tolerance IT vystřihovaného výrobku	8 až 9	10	11	12	13	14	15
Základní výrobní tolerance IT střížníku a střížnice	5 až 6	6 až 7	7 až 8	8 až 9	10	11	12

Toleranci střížných nástrojů ovlivňuje také velikost střížné vůle. Můžeme ji předepsat jen tehdy, je-li velikost střížné vůle větší než výrobní tolerance nástrojů. Závislost tolerancí nástrojů na velikosti nástroje a vůle je uvedena v Tabulce 5.

Tabulka 5 Závislost tolerance nástrojů na velikosti nástroje [5]

Střížná vůle [mm]	Rozměr nástroje [mm]											
	1 až 3	3 až 6	6 až 10	10 až 18	18 až 30	30 až 50	50 až 80	80 až 120	120 až 180	180 až 260	260 až 360	360 až 500
0,0005 až 0,003	+D IT nebo - d IT6											I
0,003 až 0,002	+D IT nebo - d IT 6											
0,02 až 0,06	+D IT 7											II
0,06 až 0,15	-d IT 7											
0,15 až 0,20												III
0,20 až 0,30	+D IT 8											
0,30 až 0,60	-d IT 8											
0,60 až 2												
nad 2												IV

4.2.1 Stanovení správné vůle mezi střížnými nástroji

Jakost střížné plochy a velikost střížné síly a s tím související opotřebení nástroje jsou hlavní hlediska, která mají vliv na volbu vůle mezi střížnými nástroji (Obr. 12). Pro přímé určení velikosti vůle se proto přihlíží k tloušťce stříhaného materiálu a k pevnosti ve stříhu (Tabulka 6). Dále je možné použít vztahů:

Pro plechy do $h_o \leq 3mm$:

$$v = 2 \cdot C \cdot h_o \sqrt{\tau_m}$$

19

Pro plechy do $h_o \geq 3mm$:

$$v = 2(1,5 \cdot h_o - 0,015)\sqrt{\tau_m}$$

20

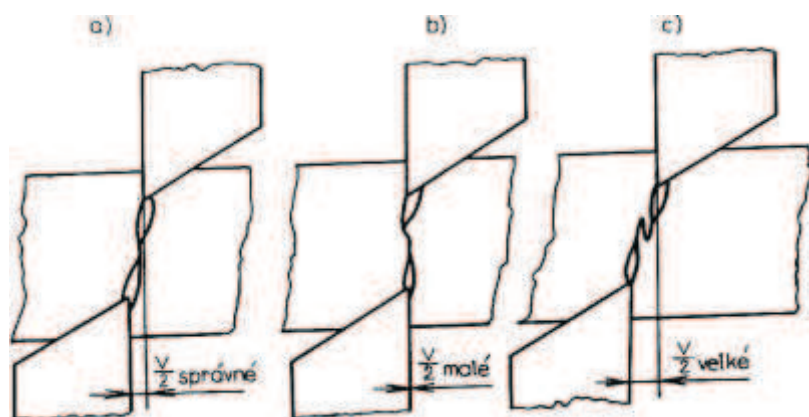
Kde h_o je tloušťka plechu,

τ_m – pevnost materiálu ve stříhu,

C – součinitel, jehož velikost se volí v rozmezí 0,005 – 0,035. Nižší hodnoty volíme, chceme-li získat lepší střížnou plochu, vyšší hodnoty součinitele umožní dosáhnout minimální střížné síly.

Tabulka 6 Velikost střížné vůle pro kovové materiály [5]

Tloušťka materiálu h_o (mm)	Mez pevnosti σ_{Pt}						Tvrдость 45 až 50 HRC	
	do 400 MPa		400 – 600 MPa		nad 600 MPa		z (%)	z (mm)
	z (%)	z (mm)	z (%)	z (mm)	z (%)	z (mm)		
0,1	3 až 5	0,003-0,005	5 až 7	0,005-0,007	7 až 9	0,007-0,009	10 až 12	0,010-0,012
0,2		0,006-0,010		0,010-0,014		0,014-0,018		0,020-0,024
0,3		0,009-0,015		0,015-0,021		0,021-0,027		0,030-0,036
0,4		0,012-0,020		0,020-0,028		0,028-0,036		0,040-0,048
0,5		0,015-0,025		0,025-0,035		0,035-0,045		0,050-0,060
0,6	4 až 6	0,024-0,036	6 až 8	0,036-0,048	8 až 10	0,048-0,060	11 až 13	0,066-0,078
0,8		0,032-0,048		0,048-0,064		0,064-0,080		0,088-0,104
1,0		0,040-0,060		0,060-0,080		0,080-0,10		0,110-0,130
1,2		0,048-0,072		0,072-0,096		0,096-0,12		0,132-0,156
1,5		0,060-0,090		0,090-0,12		0,12-0,15		0,165-0,195
1,8	5 až 7	0,090-0,126	7 až 9	0,126-0,162	9 až 11	0,162-0,198	12 až 14	0,216-0,252
2,0		0,1-0,140		0,140-0,180		0,180-0,220		0,240-0,280
2,5		0,125-0,175		0,175-0,225		0,225-0,275		0,300-0,350
3,0		0,150-0,210		0,210-0,270		0,270-0,330		0,360-0,420
3,5		7 až 10		0,245-0,350		9 až 12		0,315-0,420
4,0	0,280-0,40		0,360-0,480	0,440-0,560	0,560-0,640			
4,5	0,315-0,45		0,405-0,540	0,495-0,630	0,630-0,720			
5,0	0,35-0,50		0,450-0,600	0,550-0,700	0,700-0,800			
6,0	10 až 13		0,60-0,78	12 až 15	0,72-0,90		14 až 17	0,84-1,02
7,0		0,70-0,91	0,84-1,05		0,98-1,19	1,19-1,40		
8,0		0,80-1,04	0,96-1,20		1,12-1,36	1,36-1,60		
9,0		0,90-1,17	1,08-1,35		1,26-1,53	1,53-1,80		
10,0		1,0-1,30	1,20-1,50		1,40-1,70	1,70-2,0		
11,0	13-16	1,43-1,76	15 až 18	1,65-1,98	17 až 20	1,87-2,20	20 až 23	2,20-2,53
12,0		1,56-1,92		1,80-2,16		2,04-2,40		2,40-2,76
13,0		1,69-2,08		1,95-2,34		2,21-2,60		2,60-2,99
14,0		1,82-2,24		2,10-2,52		2,38-2,80		2,80-3,22
15,0		1,95-2,40		2,25-2,70		2,55-3,00		3,00-3,45
16,0		2,08-2,56		2,40-2,88		2,72-3,20		3,20-3,68



Obr. 12 Vliv střížné vůle na kvalitu střížné plochy, a - optimální střížná vůle, b - střížná vůle malá, c - střížná vůle velká [5]

4.2.2 Stříhání plechů

Běžný způsob stříhání noži šikmými se používá na tzv. tabulových nůžkách. Jak vyplývá ze vzorců pro určení střížné síly, bude se potřebná střížná síla zmenšovat s rostoucím úhlem mezi noži α' (Obr. 9).

Tabulové nůžky jsou určeny ke stříhání tabulí plechu. Horní nůž bývá šikmý s různými úhly. Čím je úhel sklonu menší, tím méně se ohýbá ústřížek. Tabulové nůžky se dělají pro tenké a tlusté plechy od 2 do 40 mm a pro délky stříhu 2 až 4 m. Moderní tabulové nůžky mají nastavitelnou vůli mezi noži.

Na nůžkách se stříhá buď s předním dorazem, nebo s dorazem zadním: někdy se musí stříhat podle rysky narýsované na plechu.

Různé firmy vyrábějí nůžky s různými úhly α , někdy dokonce s úhlem α měnitelným. To je značná výhoda. Čím větší je úhel α , tím větší je i deformace (ohnutí, šavovitost) odstřížku, což se pokaždé projeví při stříhání úzkých pásků. Proto by se velké úhly neměly používat.

Tabulka 7 Vhodné velikosti úhlů α [5]

s [mm]	α	α_{\max}
4	1°	1°30'
10	2°	2°30'
20	3°	3°30'
30	3°30'	4°

Kvalitu střížné plochy ovlivňuje kromě míry otupení také vůle mezi noži. Moderní nůžky jsou řešeny tak, že je možno vůli velmi rychle nastavit na správnou hodnotu. Tak se dosáhne daleko kvalitnějšího stříhu, ať už se stříhá tenký nebo tlustší plech.

4.2.3 Životnost a otupení nožů

Vliv otupení nožů se projevuje zhoršením kvality střížné plochy a vzrůstem střížné síly až o 60%. Střížná hrana nástroje se otupováním postupně zaobluje, a tím se zvětšuje deformace stříhaného materiálu. Životnost nožů závisí především na stříhaném materiálu a materiálu nástroje. Opotřebení vzniká jednak únavou materiálu v povrchových vrstvách střížné hrany, jednak zadíráním a otěrem. Opotřebení únavou se projevuje vylamováním střížné hrany.

Tento jev se objevuje u nožů s velkou tvrdostí. Zadírání nastává při posuvu materiálu po nástroji, hlavně po pohyblivé části nože. Opotřebením otěrem způsobuje uvolněné částice materiálu, vznikající při zadírání, a rovněž nečistoty.

5 ZÁSADY PRO KONSTRUKCI TVÁŘECÍCH STROJŮ

[6]

Základním předpokladem při konstrukci tvářecího stroje je dokonalá znalost technologie příslušného tvářecího pochodu a dále znalost požadovaných parametrů výrobku, zejména jeho tvarové a rozměrové přesnosti.

Podle charakteru tvářecího pochodu určuje konstruktér velikost tvářecích sil působících na stroj, dráhu nástroje potřebnou k docílení požadované plastické deformace, spotřebu energie v závislosti na čase, rozměry pracovního prostoru, druh pohonu a další parametry potřebné pro konstrukci stroje.

Tvářecí síly působící na stroj spolu s požadovanou tvarovou a rozměrovou přesností výrobku určují ekonomické rozměry součástí stroje, a to zejména se zřetelem k pružným deformacím pracovního prostoru. Velikost těchto deformací, kromě přesnosti výrobku, ovlivňuje význačně spotřebu energie, dynamickou stabilitu a tím ekonomický provoz tvářecího stroje.

Konstruktér musí zajistit co největší účinnost přenosu energie mezi motorem a výrokem a současně docílit, pokud je to možné, co nejklidnější chod stroje.

Výkon tvářecího stroje, tj. počet výrobků za jednotku času, nebo množství přetvárné práce předané výrobku za jednotku času má být co největší, s přihlédnutím k současnému stavu technologie a optimální z hlediska životnosti nástrojů.

6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ TABULOVÝCH NŮŽEK

[7]

Pro představení konkrétního výrobce tabulových nůžek jsem si zvolila firmu Libor Brom - MOSTR

Firma byla založena v roce 1991 se sídlem v Moravanech u Pardubic. V roce 1999 se přestěhovala do nových objektů v Prachovicích u Dašic. Hlavní náplní firmy je výroba plechotvárečích strojů, zejména pro využití v klempířských, zámečnických a údržbářských dílnách a provozech. Jde o produkci dle vlastních konstrukčních návrhů.

6.1 Nůžky ruční tabulové litinové typové řady NTP



Obr. 13 Ruční tabulové nůžky typu NTP [7]

Nůžky najdou uplatnění ve všech zámečnických, klempířských, údržbářských, autoopravárenských a strojních dílnách. Tyto stroje se vyznačují velmi masivní, tuhou litinovou konstrukcí a vysokou spolehlivostí. Činné části nůžek jsou vyrobeny z vysoce kvalitní nástrojové oceli a jsou kaleny. Nože na nůžkách se dají opakovaně několikrát ostřit. Zadní doraz se přestavuje pomocí hřebenového převodu a je odpružený, což umožňuje stříhání úzkých pásků. Na nůžkách je možné stříhat nekonečně dlouhý pás materiálu. Přidržovač, který je upevněn na stole stroje a slouží k přidržování plechu při stříhání, je ovládán pákou s výstředníkem.

Tabulka 8 Základní parametry ručních tabulových nůžek typu NTP [7]

Typ		NTP 1000/2A	NTP 1000/2,5B
Pracovní délka [mm]		1030	1030
Max. tloušťka plechu při pevnosti 400 Mpa [mm]		2	2,5
Max. vysunutí zadního dorazu [mm]		500	
Max. šířka stříhaného pásu [mm]		10	
Přestavitelnost dorazu úhlová [°]		±45	
Rozměry pracovního stolu	délka [mm]	1300	
	šířka [mm]	520	
Rozměry stroje	délka [mm]	1950	
	šířka [mm]	850	
	výška [mm]	650	
Hmotnost [kg]		550	

6.2 Nůžky ruční tabulové typové řady NTM



Obr. 14 Ruční tabulové nůžky typu NTM [7]

Nůžky najdou uplatnění ve všech zámečnických, klempířských, údržbářských, auto-opravářských a strojních dílnách. Tyto stroje se vyznačují velmi masivní, tuhou konstrukcí a vysokou spolehlivostí. Činné části nůžek jsou vyrobeny z vysoce kvalitní nástrojové oceli a jsou kaleny. Nože na nůžkách se dají opakovaně několikrát ostřit. Zadní doraz se přestavuje pomocí hřebenového převodu a je odpružený, což

umožňuje stříhání úzkých pásků. Na nůžkách je možné stříhat nekonečně dlouhý pás materiálu. Přidržovač, který je upevněn na stole stroje a slouží k přidržování plechu při stříhání, je ovládán pákou s výstředníkem.

Tabulka 9 Základní parametry ručních tabulových nůžek typu NTM [7]

Typ		NTM 1000/2	NTM 1300/1,5
Pracovní délka [mm]		1030	1330
Max. tloušťka plechu při pevnosti 400 Mpa [mm]		2	1,5
Max. vysunutí zadního dorazu [mm]		510	
Max. šířka stříhaného pásu [mm]		1	
Přestavitelnost dorazu úhlová [°]		±60	
Rozměry pracovního stolu	délka [mm]	1200	1500
	šířka [mm]	600	
Rozměry stroje	délka [mm]	1500	1800
	šířka [mm]	750	
	výška [mm]	800	
Hmotnost [kg]		290	350

6.3 Nůžky ruční padací typové řady NPM



Obr. 15 Nůžky ruční padací typu NPM [7]

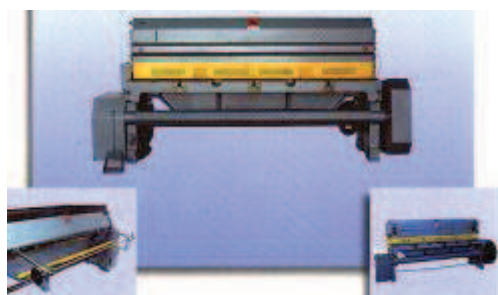
Nůžky najdou uplatnění ve všech zámečnických, klempířských, údržbářských, auto-opravářských, stavebních a strojních dílnách. Tyto stroje se vyznačují velmi masivní, tuhou konstrukcí a vysokou spolehlivostí. Činné části nůžek jsou vyrobeny z vysoce kvalitní nástrojové oceli a jsou kaleny a broušeny. Nože na nůžkách se dají

opakovaně několikrát ostřit. Hlavní částí nůžek je svařovaný stojan, v němž je opracována vodící plocha pro beran. Svislý pohyb beranu je odvozen od excentrického hřídele pomocí ojnice a čepu. Střížná síla se vyvozuje ruční pákou nalisovanou na konec excentrického hřídele. Nůžky nevyžadují téměř žádnou údržbu, pouze občasné promazání kluzných míst mazacím lisem a naostření nožů po jejich otupení.

Tabulka 10 Základní parametry ručních padacích nůžek řady NPM [7]

Typ		NPM 1000/1,75	NPM 1300/1,5	NPM 1500/1,5	NPM 2000/1,25	NPM 2500/1
Pracovní délka [mm]		1040	1540	1540	2040	2540
Max. tloušťka plechu [mm]	ocel	1,75	1,5	1,5	1,25	1
	hliník	2,25	2	2	1,75	1,5
Úhel stříhu [°]		4°30'	3°30'	3°	2°15'	1°50'
Rozměry stroje	délka [mm]	1465	1765	1965	2465	2965
	šířka [mm]	770				
	výška [mm]	1160				
Hmotnost [kg]		470	520	560	650	740

6.4 Nůžky elektromechanické padací NTV 2000/4 E



Obr. 16 Nůžky elektromechanické padací
NTV2000/4E [7]

Nůžky splňují požadavky výroby při přímočarém stříhání tabulí a pásů z ocelových i neželezných kovů a z jiných materiálů rovnocenných vlastností vhodných na stříhání. Jednoduchá konstrukce zabezpečuje spolehlivý provoz a jednoduchou obsluhu stroje. Stroj v základním provedení je vybaven funkcemi, které umožňují ovládat přestavení střížné vůle. Nůžky najdou uplatnění ve všech zámečnických, údržbářských, autoopravářských a strojních dílnách. Tyto stroje se vyznačují velmi masivní, tuhou konstrukcí a vysokou spolehlivostí.

Činné části nůžek jsou vyrobeny z vysoce kvalitní nástrojové oceli a jsou kaleny a broušeny. Nože na nůžkách se dají opakovaně několikrát ostřit.

Tabulka 11 Základní parametry elektromechanických padacích nůžek typu NTV [7]

Typ	NTV 2000/4E	
Pracovní délka [mm]	2050	
Max. tloušťka plechu při pevnosti 450 Mpa [mm]	4	
Rozsah vysunutí zadního dorazu [mm]	20-500	
Úhel sklonu řezné hrany nože [°]	2,49	
Vyložení v bočnicích [mm]	120	
Počet zdvihů [1/min]	19	
Napětí [V]	3x400	
Příkon [kW]	7,5	
Rozměry stroje	délka [mm]	3180
	šířka [mm]	1890
	výška [mm]	1440
Hmotnost [kg]	3000	

6.5 Nůžky hydraulické padací HNH

Nůžky splňují požadavky výroby při přímočarém stříhání tabulí a pásů z ocelových i nezelezných kovů a z jiných materiálů rovnocenných vlastností vhodných na stříhání. Jednoduchá konstrukce zabezpečuje spolehlivý provoz a jednoduchou obsluhu stroje. Stroj v základním provedení je vybaven funkcemi, které umožňují ovládat přestavení střížné vůle a nastavení úhlu stříhu. Hydraulický pohon zajišťuje stabilní přitlačení plechu pomocí hydraulických přitlačných válečků a rovnoměrné ustřížení plechu konstantní rychlostí.



Obr. 17 Nůžky hydraulické padací typ HNH [7]

Výhodami hydraulického pohonu je stálá střížná síla a rychlost celého zdvihu, všestranného zajištění proti přetížení hydraulickým pojistným ventilem a možnost nastavení zdvihu střížné traverzy dle šířky plechu. Nůžky najdou uplatnění ve všech zámečnických, údržbářských, autoopravárenských a strojních dílnách. Tyto stroje se vyznačují velmi masivní, tuhou konstrukcí a vysokou spolehlivostí. Činné části nůžek jsou vyrobeny z vysoce kvalitní nástrojové oceli a jsou kaleny a broušeny. Nože na nůžkách se dají opakovaně několikrát ostřit.

Tabulka 12 Základní parametry hydraulických nůžek padacích typu HNH [7]

Typ	HNH 1000/4	HNH 1250/3	HNH 2000/4	HNH 2000/6	HNH 3000/10	
Pracovní délka [mm]	1030	1260	2030	2050	3120	
Pracovní výška [mm]	900	800	900	800		
Max. tloušťka plechu při pevnosti 450 MPa [mm]	4	3	4	6	10	
Počet zdvihů [min ⁻¹]	32-65	30-60	24-60	12-24	8-37	
Úhel sklonu řezné hrany nože [°]	0,5-2			0,5-2,5	0,5-3,35	
Objem olejové nádrže [l]	40		50		160	
Napětí [V]	3x380					
Příkon hlavního elektromotoru [kW]	3	2,2	4	5,5	15	
Rozměry stroje	délka [mm]	1465	1765	1965	2465	2965
	šířka [mm]	1600	1500	1700		2600
	výška [mm]	1350	1450	1700	1800	2250
Hmotnost [kg]	790	850	2200	2700	8500	

6.6 Srovnání parametrů uvedených tabulových nůžek

Tabulka 13 Srovnání základních parametrů výše uvedených tabulových nůžek

Typ	Pracovní délka [mm]	Max. tloušťka plechu [mm]	Hmotnost [kg]	Rozměry stroje [mm]		
				délka	šířka	výška
Nůžky ruční tabulové řady NTP 1000/2A	1030	2	550	1950	850	650
Nůžky ruční tabulové typové řady NTM 1000/2	1030	2	290	1500	750	800
Nůžky ruční padací typové řady NPM 1300/1,5	1540	1,5	520	1765	770	1160
Nůžky elektromechanické padací NTV 2000/4 E	2050	4	3000	3180	1890	1440
Nůžky hydraulické padací HNH 1000/4	1030	4	790	1500	1600	1350

7 KONSTRUKCE TVÁŘECÍHO STROJE – TABULOVÝCH NŮŽEK

[8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]

7.1 Vstupní parametry konstrukčního návrhu

Mým úkolem je navrhnout tabulové nůžky na stříhání plechu pro malou klempířskou dílnu. Tloušťka stříhaného materiálu bude převážně od 0,5 mm do 1 mm. Délku stříhaného tabulového plechu uvažuji 1000 mm. Nůžky nebudou využívány každodenně. Z Tabulky 13 srovnání základních parametrů tabulových nůžek budou plně dostačující nůžky ruční tabulové s ohledem na požadovanou tloušťku stříhaného plechu. Dalším důležitým parametrem jsou i celkové rozměry tabulových nůžek vzhledem k umístění nůžek v menší klempířské dílně.

Vstupní parametry pro návrh tabulových nůžek:

- Ruční pohon tabulových nůžek bude plně dostačující
- Nůž budu volit šikmý s ohledem na velikost střížné síly
- Rám stroje navrhnu z masivní ocelové konstrukce jako svařenec
- Nosným prvkem bude stůl s přidržovačem a se spodním nožem
- Rameno s horním nožem, bude vyvažováno ramenem se závažím.
- Rameno nůžek bude uloženo pomocí kluzného ložiska na čepu
- Nůžky budou mít doraz, který umožní stříhat i úzké proužky plechu
- Maximální délka stříhaného tabulového plechu je 1000 mm a minimální šířka odstřiženého plechu je 1 mm
- Materiál tabulových plechů používaných v klempířské dílně je pozinkovaný plech (FeZn), měděný plech (Cu), hliníkový plech (Al) a titan-zinkový plech (TiZn).

7.2 Základní popis a mechanické vlastnosti stříhaných materiálů

7.2.1 Pozinkovaný plech – Fe-Zn

Žárově pozinkované plechy jsou vrstveným materiálem, ve kterém se optimální vlastnosti oceli spojují s ochranným účinkem zinkové vrstvy proti korozi. Žárově pozinkovaná ocel se vyrábí kontinuálním způsobem. Ocelový plech válcovaný za studena je jako základní materiál průběžně čištěn, žíhán a v roztavené zinkové lázni pozinkován. Životnost v exteriéru je udávána 10 - 15 let, s povrchovou úpravou se životnost prodlužuje.

7.2.2 Měděný plech - Cu

Měď se osvědčuje již celá staletí, je známá svojí dlouhou životností, snadnou zpracovatelností, mimořádnou hospodárností a harmonickým sladěním s ostatními stavebními materiály. Důkazem toho je řada architektonických skvostů s původní měděnou střechou z 16. a 17. století, ale i velké množství zajímavých staveb ze současnosti. Životnost systému je bezkonkurenčně nejdélejší ze všech možných řešení – od 80 do 160 let – a nevyžaduje žádnou údržbu včetně povrchových úprav. Lze použít na rekonstrukce i novostavby.

7.2.3 Hliníkový plech - Al

Materiál hliník barvený nachází stále širší uplatnění díky příznivým vlastnostem, ke kterým patří především nízká měrná hmotnost, vysoká odolnost vůči korozi a skutečnost, že se jedná o nemagnetický materiál. Materiál je dostatečně pevný, má výbornou tvárnost a dostatečnou ochranu proti oxidaci ve formě organické povrchové úpravy v široké škále barev. Povrchová úprava se provádí nanášením polyuretanu v tloušťce cca 25 mikrometrů z obou stran. Následuje lakování, které materiálu dodá povrchovou tvrdost. Polyuretan na rozdíl od polyesteru při tvarování a ohýbání nepuká, nevznikají mikrovlásečnicové trhlinky, má stálejší barevný odstín a je odolnější vůči povětrnostním podmínkám.

7.2.4 Titanzinkové plechy - TiZn

Firma NedZink vyrábí válcovaný titanzinek podle DIN EN 988, jde o slitinu na bázi elektrolyticky vyráběného zinku se stupněm čistoty min. 99,995 % zinku (Z1 podle DIN EN 1179) a přesně určených přísad mědi, titanu a hliníku, který má dobrou mechanickou pevnost a tvarovou stabilitu a je používán ve stavebnictví na střechy, fasády, klempířské prvky a okapové systémy. Materiál je bezúdržbový. Udávaná životnost je cca 90 let.

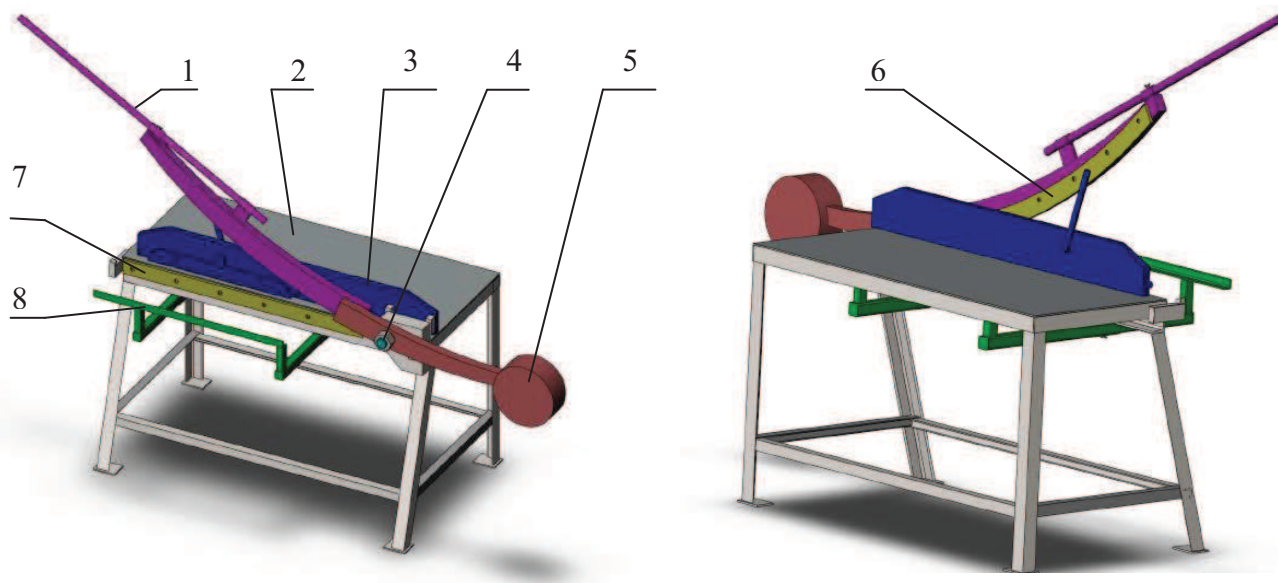
Tabulka 14 Přehled základních mechanických vlastností vybraných plechů

Materiál označení dle EN	mez kluzu $R_p 0,2$ [MPa]	mez pevnosti v tahu R_m [MPa]	Tažnost A [%]
Cu CW024A	100	240-300	8
FeZn DX51D-Z300	300	270-420	26
TiZn	110	150	40
Al EN AW 1050	90	110-150	3-6

Tabulka 15 Přehled chemického složení vybraných plechů

	Si [%]	Fe [%]	Cu [%]	Mn [%]	Mg [%]	Cr [%]	Zn [%]	Ti [%]	Jiné [%]	Al [%]	C [%]	P [%]	S [%]
Al	0,25	0,4	0,05	0,01		0,01	0,07	0,05	0,03	99,5			
FeZn	0,05	0,455		0,35			99,00			0,02	0,08	0,025	0,02
TiZn			0,08-0,1				99,99	0,06-0,2		0,015			
Cu			99,96									0,04	

7.3 Popis jednotlivých částí stroje



Obr. 18 Schéma tabulových nůžek

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. Rameno nůžek | 5. Závaží |
| 2. Upínací stůl | 6. Horní nůž |
| 3. Přidržovač plechu | 7. Spodní nůž |
| 4. Čep | 8. Přední doraz plechu |

7.3.1 Upínací stůl

Jedná se o pevnou část stroje. Upínací stůl je vyroben z konstrukční oceli 11523 jako svařenec. Stůl slouží k položení tabule plechu a k přidržení plechu pomocí přidržovače. Ke

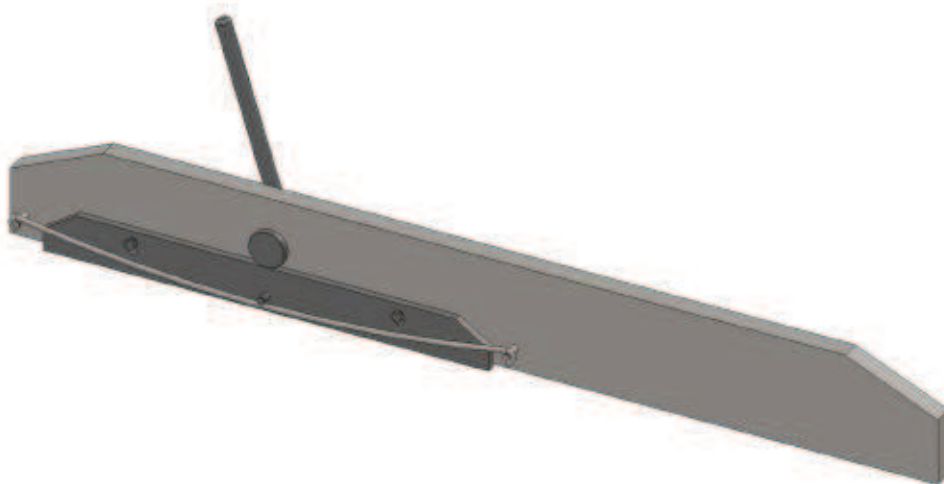
stolu jsou přivařeny čtyři nohy z téhož materiálu. Ke spodní části upínacího stolu je přivařeno vedení dorazu. K boku stolu je přišroubován pevný spodní nůž.



Obr. 19 3D model upínacího stolu

7.3.2 Přidržovač plechu

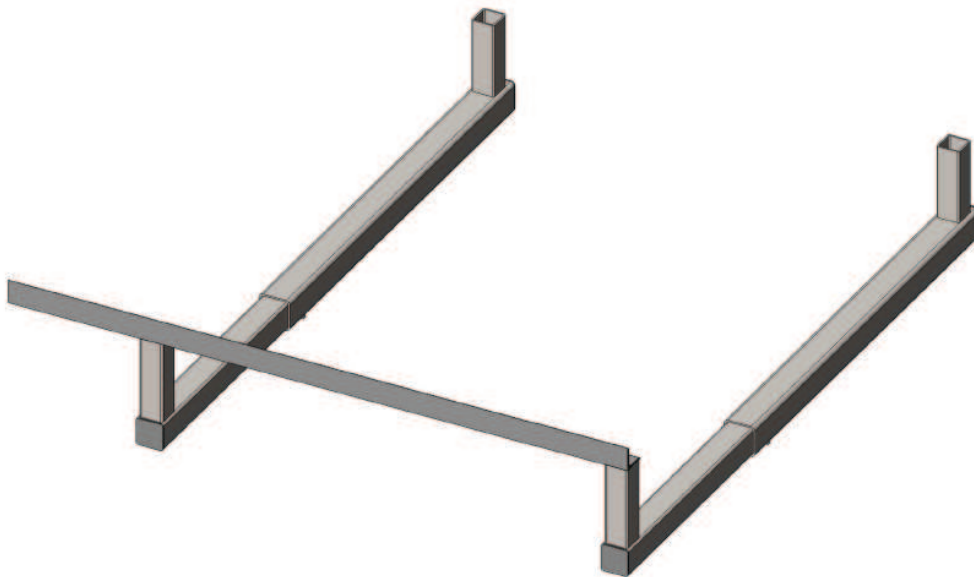
Je vyroben z konstrukční oceli 11523 a slouží k přidržení plechu při stříhání, aby nedošlo k vzpříčení stříhaného plechu vlivem střížné síly. Přidržovač je na jedné straně přivařen k upínacímu stolu. Mezi stolem a ramenem přidržovače je pětimilimetrová mezera umožňující protažení stříhaného plechu. Na rameni přidržovače je volně upevněn ocelový plát, který je pohyblivý a pomocí pohybu páčky a výstředníku dojde k upnutí stříhaného plechu.



Obr. 20 3D model přidržovače plechu

7.3.3 Přední doraz

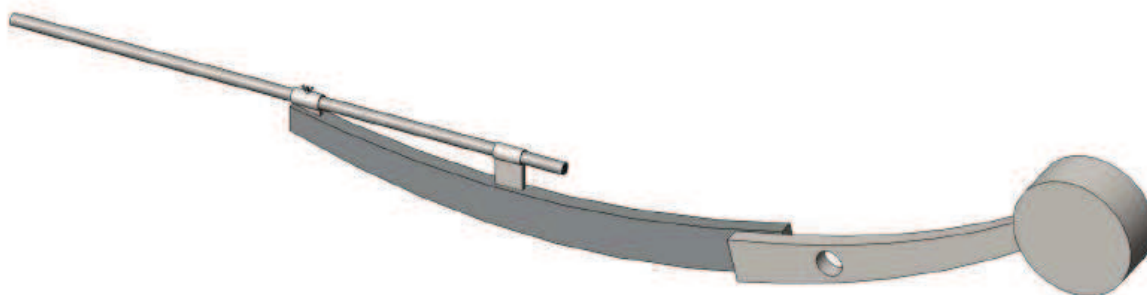
Je svařen z konstrukční oceli 11523 a slouží k přesnému nastavení šířky stříhaného plechu. Doraz je veden ve vedení, které je umístěno na spodní části stolu a pomocí šroubů a křídlaté matice je zajištěna přesná poloha dorazu.



Obr. 21 3D model předního dorazu

7.3.4 Rameno nůžek

Rameno nůžek s horním nožem je vyrobeno z konstrukční oceli 11523 a je upevněno k upínacímu stolu pomocí čepu. Na páku je přišroubován pomocí šroubů pohyblivý horní nůž, jehož ostří je obloukové, aby na každém místě stříhu byl stejný úhel stříhu a střižná síla zůstala stejná po celé délce stříhu. Na horní části ramene nůžek je přivařeno vedení pro délkově nastavitelnou tyč, na kterou působí síla obsluhy. Maximální horní i spodní poloha páky je vymezena. Šířku ramene volím 35 mm, výška je 60 mm a směrem k čepu se zvyšuje na 90 mm. Rameno s horním nožem je vyvažováno ramenem se závažím.



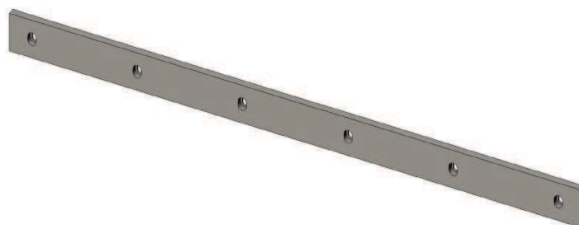
Obr. 22 3D model ramene nůžek

7.3.5 Střížné nože

Střížné nože budou objednány od výrobce, který se zabývá výrobou střížných nástrojů, a který vyrobí tvar střížného nože dle požadavků zákazníka. Střížné nože se vyrábí z oceli tř. 19 s přihlédnutím na tloušťku stříhaného materiálu. Většinou z nástrojových ocelí třídy 19312, nebo 19436.



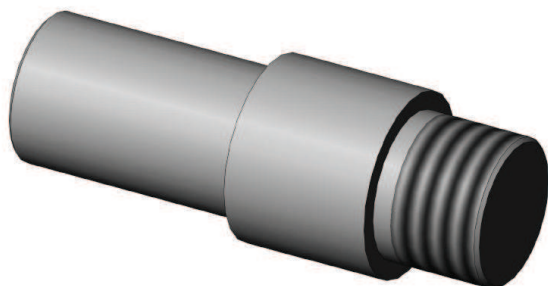
Obr. 23 3D model horního nože



Obr. 24 3D model spodního nože

7.3.6 Hřídelový čep

Je navržen z konstrukční oceli 12050. Čep slouží k přenosu síly obsluhy na rameno páky, pomocí které dojde k ustřížení plechu. Čep je z jedné strany pevně přivařen ke stolu a na druhé straně je zajištěn maticí s podložkou. Hřídelový čep je uložen v kluzném ložisku z bronzu, pomocí kterého je hřídelový čep uchycen v rameni pohyblivé páky.



Obr. 25 3D model hřídelového čepu

7.4 Výpočtová část

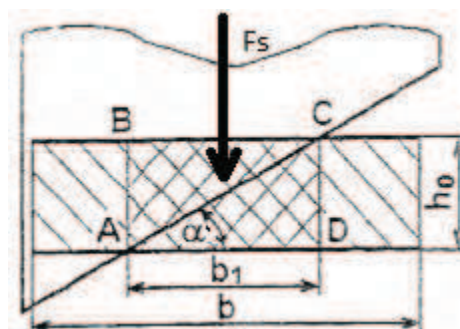
7.4.1 Výpočet střížné síly

Pro výpočet použiji materiál pozinkovaného plechu, který má dle Tabulky 14 nejvyšší možnou hodnotu meze pevnosti R_m 420 MPa, úhel stříhu α' volím 20° z rozmezí pro pákové nůžky $7^\circ - 20^\circ$. Tloušťku plechu h_0 budu uvažovat 1 mm.

Výpočet okamžité šířky b_1 v střížném záběru určíme z pravoúhlého trojúhelníka ACD

$$b_1 = \frac{h_0}{\operatorname{tg} \alpha'} = \frac{1}{\operatorname{tg} 20^\circ} = 2,75 \text{ mm}$$

Výpočet okamžité střížné plochy S_α



Obr. 26 Okamžitá střížná plocha [4]
s vyznačením působení střížné síly

$$S_{\alpha} = b_1 \cdot h_0 = \frac{h_0}{\operatorname{tg} \alpha'} \cdot h_0 = \frac{1^2}{\operatorname{tg} 20^{\circ}} = 2,75 \text{ mm}^2$$

Výpočet pevnosti materiálu ve stříhu τ_m , koeficient k volím 0,80 dle Tabulky 3.

$$\tau_m = k \cdot R_m = 0,8 \cdot 420 = 336 \text{ MPa}$$

Výpočet střížné síly F_s , koeficient otupení střížných hran nástroje k_2 (1,15-1,30) volím 1,15

$$F_s = k_2 \cdot S_{\alpha} \cdot \tau_m = 1,15 \cdot 2,75 \cdot 336 = 1058,74 \text{ N}$$

7.4.2 Výpočet střížné vůle

$$v = 2 \cdot C \cdot h_o \sqrt{\tau_m} = 2 \cdot 0,015 \cdot 1 \cdot \sqrt{336} = 0,54 \text{ mm}$$

C – součinitel (0,005 – 0,035) volím 0,015.

7.4.3 Výpočet síly přidržovače

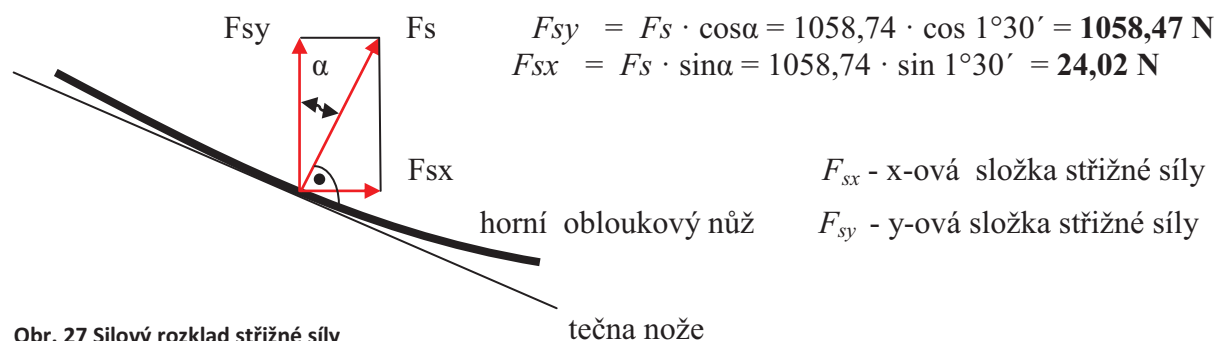
$$F_p = 0,1 \cdot F_s = 0,1 \cdot 1058,74 = 105,87 \text{ N}$$

7.4.4 Výpočet reakce v čepu

7.4.4.1 Silový rozklad střížné síly na skloněném noži

Střížná síla $F_s = 1058,74 \text{ N}$

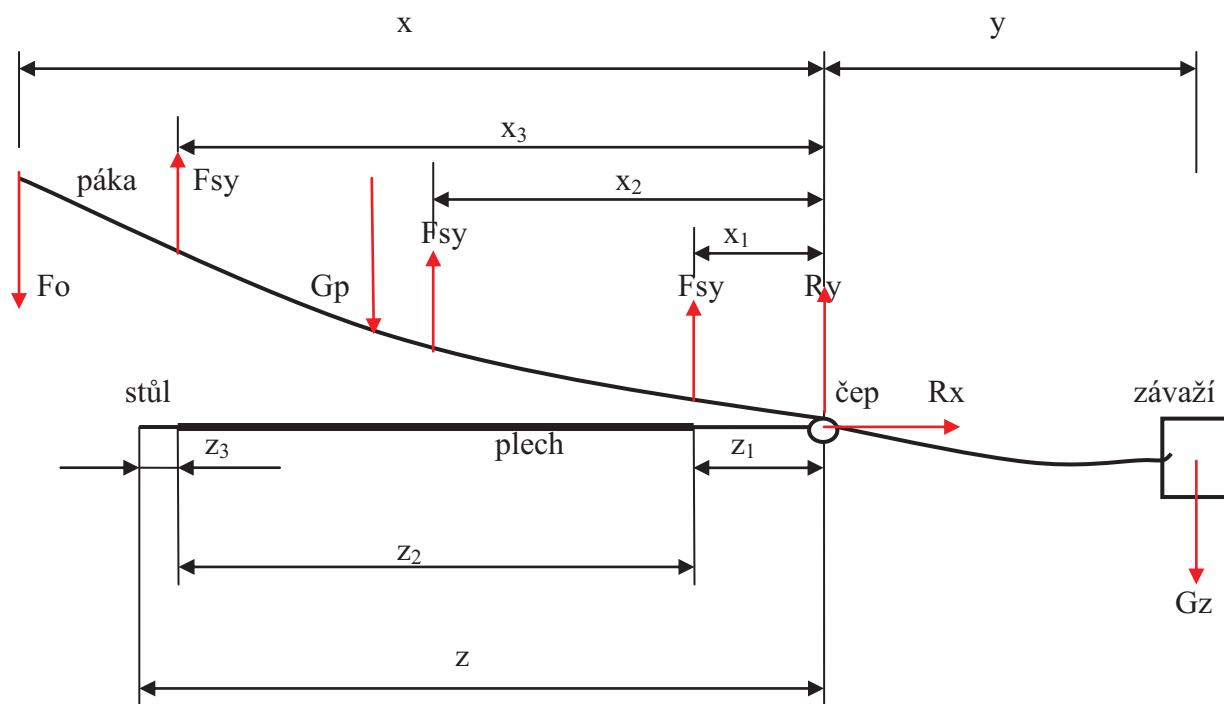
Úhel α volím dle Tabulky 7 - $\alpha = 1^{\circ}30'$



Obr. 27 Silový rozklad střížné síly

7.4.4.2 Schéma působení sil na stroji

Pro určení maximální reakční síly v čepu R_y je proveden třikrát zátěžový stříh metrové tabule plechu a to na začátku, uprostřed a na konci. Ostří horního nože je obloukové, tzn. že v každém místě stříhu je stejný úhel stříhu a střížná síla zůstává stejná po celé délce stříhu. Reakční síla v čepu R_x je v každém bodě stříhu stejná.



Obr. 28 Rozložení sil, tíhy páky a reakcí v čepu

$$x = 1800 \text{ mm}$$

$$x_1 = 250 \text{ mm}$$

$$x_2 = 750 \text{ mm}$$

$$x_3 = 1250 \text{ mm}$$

$$y = 600 \text{ mm}$$

$$z = 1300 \text{ mm}$$

$$z_1 = 250 \text{ mm}$$

$$z_2 = 1000 \text{ mm}$$

$$z_3 = 50 \text{ mm}$$

F_o – síla obsluhy [N]

F_s – střižná síla [N]

R_y, R_x, R – reakční síly v čepu (v ose x, v ose y a celková reakční síla) [N]

G_p – tíha páky s horním nožem [N]

G_z – tíha páky se závažím [N]

7.4.4.3 Určení hmotnosti páky s horním nožem a páky se závažím

Nezatížená páka se závažím musí být v rovnováze s pákou s horním nožem.

V programu Solidworks jsem namodelovala rameno páky s horním nožem a rameno páky se závažím a odečetla polohu těžiště a hmotnost.

Rameno páky s horním nožem:

Hmotnost: 40,10 kg

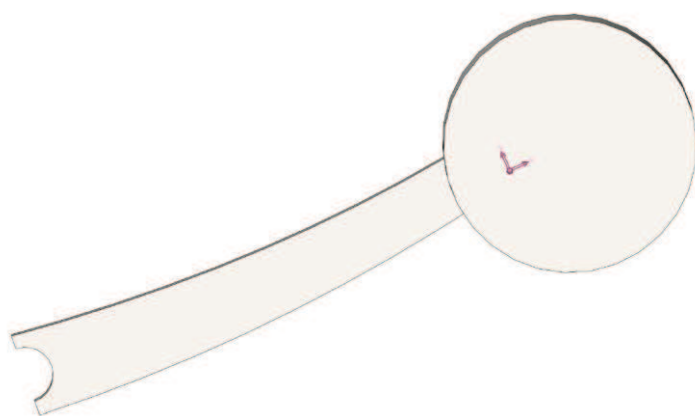
Vzdálenost těžiště 0,63 m od středu čepu



Obr. 29 Umístění těžiště na rameni páky s horním nožem

Rameno se závažím:

Vzdálenost těžiště 0,49 m od středu čepu



Obr. 30 Umístění těžiště na rameni páky se závažím

Páka se závažím a páka s horním nožem musí být v rovnováze (dvojramenná páka).

Hmotnost závaží si dopočítám:

$$m_z \cdot 0,49 = m_p \cdot 0,63$$

$$m_z = \frac{m_p \cdot 0,63}{0,49} = \frac{40,10 \cdot 0,63}{0,49} = 51,56 \text{ kg}$$

$$G_p = m_p \cdot g = 40,10 \cdot 9,81 = 393,38 \text{ N}$$

$$G_z = m_z \cdot g = 51,56 \cdot 9,81 = 505,80 \text{ N}$$

m_z – hmotnost ramene páky se závažím [kg]

m_p – hmotnost ramene páky s horním nožem [kg]

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

7.4.4.4 Výpočet reakční síly v čepu R_x (Obr. 27 a Obr. 28)

$$\sum F_x = 0 : F_{sx} - R_x = 0$$

$$F_{sx} = R_x = 24,02 \text{ N}$$

Reakční síla R_x má v každé fázi stříhu stejnou hodnotu.

7.4.4.5 Výpočet reakční síly v čepu R_y (Obr. 28)

Tíhy G_p a G_z jsou s ohledem na jejich působení na dvojramenné páce v rovnováze. Z tohoto důvodu je nebudu v momentových podmínkách rovnováhy započítávat, tyto tíhy se navzájem vyruší.

Výpočet reakční síly R_{y1} ve vzdálenosti x_1 :

$$\sum M = 0 : -F_{01} \cdot x + F_{sy} \cdot x_1 = 0$$

$$F_{01} = \frac{F_{sy} \cdot x_1}{x} = \frac{1058,47 \cdot 0,25}{1,8} = 147,01 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 : F_{01} - F_{sy} - R_{y1} + G_p + G_z = 0$$

$$R_{y1} = F_{01} - F_{sy} + G_p + G_z = 147,01 - 1058,47 + 393,38 + 505,80 = -12,28 \text{ N}$$

F_{o1} – síla obsluhy na střiž ve vzdálenosti x_1

R_{y1} – reakční síla v čepu při střiž ve vzdálenosti x_1

Výpočet reakční síly R_{y2} ve vzdálenosti x_2 :

$$\sum M = 0 : -F_{02} \cdot x + F_{sy} \cdot x_2 = 0$$

$$F_{02} = \frac{F_{sy} \cdot x_2}{x} = \frac{1057,47 \cdot 0,75}{1,8} = 440,61 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 : F_{02} - F_{sy} - R_{y2} + G_p + G_z = 0$$

$$R_{y2} = F_{02} - F_{sy} + G_p + G_z = 440,61 - 1058,47 + 393,38 + 505,80 = 281,32 \text{ N}$$

F_{o2} – síla obsluhy na střiž ve vzdálenosti x_2

R_{y2} – reakční síla v čepu při střiž ve vzdálenosti x_2

Výpočet reakční síly R_{y3} ve vzdálenosti x_3 :

$$\sum M = 0 : -F_{03} \cdot x + F_{sy} \cdot x_3 = 0$$

$$F_{03} = \frac{F_{sy} \cdot x_3}{x} = \frac{1058,47 \cdot 1,25}{1,8} = 735,05 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 : F_{03} - F_{sy} - R_{y3} + G_p + G_z = 0$$

$$R_{y3} = F_{03} - F_{sy} + G_p + G_z = 735,05 - 1058,47 + 393,38 + 505,80 = 575,76 \text{ N}$$

$$R_{y3} = R_{y\max}$$

Z výpočtů je zřejmé, že největší reakční síla na čep je $R_{y\max} = 575,76 \text{ N}$ a $R_x = 24,02 \text{ N}$ pro které navrhnu velikost čepu.

Celková reakční síla:

$$R = \sqrt{R_{y\max}^2 + R_x^2} = \sqrt{575,76^2 + 24,02^2} = 576,26 \text{ N}$$

F_{o3} – síla obsluhy na stříh ve vzdálenosti x_3

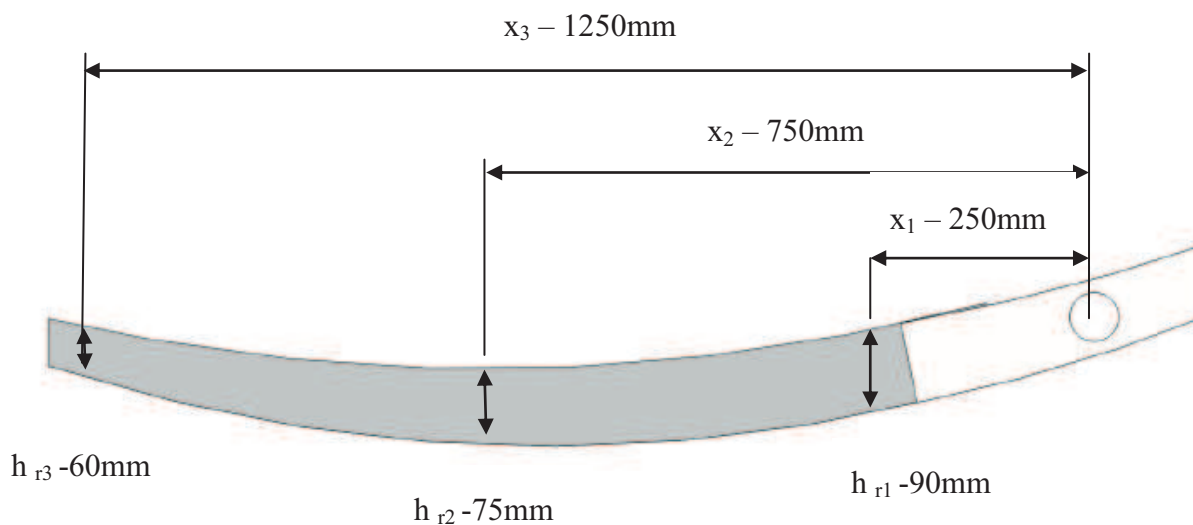
R_{y3} – reakční síla v čepu při stříhu ve vzdálenosti x_3

$R_{y\max}$ – maximální y-ová reakční síla na čep

R – celková reakční síla na čep

7.4.5 Kontrola ramene páky na ohybové namáhání ve vzdálenosti $x_1 - x_3$ od čepu

Materiál páky volím ocel 11523 pevnost v tahu $R_m = 510 \text{ MPa}$, mez kluzu $R_e = 333 \text{ MPa}$, koeficient bezpečnosti $k_b = 3$, šířka ramene $\delta_{rp} = 35 \text{ mm}$, výška ramene ve vzdálenosti $x_1 - h_{r1} = 90 \text{ mm}$, ve vzdálenosti $x_2 - h_{r2} = 75 \text{ mm}$, ve vzdálenosti $x_3 - h_{r3} = 60 \text{ mm}$ (Obr. 31), $R_{y\max} = 575,76 \text{ N}$.



Obr. 31 Šířka ramene páky s horním nožem v závislosti na vzdálenosti od čepu

Výpočet ohybového namáhání ve vzdálenosti x_1 od čepu.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{DOV}$$

$$\sigma_{DOV} = \frac{R_e}{k_b} = \frac{333}{3} = 111 \text{ MPa}$$

$$M_o = R_{y\max} \cdot (x - x_1) = 575,76 \cdot (1800 - 250) = 892\,428 \text{ Nmm}$$

$$W_o = \frac{\check{s}_{rp} \cdot h_{r1}^2}{6} = \frac{35 \cdot 90^2}{6} = 47\,250 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{892428}{47250} = 18,88 \text{ MPa} \leq \sigma_{DOV}$$

18,88 MPa < 111 MPa >> **vyhovuje**

Výpočet ohybového namáhání ve vzdálenosti x_2 od čepu.

$$M_o = R_{y\max} \cdot (x - x_2) = 575,76 \cdot (1800 - 750) = 604\,548 \text{ Nmm}$$

$$W_o = \frac{\check{s}_{rp} \cdot h_{r2}^2}{6} = \frac{35 \cdot 75^2}{6} = 32\,812,50 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{604548}{32812,50} = 18,42 \text{ MPa} \leq \sigma_{DOV}$$

18,42 MPa < 111 MPa >> **vyhovuje**

Výpočet ohybového namáhání ve vzdálenosti x_3 od čepu.

$$M_o = R_{y\max} \cdot (x - x_2) = 575,76 \cdot (1800 - 1250) = 316\,668 \text{ Nmm}$$

$$W_o = \frac{\check{s}_{rp} \cdot h_{r3}^2}{6} = \frac{35 \cdot 60^2}{6} = 21000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{316668}{21000} = 15,08 \text{ MPa} \leq \sigma_{DOV}$$

15,08 MPa < 111 MPa >> **vyhovuje**

R_m – mez pevnosti v tahu [MPa]

R_e – mez kluzu [MPa]

k_b – koeficient bezpečnosti [-]

M_o – ohybový moment [Nmm]

\check{s}_{rp} – šířka ramene páky [mm]

h_r – výška ramene páky [mm]

W_o – průřezový modul v ohybu [mm³]

σ_o – ohybové napětí [MPa]

σ_{DOV} – dovozená hodnota ohybového napětí [MPa]

7.4.6 Kontrola na ohybové namáhání v místě čepu způsobena závažím

Materiál čepu volím ocel 12 050 pevnost v tahu $R_m = 530 \text{ MPa}$, mez kluzu $R_e = 305 \text{ MPa}$, koeficient bezpečnosti $k_b = 3$

$$\sigma_{DOV} = \frac{R_e}{k_b} = \frac{305}{3} = 101,67 \text{ MPa}$$

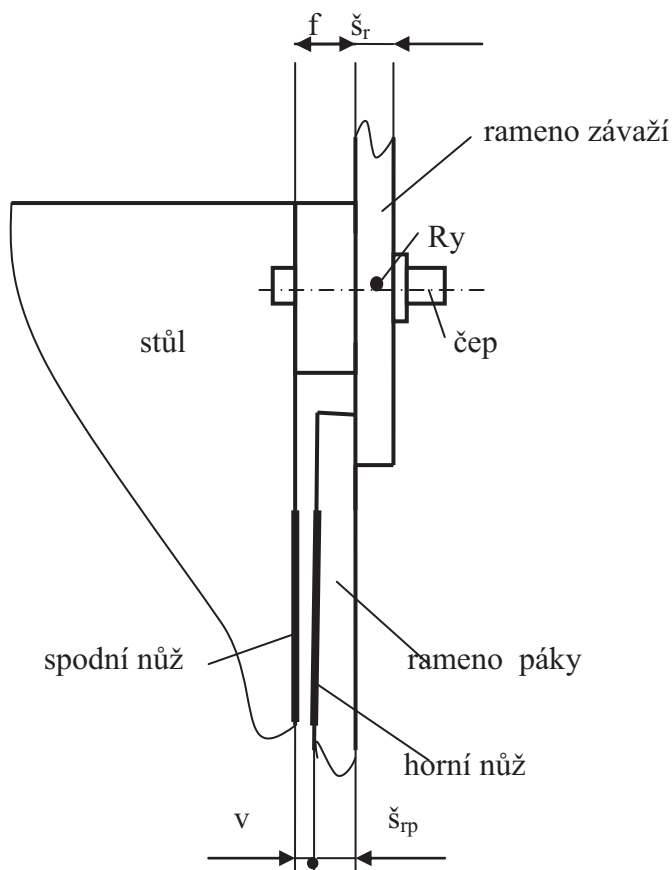
$$M_o = G_z \cdot y = 505,80 \cdot 600 = 303\,480 \text{ Nmm}$$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}2}^3}{32} = \frac{\pi \cdot 42^3}{32} = 7\,273,57 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{DOV}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{303\,480}{7\,273,57} = 41,72 \leq \sigma_{DOV}$$

41,72 MPa < 101,67 MPa >> **vyhovuje**



Obr. 32 Návrh spojení ramene páky se stolem pomocí radiálního čepu

v – střižná vůle – 0,54 mm

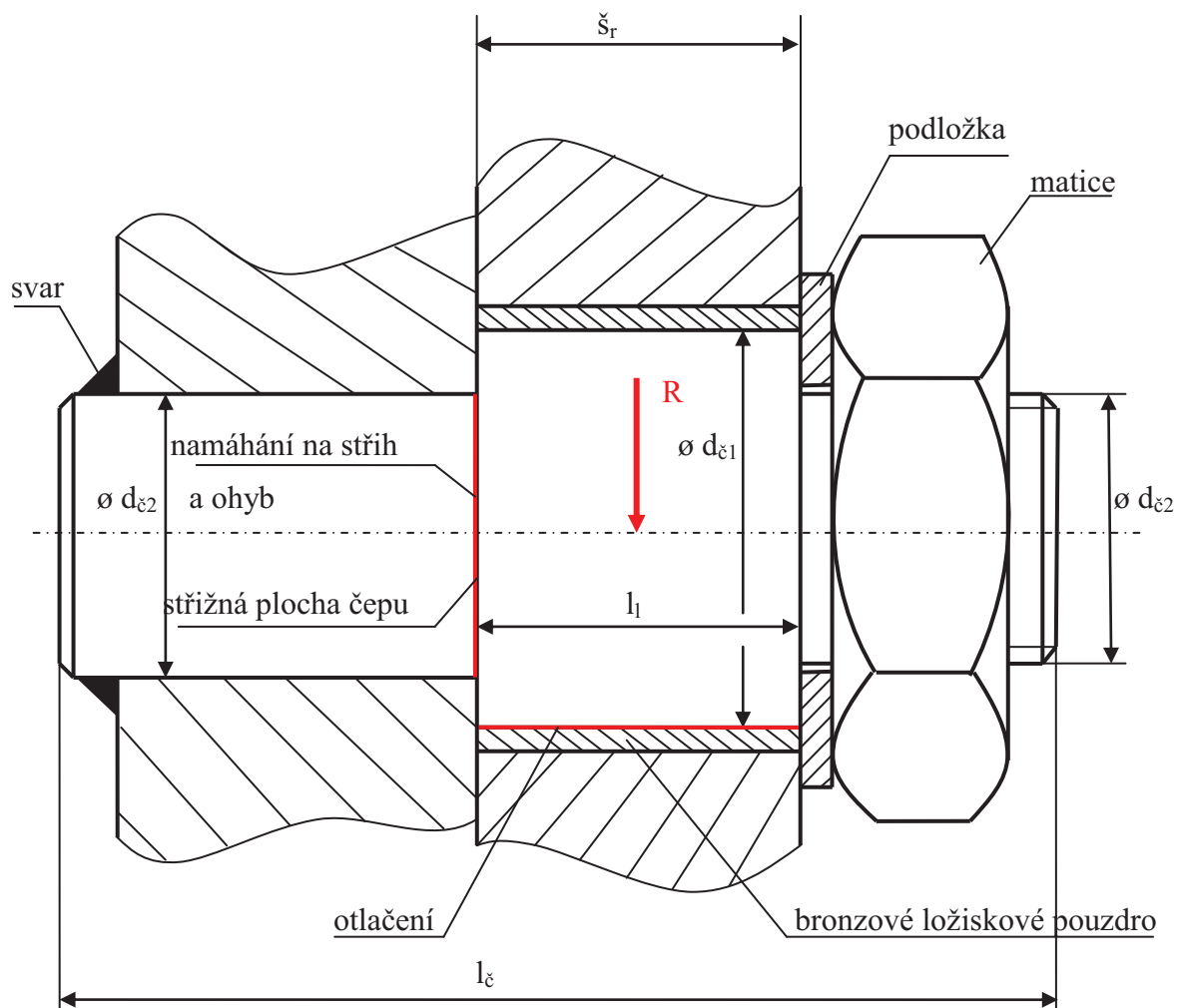
\check{s}_r – šířka ramene se závažím – 35 mm

f – 59,54 mm - součet šířky ramene páky s šířkou nožů (horní i dolní nůž – $2 \cdot 12$ mm) a střižné vůle ($35 + 24 + 0,54$)

\check{s}_{rp} – šířka ramene páky s horním nožem – 35 mm

7.4.7 Průměr radiálního čepu

Radiální čep bude uložen v kluzném ložisku, které bude mít bronzové pouzdro. Čep bude na jedné straně zajištěn podložkou a maticí, na druhé straně bude pevně spojen s rámem stroje pomocí svaru.



Obr. 33 Návrh uložení čepu

\check{s}_r – šířka ramene páky se závažím [mm]

l_1 – délka čepu v bronzovém pouzdru [mm]

$l_{\check{c}}$ – celková délka čepu [mm]

$\check{o} d_{\check{c}1}$ - průměr čepu v ložiskovém pouzdru [mm]

$\check{o} d_{\check{c}2}$ - průměr na levém a pravém konci čepu [mm]

Materiál čepu volím ocel 12 050 pevnost v tahu $R_m = 530$ MPa, mez kluzu $R_e = 305$ MPa ,
koeficient bezpečnosti $k_b = 3$, $\check{s}_r = 35$ mm,

Reakční síla v čepu $R = 575,76$ N

$\varnothing d_{\check{c}1}$ - průměr čepu v ložiskovém pouzdru volím 50 mm

$\varnothing d_{\check{c}2}$ - průměr na levém a pravém konci čepu volím 42 mm, závit na pravém konci je M42

7.4.7.1 Kontrolní výpočet průměru čepu v ložiskovém pouzdru na otláčení

Velikost dovoleného tlaku závisí na materiálu stykových částí a na velikosti obvodové rychlosti. Kluzné ložisko volím bronzové samomazné pórovité s označením označení B70-A-50-56-35 s dovoleným zatížením $P \cdot v = 2,5$ MPa · m/s, kde P je dovolený tlak v ložisku a v je obvodová rychlost. Pokud budu uvažovat obvodovou rychlost 0,5 m/s, bude dovolený tlak 1,25 MPa.

Použiji poměr délky k průměru kluzného ložiska $\lambda = l_l / d_{\check{c}1}$. Tento poměr λ se u běžných ložisek pohybuje v rozmezí (0,3-1). Volím poměr 0,7.

$$P = \frac{R_{y\max}}{S_p} \leq P_D$$

Dopočítám délku ložiskového pouzdra

$$l_l = \lambda \cdot d_{\check{c}1} = d_{\check{c}1} \cdot 0,7 = 50 \cdot 0,7 = 35 \text{ mm}$$

$$S_p = l_l \cdot d_{\check{c}1} = 35 \cdot 50 = 1750 \text{ mm}^2$$

$$P = \frac{R_{y\max}}{S_p} = \frac{575,76}{1750} = 0,33 \text{ MPa} \leq P_D$$

$0,33 \text{ MPa} < 1,25 \text{ MPa} \gg$ **vyhovuje**

S_p – plocha čepu v ložiskovém pouzdru [mm^2]

P_d – dovolený měrný tlak [MPa]

7.4.7.2 Kontrola čepu na stříh

$$\sigma_{DOV} = \frac{R_e}{k_b} = \frac{305}{3} = 101,67 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ds} = 0,6 \cdot \sigma_{DOV} = 0,6 \cdot 101,67 = 61 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = \frac{R_{y\max}}{S_{\check{c}}} \leq \tau_{Ds}$$

$$S_{\check{c}} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}2}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 42^2}{4} = 1385,44 \text{ mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{R_{y\max}}{S_{\check{c}}} = \frac{575,76}{1385,44} = 0,42 \text{ MPa} \leq \tau_{Ds}$$

$0,42 \text{ MPa} < 61 \text{ MPa} \gg$ **vyhovuje**

S_c – střižná plocha čepu [mm²]

τ_s - smykové napětí materiálu [MPa]

τ_{sD} – dovolené napětí ve smyku [MPa]

7.4.7.3 Redukované namáhání (ohyb + stříh)

$$\sigma_o = 41,72 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = 0,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{DOV} = 101,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{41,72^2 + 3 \cdot 0,42^2} = 41,73 \text{ MPa} \leq \sigma_{DOV}$$

$$41,73 \text{ MPa} < 101,67 \text{ MPa} \gg \text{vyhovuje}$$

8 SIMULACE ZATÍŽENÍ

3D model tabulových nůžek jsem vytvořila v programu Solidworks. Dalším krokem bylo vložení okrajových podmínek, výpočtu a následné prohlížení výsledků zatížení a deformace. Simulace zatížení jsem řešila pomocí metody konečných prvků programem NX, který využívá řešiče NASTRAN. Pro simulaci zatížení jsem zvolila pouze model ramene páky tabulových nůžek. Model byl rozdělen na elementy, které vyplňují objem modelu – tetrahedron (čtyřstěn).

8.1 Okrajové podmínky

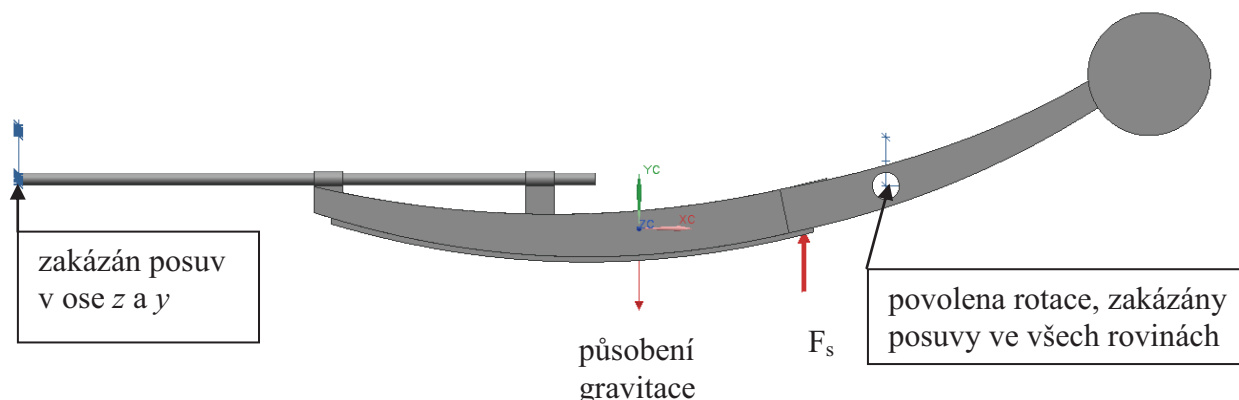
Celý výpočet je proveden ve třech variantách umístění střížné síly. Model ramene byl uchycen v místě uložení čepu, kde je povolena rotace a zakázány posuvy ve všech třech rovinách. Dále byl model uchycen na konci posuvné tyče, kde byl zakázán posuv v ose z a v ose y . Rameno páky s horním nožem je zatěžováno vypočtenou střížnou silou $F_s = 1\,059\text{ N}$ ve variantách: „na začátku stříhu – 250 mm od osy čepu“, „uprostřed stříhu – 750 mm od osy čepu“ a „na konci stříhu – 1 250 mm od osy čepu“. Tím je simulován postupný pohyb střížné síly na horním noži. Ve výpočtu simulace zatížení je zahrnuto působení gravitační síly. U všech částí modelu jsou určeny materiálové konstanty:

Materiál páky s horním nožem a páky se závažím, materiál vzpěr mezi pákou nože a trubkou - 1.0553 (11523) mez kluzu 333 MPa, pevnost v tahu 510 MPa, Yongův modul $E = 2,1\text{ MPa}$, koeficient bezpečnosti k_b volím 3

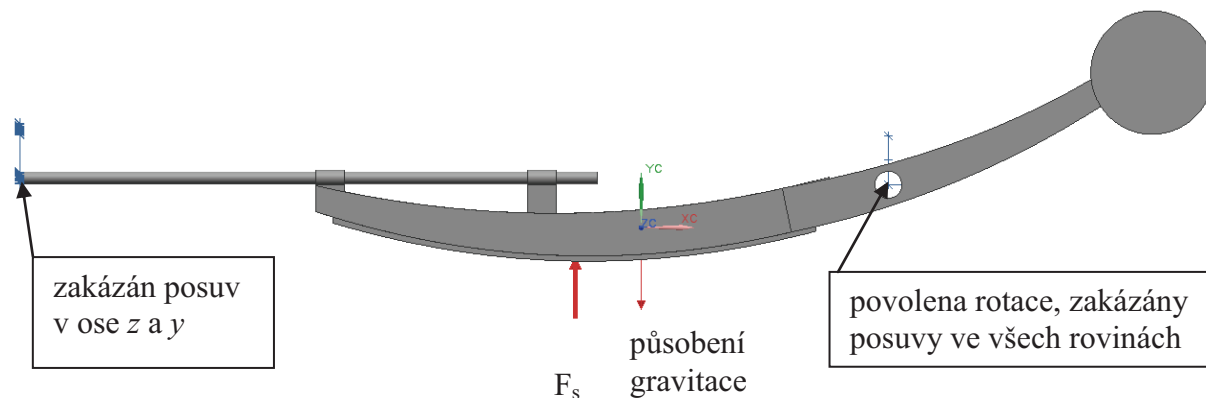
$$\sigma_{DOV} = \frac{R_m}{k_b} = \frac{333}{3} = 111\text{ MPa}$$

Materiál posuvné tyče a materiál trubky pro uchycení tyče 1.0037 (11373) mez kluzu 275 MPa, pevnost v tahu 350 MPa, Yongův modul $E = 2,1\text{ MPa}$, koeficient bezpečnosti k_b volím 3

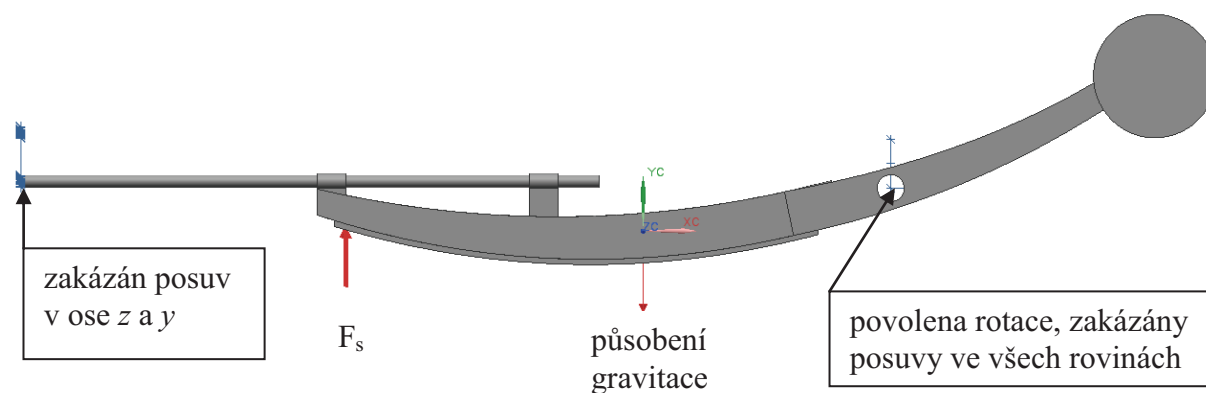
$$\sigma_{DOV} = \frac{R_e}{k_b} = \frac{275}{3} = 92\text{ MPa}$$



Obr. 34 Působení střížné síly ve vzdálenosti 250mm od osy čepu



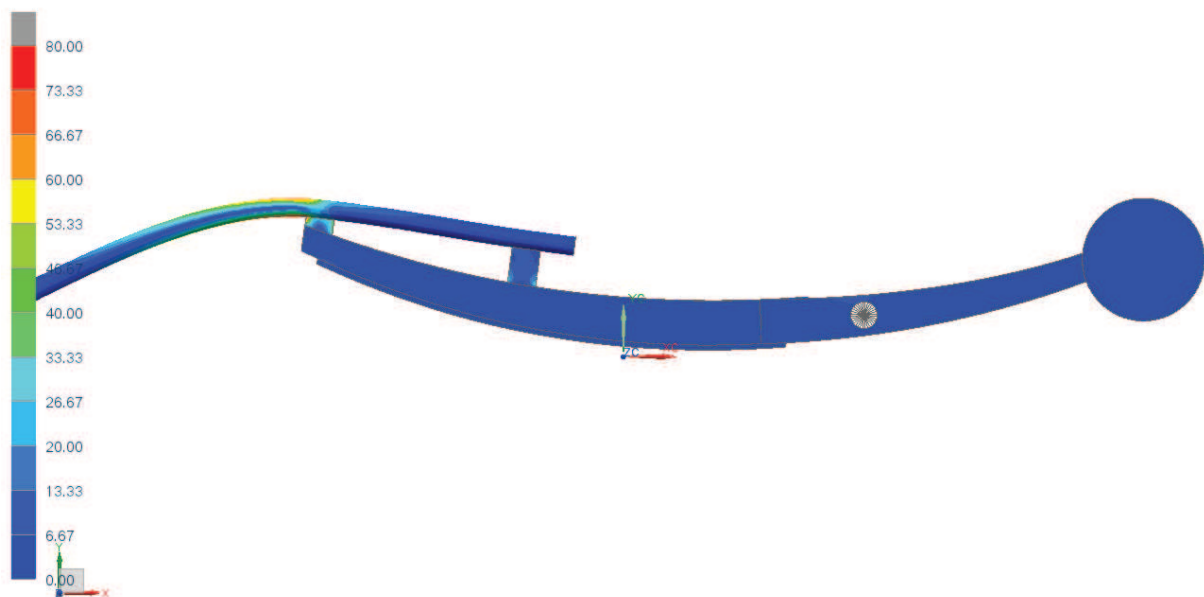
Obr. 35 Působení střížné síly ve vzdálenosti 750mm od osy čepu



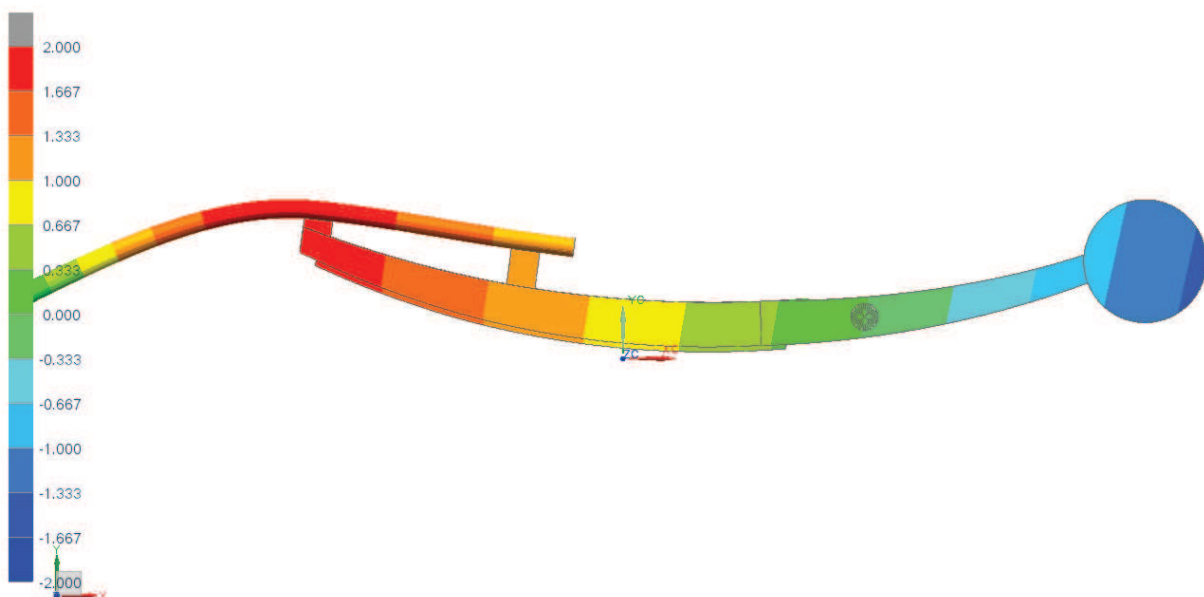
Obr. 36 Působení střížné síly ve vzdálenosti 1250mm od osy čepu

8.2 Výsledky simulace zatížení

Rameno páky bylo postupně zatěžováno střížnou silou ve třech variantách stříhu. V následujících obrázcích je znázorněno působení střížné síly ve vzdálenosti 1 250 mm od čepu, kde vycházely největší hodnoty napětí.



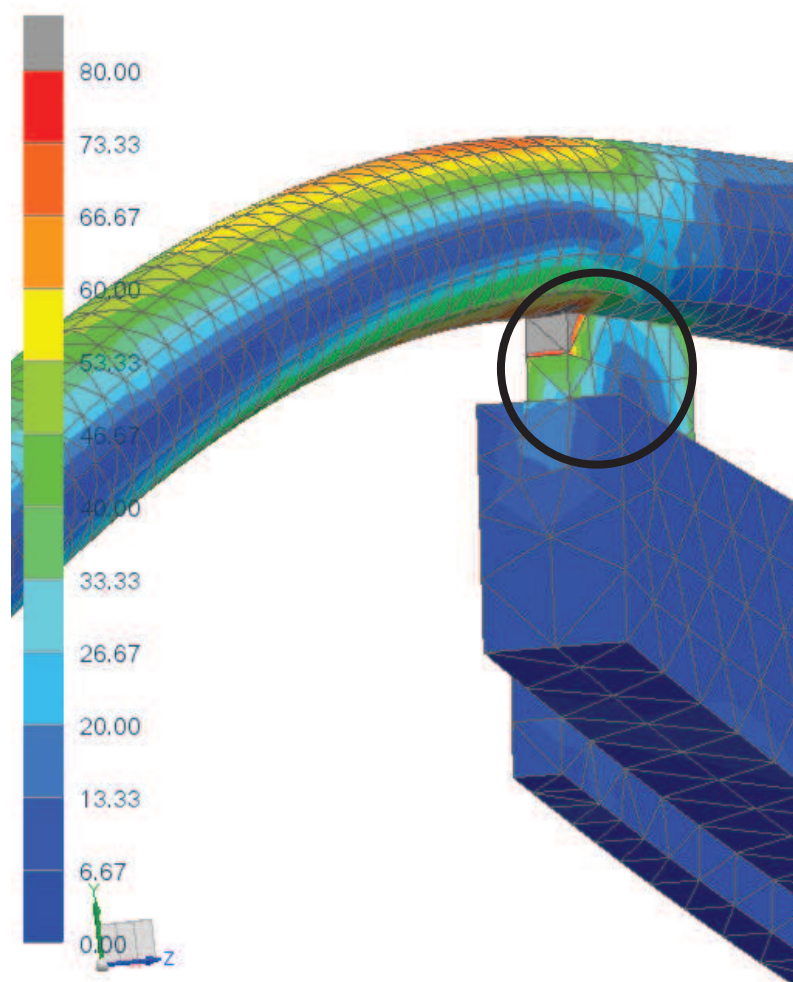
Obr. 37 Průběh napětí při stříhu ve vzdálenosti 1250 mm od středu čepu



Obr. 38 Průběh posunutí při stříhu ve vzdálenosti 1250 mm od středu čepu

Na Obr. 37 je vidět průběh napětí. Maximální napětí 113 MPa vzniká v blízkosti ostrého přechodu mezi stykem vzpěry s uchycením trubky. V místě maximálního ohybu trubky vzniká napětí 74 MPa

Na Obr. 38 je vidět maximální posunutí o velikosti 1,93 mm v místě maximálního ohybu trubky.



Obr. 39 Místo maximálního napětí

Na Obr. 39 je vidět místo maximálního napětí 113 MPa, které vzniká v blízkosti ostrého přechodu mezi stykem vzpěry s uchycením trubky. V tomto místě docházelo ke značné koncentraci napětí i možnou chybou MKP. V okolí tohoto kritického místa napětí opět klesá.

Tabulka 16 Výsledky simulace zatížení

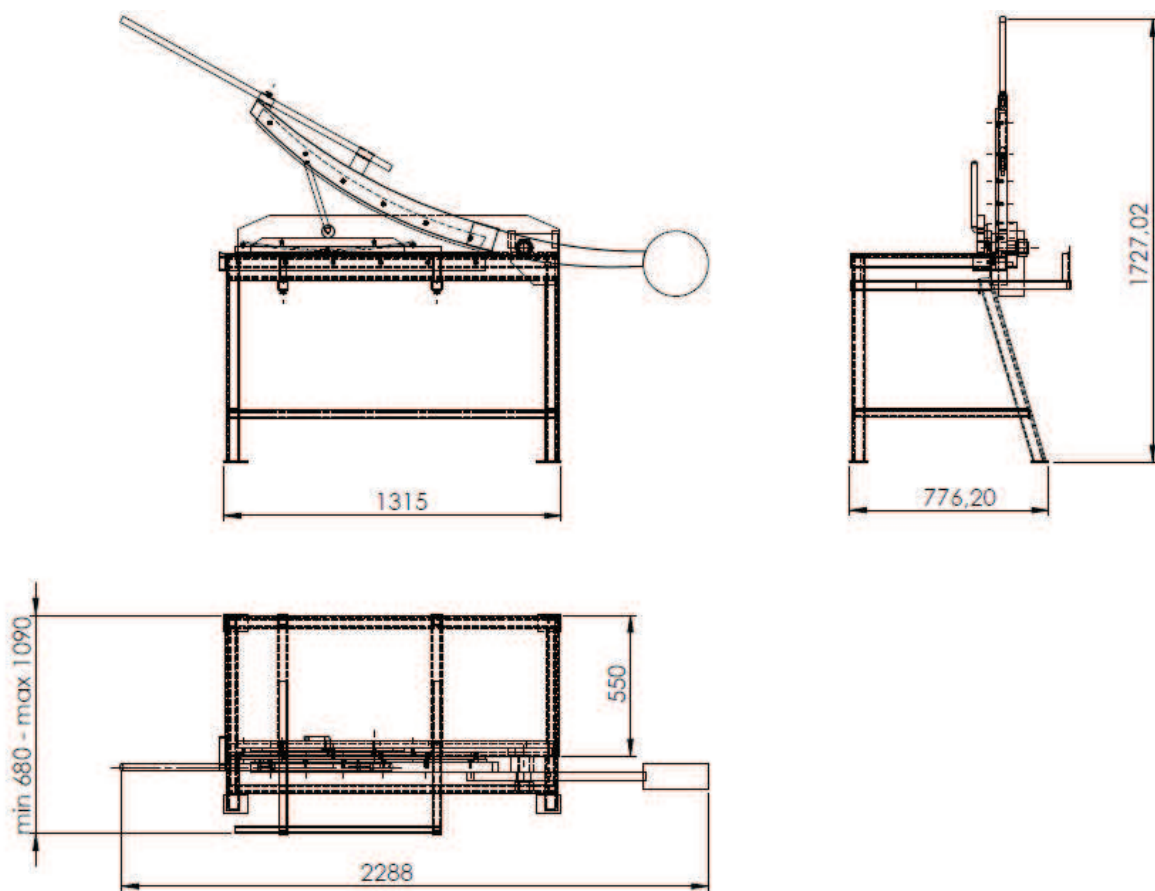
Vzdálenost střížné síly od čepu [mm]	Maximální posunutí [mm]	Maximální napětí [MPa]	
		V místě max. ohybu trubky	V místě styku vzpěry s uchycením trubky
Začátek stříhu - 250	0,30	11	16
Střed stříhu - 750	1,14	42	64
Konec stříhu - 1250	1,93	74	113

Napětí a deformace modelu se v závislosti na působení střižné síly liší. Z výsledků simulace zatížení je zřejmé, že nejvíce jsou namáhána ramena nůžek při stříhu ve vzdálenosti 1 250 mm od středu čepu.

Hodnota maximálního napětí je 113 MPa což je jen o málo více než dovolené napětí. (viz.odstavec 8.1). Při zohlednění možné chyby způsobené samotnou metodou konečných prvků je tento výsledek vyhovující.

8.3 Navržený stroj

Navržené tabulové nůžky jsou konstruovány z ocelových polotovarů o celkové hmotnosti 232,54 kg.



Obr. 40 Navržený stroj s uvedením základních rozměrů

9 ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se zabývala návrhem ručních tabulových nůžek na plech. V teoretické části jsem popsala technologii stříhu, která je podkladem pro návrh konstrukce ručních tabulových nůžek. Součástí teoretické části je i popis různých druhů tabulových nůžek konkrétního výrobce s porovnáním jejich základních parametrů.

V praktické části bakalářské práce jsem navrhla tabulové nůžky pro malou klempířskou dílnu s ohledem na parametry stříhaného materiálu. Tabulové nůžky jsem navrhla tak, aby přestříhly metrovou tabuli plechu o maximální tloušťce jeden milimetr, pro dané materiály plechu. Výpočty jsem se snažila doplnit obrázky či popisem postupu. Při konstrukci jsem se snažila co nejvíce využít běžně dostupné normalizované polotovary s ohledem na celkovou cenu navrhovaného stroje. Bakalářská práce také obsahuje popis základních částí ručních tabulových nůžek a konkrétní výkres sestavy. Konstrukční návrh nůžek byl proveden v softwaru Solidworks 2011. V závěru práce byla provedena simulace zatížení 3D modelu tvářecího stroje v softwaru NX Unigraphics 8.

Základní požadavky na zpracování bakalářské práce vyplývající z jejího zadání jsem zapracovala do textové i grafické části bakalářské práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RUDOLF, Bedřich a Miloslav KOPECKÝ. *Tvářecí stroje: Základy výpočtů a konstrukce*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979, 408 s.
- [2] STANĚK, Jiří. *Základy stavby výrobních strojů: Tvářecí stroje*. 1. vyd. Plzeň: ZČU v Plzni, 2001, 120 s.
- [3] PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. *Úvod do tváření II*. 1. vyd. Ostrava: VSB - technická universita Ostrava, 2001, 115 s.
- [4] PERNIS, Rudolf. *Teória tvárnenia kovov*. 1. vyd. Trenčín: Trenčianska univerzita A. Dubčeka v Trenčíne, 2007, 168 s.
- [5] LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 213 s.
- [6] RUDOLF, Bedřich a Miloslav KOPECKÝ. *Tvářecí stroje: základy stavby a využití*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985, 612 s. Česká matice technická.
- [7] *Firma MOSTR: Libor Brom*. [online]. [cit. 2012-11-18]. Dostupné z: <http://www.mostr.cz>
- [8] *Klempostav Horšovský Týn s.r.o* [online]. [cit. 2013-01-05]. Dostupné z: <http://www.klempostav.com/>
- [9] *Alumeco CZ s.r.o* [online]. [cit. 2013-01-09]. Dostupné z: <http://www.alumeco.cz/>
- [10] *U.S. Steel Košice, s.r.o.* [online]. [cit. 2013-01-09]. Dostupné z: <http://www.usske.sk>
- [11] *NedZink* [online]. [cit. 2013-01-09]. Dostupné z: <http://www.nedzink.com>
- [12] *MěďPovrchy a.s.* [online]. [cit. 2013-01-09]. Dostupné z: www.medpovrchy.cz
- [13] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [14] *Firma ELO* [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z <http://www.loziska.com/store/b70,71.pdf>
- [15] POKORNÝ, Přemysl. *Výrobní stroje II: Mechanické lisy*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1998. Dostupné z: http://www.kvs.tul.cz/download/vyrobni_stroje/tvareci.pdf

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 Tabulové nůžky s rovnoběžnými noži, 1) horní nůž, 2) stříhaný polotovar, 3) spodní nůž, 4) přidržovač stříhaného polotovaru [2] 13
- Obr. 2 Pákové strojní nůžky 1) horní nástroj, 2) spodní nástroj [2] 13
- Obr. 3 Jednokotoučové nůžky s posuvným horním kotoučovým nožem 1) stůl nůžek, 2) pevný nůž, 3) kotoučový nůž, 4) pojištění nože v pracovní poloze [2] 14
- Obr. 4 Tři fáze procesu stříhání: a - fáze pružná, b - fáze tvárné deformace, c - fáze porušení [4] 16
- Obr. 5 Schéma hlavních napětí a deformací při stříhání [4] 16
- Obr. 6 Smykové napětí ve střížné ploše [4] 17
- Obr. 7 Průběh střížné síly při stříhání s rovnoběžnými střížnicemi, a - křehké materiály, b - tvárné materiály [4] 18

Obr. 8 Určení síly přidržovače [4]	19
Obr. 9 Stříhání se šikmým střížným nástrojem [4]	20
Obr. 10 Okamžitá střížná plocha ABCD [4]	21
Obr. 11 Výška zdvihu y [4]	21
Obr. 12 Vliv střížné vůle na kvalitu střížné plochy, a - optimální střížná vůle, b - střížná vůle malá, c - střížná vůle velká [5]	24
Obr. 13 Ruční tabulové nůžky typu NTP [7]	27
Obr. 14 Ruční tabulové nůžky typu NTM [7]	28
Obr. 15 Nůžky ruční padací typu NTP [7]	28
Obr. 16 Nůžky elektromechanické padací NTV2000/4E [7]	29
Obr. 17 Nůžky hydraulické padací typ HNH [7]	30
Obr. 18 Schéma tabulových nůžek	34
Obr. 19 3D model upínacího stolu	35
Obr. 20 3D model přidržovače plechu	35
Obr. 21 3D model předního dorazu	36
Obr. 22 3D model ramene nůžek	36
Obr. 23 3D model horního nože	37
Obr. 24 3D model spodního nože	37
Obr. 25 3D model hřídelového čepu	37
Obr. 26 Okamžitá střížná plocha [4] s vyznačením působení střížné síly	37
Obr. 27 Silový rozklad střížné síly	38
Obr. 28 Rozložení sil, tíhy páky a reakcí v čepu	39
Obr. 29 Umístění těžiště na rameni páky s horním nožem	40
Obr. 30 Umístění těžiště na rameni páky se závažím	40
Obr. 31 Šířka ramene páky s horním nožem v závislosti na vzdálenosti od čepu	42
Obr. 32 Návrh spojení ramene páky se stolem pomocí radiálního čepu	44
Obr. 33 Návrh uložení čepu	45
Obr. 34 Působení střížné síly ve vzdálenosti 250mm od osy čepu	48
Obr. 35 Působení střížné síly ve vzdálenosti 750mm od osy čepu	49
Obr. 36 Působení střížné síly ve vzdálenosti 1250mm od osy čepu	49
Obr. 37 Průběh napětí při stříhu ve vzdálenosti 1250mm od středu čepu	50
Obr. 38 Průběh posunutí při stříhu ve vzdálenosti 1250 mm od středu čepu	50
Obr. 39 Místo maximálního napětí	51
Obr. 40 Navržený stroj s uvedením základních rozměrů	52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Základní operace stříhání podle ČSN 226001 [3].....	15
Tabulka 2 Orientační hodnoty součinitele χ pro některé materiály [4].....	17
Tabulka 3 Výpočet $\tau_m = k \cdot R_m$ [4].....	19
Tabulka 4 Závislost přesnosti vystříhovaných součástí na přesnost nástroje [5].....	22
Tabulka 5 Závislost tolerance nástrojů na velikosti nástroje [5].....	22
Tabulka 6 Velikost střížné vůle pro kovové materiály [5].....	23
Tabulka 7 Vhodné velikosti úhlů α [5]	24
Tabulka 8 Základní parametry ručních tabulových nůžek typu NTP [7].....	27
Tabulka 9 Základní parametry ručních tabulových nůžek typu NTM [7]	28
Tabulka 10 Základní parametry ručních padacích nůžek řady NPM [7]	29
Tabulka 11 Základní parametry elektromechanických padacích nůžek typu NTV [7]	30
Tabulka 12 Základní parametry hydraulických nůžek padacích typu HNH [7]	31
Tabulka 13 Srovnání základních parametrů výše uvedených tabulových nůžek.....	31
Tabulka 14 Přehled základních mechanických vlastností vybraných plechů	33
Tabulka 15 Přehled chemického složení vybraných plechů	34
Tabulka 16 Výsledky simulace zatížení.....	51

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – vizualizace celkové sestavy

SEZNAM VÝKRESŮ

Výkres sestavy tabulových nůžek č. BP-12/13-00

PŘÍLOHA č. 1

Vizualizace celkové sestavy

