

**Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum
odborné přípravy
Sezimovo Ústí, Budějovická 421**



Absolventská práce

Zařízení pro stříhání kruhových ocelí



ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Miloš Smitka**
Obor studia: **Elektrotechnika – mechatronické systémy 26N-41-N/01**
Název práce: **Zařízení pro stříhání kruhových ocelí**

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte zařízení pro stříhání kruhových ocelí do průměru 20 mm.
2. Obecně popište způsoby stříhání tyčí kruhového profilu.
3. Zpracujte kompletní výrobní dokumentaci
 - a. Výkres sestavy
 - b. Výrobní výkresy všech pozic
 - c. Kusovník
4. Konstrukci zařízení doložte výpočty.
5. Navrhněte koncepci linky pro případ stříhání špalíků.
6. Proveďte ekonomické zhodnocení.
7. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.


Doporučená literatura:

- [1] STANĚK, J. *Základy stavby výrobních strojů – tvářecí stroje*. Plzeň: ZČU, 2004, ISBN 80-7082-738-6
- [2] ŽENÍŠEK, J., JENKUT, M. *Výroba strojů a zařízení*. Praha: SNTL, 1990, ISBN 80-03-00272-9
- [3] NOVOTNÝ, K.: *Výrobní stroje, část I - tváření*, SNTL Praha, 1983.

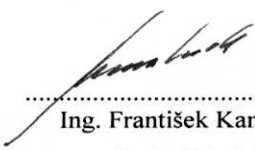
Vedoucí práce: **Ing. Jaroslav Svoboda, VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí**
Odborný konzultant práce: **Ing. Josef Tíkal, Kovosvit a.s.**
Oponent práce: **Ing. Josef Machač, VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí**

Datum zadání absolventské práce: **1.9.2010**

Datum odevzdání absolventské práce: **6.5.2011**


.....
Ing. Jaroslav Svoboda
(vedoucí práce)




.....
Ing. František Kamlach
(ředitel školy)

Prohlášení:

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě absolventskou práci, zpracovanou na závěr studia na Vyšší odborné škole, Střední škole, Centru odborné přípravy v Sezimově Ústí. Prohlašuji, že jsem tuto absolventskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je nedílnou součástí této absolventské práce.

V Sezimově Ústí dne

10.5. 2017



Podpis

Poděkování:

Dovoluji si poděkovat panu Ing. Jaroslavu Svobodovi a Ing. Josefu Tikalovi za odborné vedení a cenné rady při zpracování absolventské práce.

Anotace

Absolventská práce zpracovává konstrukční návrh zařízení na stříhání kruhových ocelí do průměru 20 mm. Teoretická část popisuje problematiku technologie stříhání. A na jejím základě bylo zařízení vytvořeno. Práce obsahuje potřebné výpočty a výkresovou dokumentaci střížného zařízení. V závěrečné části je provedeno ekonomické zhodnocení zařízení.

Annotation

Die Schlussarbeit verarbeitet technischen Entwurf der Anlage für Schneiden des Rundstahls bis zum Durchmesser 20 mm. Theoretischer Teil beschreibt die Problematik der Schneidetechnologie. Und nach ihrem Grund war die Anlage erstellt. Die Arbeit enthält die nötigen Berechnungen und Fachzeichendokumentation der Anlage. Am Ende der Arbeit wird die ökonomische Bewertung der Anlage durchgeführt.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	1
Seznam použitých obrázků	3
Seznam použitých tabulek	4
1 Střížný proces	7
1.1 Kvalita střížné plochy	9
1.1.1 Zpevnění v okolí střížné plochy	10
1.2 Stížné tlaky, síly, práce deformace při stříhu	11
1.2.1 Silové sledování střížního procesu	11
1.2.2 Střížná síla a práce deformace	12
1.3 Veličiny ovlivňující velikost střížné síly, práci a kvalitu střížné plochy	14
1.3.1 Vlastnosti stříhaného materiálu.....	14
1.3.2 Vliv nastavení nožů	15
1.3.3 Vliv sklonění nožů	18
1.3.4 Vliv tvaru nožů	19
1.3.5 Vliv otupení nožů	21
1.3.6 Délka ústřížku	21
1.3.7 Rychlost stříhání	22
1.4 Stříhací nože.....	22
1.5 Závěry pro konstrukční řešení nástroje [2] [4].....	23
2 Rozdělení stříhání [6].....	26
2.1 Stříhání rovnými noži	26
2.2 Stříhání šikmými noži	27
2.3 Stříhání kruhovými noži	29
2.4 Stříhání noži na profily a tyče, trubky	30
3 Návrh konstrukce nástroje pro bezodpadové stříhání špalíků.....	32
3.1 Hlavní požadavky na nástroj.....	32
3.2 Střížný materiál	32
3.3 Popis střížného nástroje	33
3.4 Činnost mechanismů	34

3.5	Popis.....	34
3.6	Vyhození ústřížku.....	35
3.7	Zajištění bezpečnosti obsluhy.....	35
3.8	Mazání nástroje.....	35
4	Výpočtová část.....	36
4.1	Výpočet celkové stížné síly ustížení špalíku.....	36
4.1.1	Síla nutná k přestřížení špalíku.....	36
4.1.2	Výpočet střížné práce.....	36
4.1.3	Síla potřebná k překonání odporu vratných pružin.....	36
4.1.4	Celková síla.....	37
4.1.5	Síla přidržovací.....	37
4.2	Kontrola střížné čelisti na měrný tlak.....	37
4.3	Volba lisu.....	37
4.4	Výpočet střížné mezery.....	38
4.5	Materiál nožů.....	39
4.6	Kontrola válce.....	39
4.7	Výpočet vzdálenosti x pro rozdělení pístu...Chyba! Záložka není definována.	
4.8	Návrh linky na stíhání tyčí.....	40
5	Ekonomické hodnocení.....	42
6	Závěr.....	46

Seznam použitých zkratek a symbolů

ε – hloubka zatlačení nože

α – koeficient úměrnosti hloubky zatlačení tloušťce plechu

Δ – střižná mezera

λ – úhel hřbetu nože

γ – úhel čela nože

τ_{ps} – stříhová pevnost

σ_{pt} – napětí na mezi pevnosti

σ_k – napětí na mezi pružnosti

σ_{t1} – obvodové napětí na vnitřním povrchu nádoby

F, F_s – střižná síla

F_p – síla na přidržovači

T – síla působící na hřbet nože při stříhání bez přidržovače

k – koeficient zahrnující vliv otupení nožů apod.

k' - bezpečnost

A – střižná práce

F_h – síla pružiny v horní úvrati

F_d – síla pružiny v dolní úvrati

p – měrný tlak na střižnou čelist

r_1 – malý poloměr válce

r_3 – velký poloměr válce

D, d – stříhaný průměr

S – plocha stříhu

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1:Uspořádání nástrojů při stříhání	7
Obrázek 2 : Rozložení tlaků v okolí střížné roviny.....	7
Obrázek 3:Vznik stížné trhliny	8
Obrázek 4:Schéma znázornění postupu trhliny při stříhu	9
Obrázek 5:Znázornění střížné plochy	10
Obrázek 6: Síly a napětí v materiálu při stříhání.....	11
Obrázek 7: Průběh střížné síly	13
Obrázek 8:Nastavení nožů	15
Obrázek 9:Vliv střížné mezery na průběh trhliny	16
Obrázek 10:Závislost tloušťky materiálu na velikosti stížné mezery	17
Obrázek 11:Závislost střížné mezery na velikosti střížné síly	17
Obrázek 12:Závislost střížné mezery na velikosti střížné síly	18
Obrázek 13:Závislost úhlu sklonu na střížné práci a síle	19
Obrázek 14:Úhly na noži	19
Obrázek 15:Typy nožů.....	20
Obrázek 16:Závislost úhlu čela nože na střížné síle	20
Obrázek 17:Vůle při uzavřeném stříhu	22
Obrázek 18: Mechanické zařízení pro změnu dorazu	24
Obrázek 19:Hydraulické zařízení pro změnu dorazu.....	25
Obrázek 20:Schéma stříhání pomocí střížného nástroje	26
Obrázek 21:Stříhání skloněnými, šikmými noži.....	27
Obrázek 22:Porovnání délku stříhu rovnými a šikmými noži	28
Obrázek 23:Úpravy střížníku a střížnice.....	28
Obrázek 24:Stříhání materiálu tahaným stříhem.....	29
Obrázek 25:Křivkové nůžky s různým uspořádáním nožů.....	29
Obrázek 26:Nože na stříhání profilu	30
Obrázek 27:Nože na čtvercový a kruhový materiál.....	31

Obrázek 28: Výpočet vzdálenosti x pro rozdělení pístu **Chyba! Záložka není definována.**

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Vzorce pro výpočet sřihové pevnosti	13
Tabulka 2: Hodnoty sřizné mezery	18
Tabulka 3: Hodnoty sřizné mezery	18
Tabulka 4: Chemické složení materiálů 100Cr6, 100CrMnSi6-4.....	33
Tabulka 5: Mechanické vlastnosti materiálu 100cr6, 100CrMnSi6-4	33

Úvod

Stříhání je technologická operace spadající do skupiny plošného tváření. Jako jediná z metod lisování je zakončena porušením soudržnosti tvářeného materiálu – lomem v oblasti plastické deformace. Používá se tedy v oblasti dělení materiálu. Při stříhání se působí na tvářený materiál vnější dvojicí sil, kterou tvoří dva břity nožů pohybující se proti sobě. U stříhání s využitím střížných nástrojů vytváří silovou dvojici dvě hlavní součásti nástroje – střížník a střížnice. Při tomto silovém působení dochází k postupnému nebo současnému oddělování větších částic materiálu podél křivky stříhu, kterou tvoří obvod střížníku nebo střížnice. Silové působení střížníku a střížnice vyvolává v řezné rovině potřebné smykové napětí nutné ke vzniku lomových trhlin.

Dle tvaru křivky stříhu rozlišujeme:

- 1) Stříhání podél uzavřené křivky stříhu (děrování, vystřihování apod.)
- 2) Stříhání podél neuzavřené křivky stříhu (nastřihování, rozstřihování apod.)

Dále rozeznáváme různé způsoby stříhání

- 1) Stříhání rovnoběžnými střížnými hranami – v každém místě stříhu je vzdálenost mezi střížnými hranami stejná
- 2) Stříhání šikmými střížnými hranami, které svírají určitý úhel
- 3) Stříhání kotoučovými noži

Faktory ovlivňující proces stříhání

Je nutno volit takové metody, které jsou nejen produktivní, ale i hospodárné, s minimálním množstvím odpadu. Důležitá je také jakost vyrobených polotovarů, neboť na ní závisí i jakost budoucího výrobku.

Pro volbu jednotlivých způsobů dělení materiálu jsou rozhodující tyto faktory:

- a) Typ výroby (hromadná, sériová, kusová)

- b) Stupeň mechanizace (při ruční obsluze 1500 až 3000 ks. ústřížků za směnu, při mechanickém zakládání 6000 až 9000 ks. ústřížků za směnu, na automatech 8 tis. až 40. tis. ks. ústřížků za směnu)
- c) Požadavky na tvarovou a objemovou přesnost, případně délkovou toleranci
- d) Ekonomické hledisko (nutno volit nejméně nákladný způsob dělení materiálu, který odpovídá zvolené technologii).

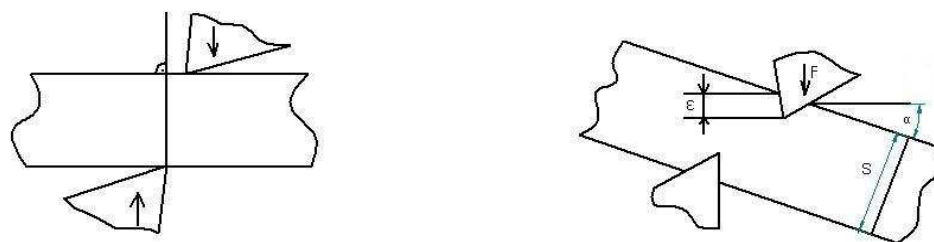
Všeobecně lze říci, že třískově lze dělit všechny druhy, tvary a rozměry materiálu. Nevýhodou je však nízká produktivita a poměrně vysoké ztráty materiálu vlivem prořezu. Třískovým způsobem zhotovíme kvalitní ústřížky (špalíky, které jsou tvarově a rozměrově přesné) s hladkou střížnou plochou, avšak relativně drahé.

V porovnání s tím je dělení materiálu stříháním vysoce produktivní a relativně levné. Jeho využití je však omezeno mechanickými vlastnostmi materiálu, tvarem a rozměrem ústřížku ($L/d > 0,8$). Ústřížky nejsou však tvarově přesné (částečně deformovaná střížná plocha).

Z důvodu zájmu o strojírenství a také předchozí pracovní zkušenosti v tomto oboru jsem se rozhodl v absolventské práci navrhnout zařízení pro stříhání kruhových ocelí.

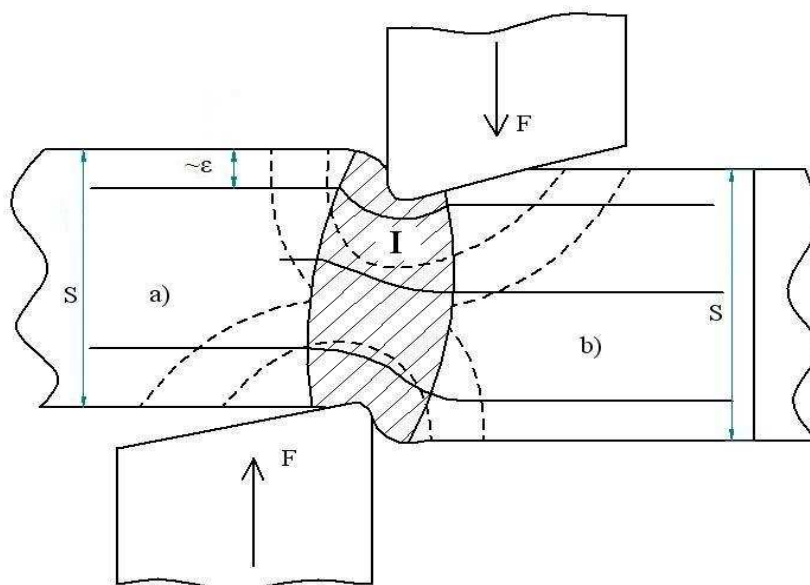
1 Střížný proces

Při stříhání zatlačujeme stříhací nože do materiálu dvojicí sil F tak, aby nastalo oddělení materiálu v tzv. střížné rovině, tj. v rovině, podél níž se nože pohybují – viz obrázek 1.



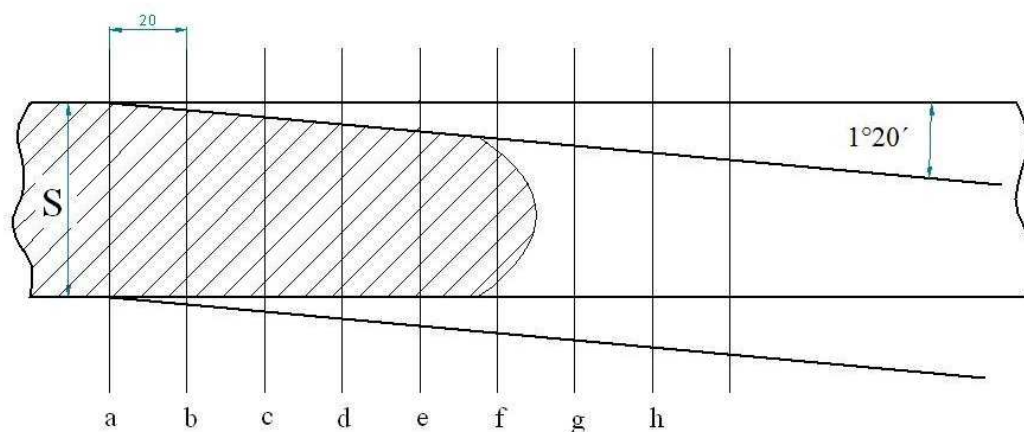
Obrázek 1: Uspořádání nástrojů při stříhání

Tlak se šíří ve stříhaném materiálu od místa styku s noži podle [1] v plochách, znázorněných isobarami na obrázku 2.



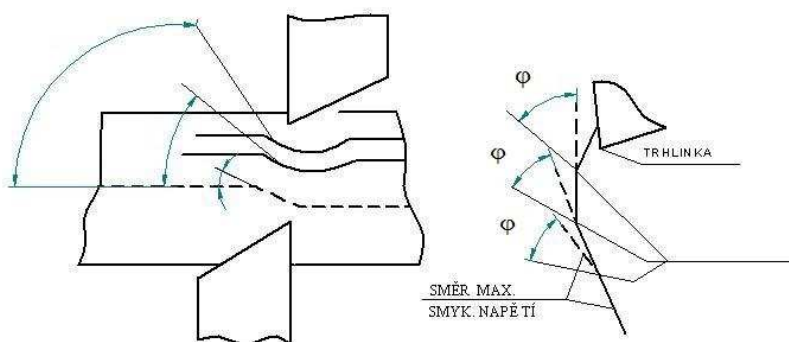
Obrázek 2 : Rozložení tlaků v okolí střížné roviny

Protože nože působí na dělený materiál tlakem podél střížné plochy, začne ve střížné ploše vznikat tlakové a smykové napětí a části a a b děleného materiálu se vzájemně přemístí. Přetvoření stříhaného materiálu vznikne v oblasti I kolem střížné plochy, na obr. 2. vyšrafované. V této oblasti budou při dalším posuvu nožů vlákna postupně ohýbána a protahována. Úměrně s úbytkem tlaku (tj. také úměrně se vzdáleností od bitu nože) se bude snižovat i prodloužení a prohnutí vlákna. Když se nože zatlačí do určité poměrné hloubky, charakteristické pro stříhaný materiál, dosáhne tahové napětí takové hodnoty, že nastane porušení, tzn. vznikne trhlina ve směru největšího smykového napětí. Protože největší tahové napětí je na břitu střížného nože, vznikne první trhlinka obvykle na tomto místě. Při dalším postupu nožů trhlinky pokračují až do úplného oddělení části a od části b – obrázek 3.



Obrázek 3: Vznik střížné trhliny

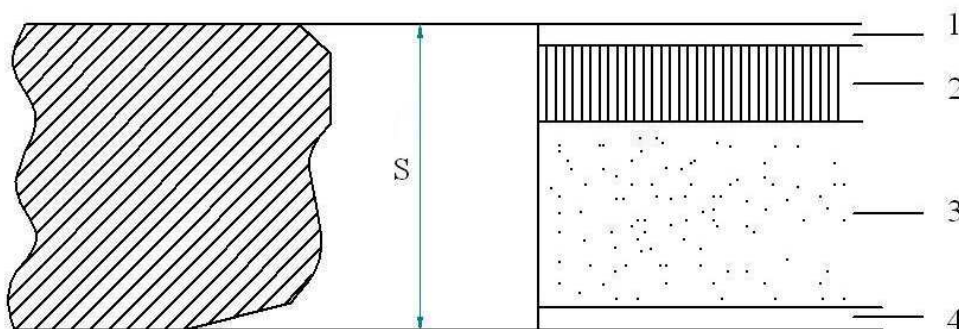
Nerovnoměrné rozložení tlaku způsobuje i změnu směru (prohnutí) takových vláken se vzdáleností od břitu nožů. Podobně se mění i směr trhlinek, v nichž se materiál odděluje. Ty postupují ve směru největšího smykového napětí, to je cca 45° ke směru takového napětí – obrázek 4.



Obrázek 4: Schéma znázornění postupu trhliny při stříhu

1.1 Kvalita střížné plochy

Na obrázku 5 je znázorněna střížná plocha při volbě normální (běžné) střížné vůle. Jsou zde jasně patrna jednotlivá pásma, která na střížné ploše vznikají.



Obrázek 5: Znázornění střížné plochy

1 - Pásmo zaoblení, 2 - pásmo utržení, 3 - pásmo smyku, 4 - pásmo otlacení

U ocelového plechu S235JRG1 (ČSN 11 373.11) (normalizačně žíhaný, za studena lehce převálcovaný) $s = 20,6$ mm bylo naměřeno :

část 1 6 % S

část 2 10 % S

část 3 80 % S

část 4 4 % S

Část 3 tvoří u běžného stříhu 80 % střížné plochy, a proto je pro posouzení kvality střížné plochy charakteristická.

Jelikož trhliny postupují od břitů obou nožů, setkávají se uprostřed děleného materiálu a vytvoří esovitou střížnou plochu. Trhliny se však nemusí setkat vždy přesně svými čely. Vznikne pak tříška, nebo se na povrchu střížné plochy vytvoří zátrh. Třísky se shromažďují pod místem stříhu a mohou působit obtíže, např. při přesném děrování, když se dostanou mezi pohybující se části stroje. Jestliže je stříhaný materiál anisotropní, což je při větším obsahu vměstků zvláště markantní, mohou vzniknout další smykové trhliny s v místě zvýšeného obsahu vměstků.

Vznik podélné trhliny na střížné ploše je tedy upozorněním na materiálovou vadu. Trhlina je na střížné ploše viditelná pouhým okem.

1.1.1 Zpevnění v okolí střížné plochy

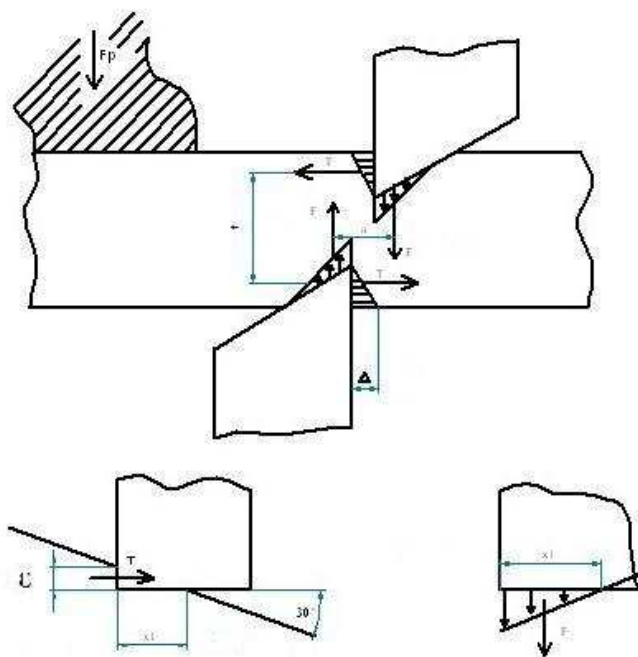
Jak již bylo uvedeno, v okolí střížné plochy se stříhaný materiál trvale deformoval. Proto zde úměrně se stupněm deformace muselo dojít i ke zpevnění a ke snížení tvárnosti. Maximální hodnoty přetvoření bylo dosaženo v těsné blízkosti střížné plochy, tj. plochy, na níž došlo k utržení. [3]

1.2 Stížné tlaky, síly, práce deformace při stříhu

1.2.1 Silové sledování střížního procesu

Působí-li na stříhaný profil (tyč) dvojice sil, pak se musí tyč naklonit ve směru působení momentu dvojice sil F o úhel α . Přitom se však nože, které síly přenáší, zatlačí do materiálu tyče.

Rozložení tlaku na noži je přibližně trojúhelníkové. Výslednicí je na horním noži síla F , na spodním noži síla F' - stejně velká, ale opačného smyslu. Obě síly jsou od sebe vzdáleny o délku „ a “



Obrázek 6: Síly a napětí v materiálu při stříhání

Na stříhaný kov působíme tedy momentem

$$M = F * a$$

který nám způsobí natočení. Na čele nožů vznikají síly „T“, které působí momentem v obráceném směru, tj. proti natáčení materiálu. Natáčení se zastaví ve chvíli, kdy bude platit vztah:

$$T * t = F * a$$

to je při rovnosti momentů. Úhel natočení dosahuje cca 30°. Působením momentu $T * t$ jsou nože odtlačovány od sebe.

Boční tlak na břity nožů může způsobit ulomení břitů. Proto je třeba zabránit naklápění materiálu. Toho docílíme použitím přidržovače, který působí silou F_p na rameni „p“. Přibližná hodnota přidržovací síly F_p je rovna cca 10% střížné síly F . Toto uspořádání nástrojů však nezlepší deformaci odstřížku. Chceme-li zabránit ohnutí odstřížku a tím zlepšit kolmost střížné plochy k ose špalíku, musíme přidržet ústřížek. [2]

1.2.2 Střížná síla a práce deformace

Velikost střížné síly vypočteme ze vztahu:

$$F_{\text{stř}} = S * \tau_{\text{ps}} * k$$

Kde: S je střížná plocha

k je konstanta zahrnující vliv otupení nožů apod.

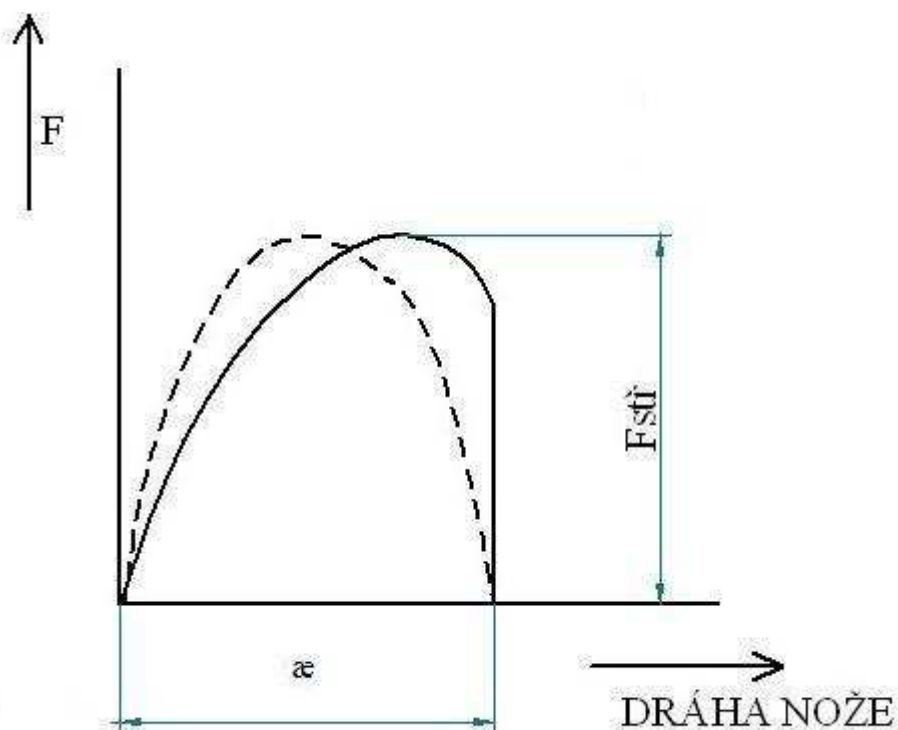
τ_{ps} je stříhová pevnost.

Určíme ji například ze vzorců uvedených v tabulce 1.

Materiál	Vzorec pro výpočet stříhové pevnosti
Mosaz	$171 + 0,285 * \sigma_{pt} = \tau_{ps}[\text{MPa}]$
Ocel	$110 + 0,56 * \sigma_{pt} = \tau_{ps}[\text{MPa}]$
Dural	$173 + 0,23 * \sigma_{pt} = \tau_{ps}[\text{MPa}]$
Zinek	$7 + 0,75 * \sigma_{pt} = \tau_{ps}[\text{MPa}]$
Hliník, cín, měď, nikl	$7,5 * 10^{-1} * \sigma_{pt} = \tau_{ps}[\text{MPa}]$

Tabulka 1: Vzorce pro výpočet stříhové pevnosti

Průběh síly je znázorněn na obrázku 7.



Obrázek 7: Průběh střížné síly

Výpočet střížné síly

$$F_{\text{stř}} = S * \tau_{\text{ps}} * k \text{ [N]}$$

$$A = \frac{\pi}{2} * a * b = \frac{\pi}{2} * \frac{S_{\text{stř}}}{2} * F_{\text{stř}} \text{ [J]}$$

$$S = s * L \text{ [m}^2\text{]}$$

Chceme-li určit velikost střížné síly, nahradíme průběh skutečné síly polovinou elipsy.

Úplné oddělení při stříhu nastává, zatlačíme-li horní nůž do hloubky

$$E = S * \epsilon \text{ [2] [4]}$$

1.3 Veličiny ovlivňující velikost střížné síly, práci a kvalitu střížné plochy

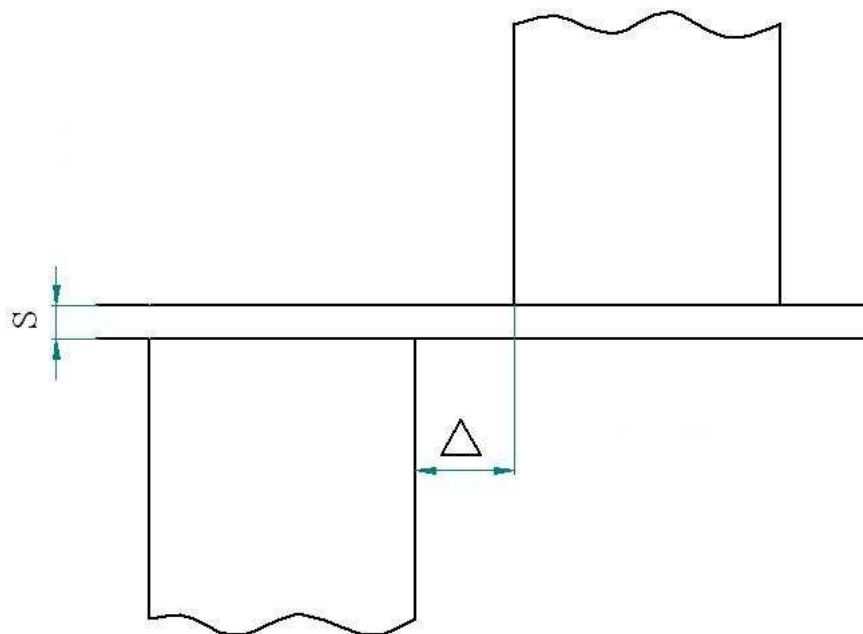
1.3.1 Vlastnosti stříhaného materiálu

Jednou z hlavních veličin, které mají vliv na velikost střížné síly, ale také na práci a kvalitu střížné plochy, je pevnost děleného materiálu. Ve hrubém přiblížení můžeme předpokládat, že stříhová pevnost závisí na pevnosti v tahu stříhaného materiálu.

Z mechanismu stříhu vyplývá: čím tvrdší materiál, tím je kvalitnější střížná plocha a menší deformace ústřížku. [3]

1.3.2 Vliv nastavení nožů

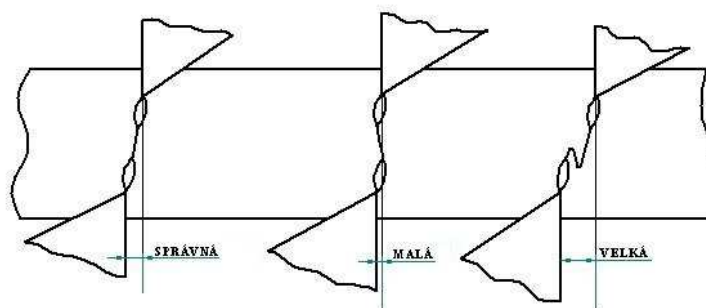
Jak již bylo uvedeno, bude se střížná plocha skládat ze 4 částí. Trhlina, vzniklá pod břitem nože, je od roviny odkloněna o úhel $5^\circ - 7^\circ$. Je tedy zřejmé, že chceme-li docílit co nejlepší střížné plochy – bez zátrhů –, musíme nastavit nože tak, aby mezi nimi byla určitá střížná mezera Δ – viz obrázek 8.



Obrázek 8: Nastavení nožů

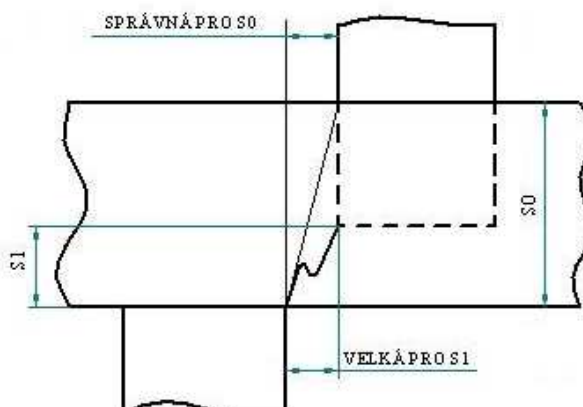
Bude-li střížná mezera malá, bude horní nůž stírat materiál již ustřižený, což jistě povede k jeho předčasnému otupení a ke zvýšení potřebné střížné síly. Ve střížné ploše vznikají zátrhy, tudíž je nerovná.

Bude-li střížná mezera příliš velká, způsobí značné zvýšení ohybového momentu působícího na odstřížek a také povede ke zvýšení boční síly působící na břit nože. Na střížné ploše vznikne ostřina. Názorně je vidět na obrázku 9, jak vzniká trhlina při stříhu.



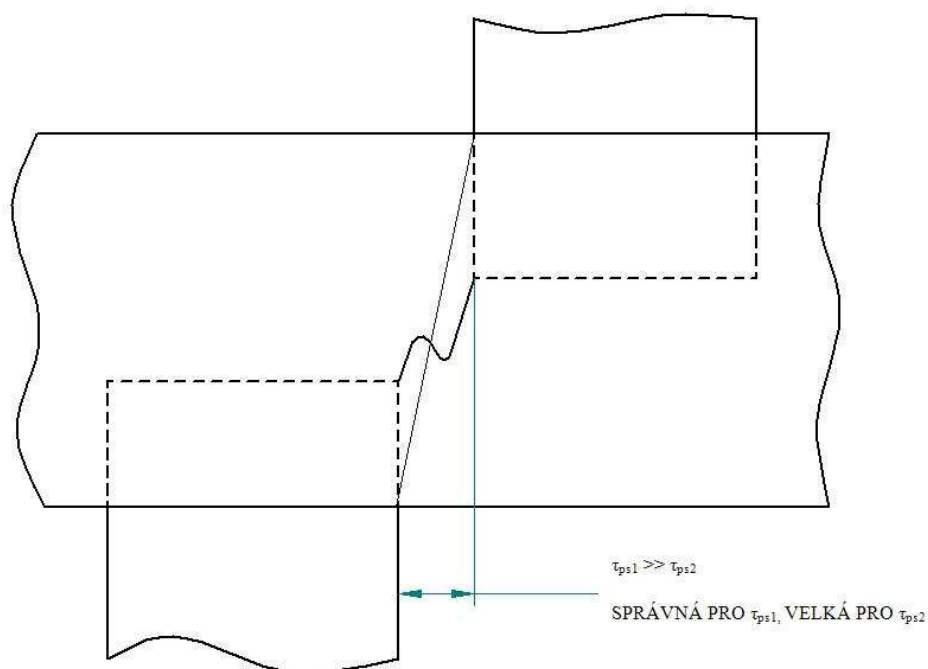
Obrázek 9: Vliv střížné mezery na průběh trhliny

Správná střížná mezera nebude stejná pro různé tloušťky materiálu – obrázek 10.

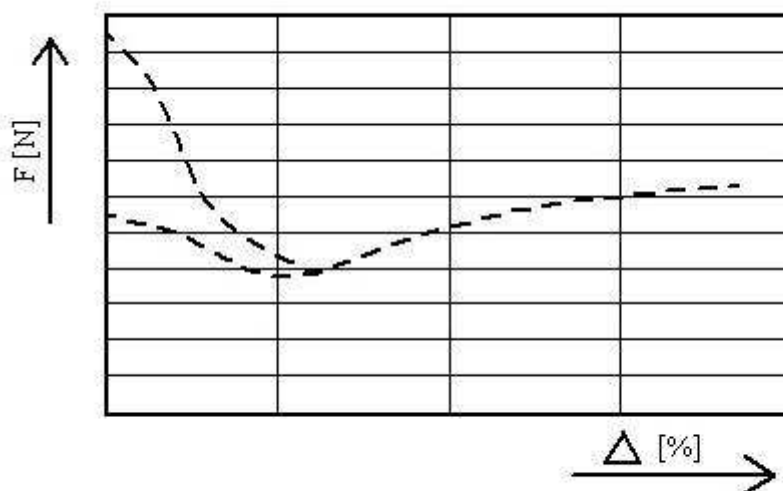


Obrázek 10: Závislost tloušťky materiálu na velikosti střížné mezery

Podobně i pevnost materiálu má vliv na velikost střížné mezery. Čím méně pevný je materiál, tím bude nutná menší střížná mezera mezi noži – obrázek 11.

**Obrázek 11: Závislost střížné mezery na velikosti střížné síly**

Velikost střížné síly je také ovlivněna velikostí střížné mezery Δ . Je-li střížná mezera správná, je střížná síla nejmenší. Závislost velikosti střížné síly na Δ je znázorněna na obrázku 12.



Obrázek 12: Závislost střížné mezery na velikosti střížné síly

Při velké či malé hodnotě střížné mezery střížná síla vzrůstá. Proto výpočet počítáme vždy se správnou střížnou mezerou Δ . Doporučené hodnoty střížné mezery jsou uvedeny v tab. 2 a 3.

Pevnost stříhaného materiálu Mpa	do 300	300÷400	400÷500	500÷600	600÷700
Střížná vůle v % \varnothing stříhaného materiálu	12	12÷9	9÷6,5	6,5÷4,5	5,4÷3

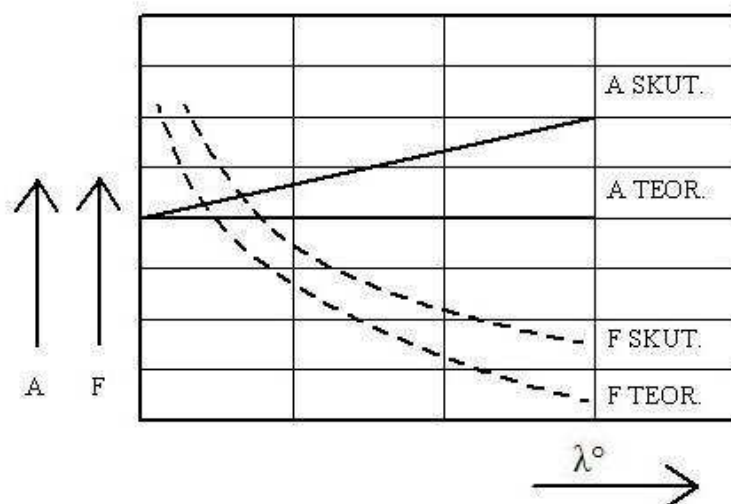
Tabulka 2: Hodnoty střížné mezery

Pevnost stříhaného materiálu Mpa	700÷800	800÷900	900÷1000	nad 1000
Střížná vůle v % \varnothing stříhaného materiálu	3÷2	2÷1	1÷0	0

Tabulka 3: Hodnoty střížné mezery

1.3.3 Vliv sklonění nožů

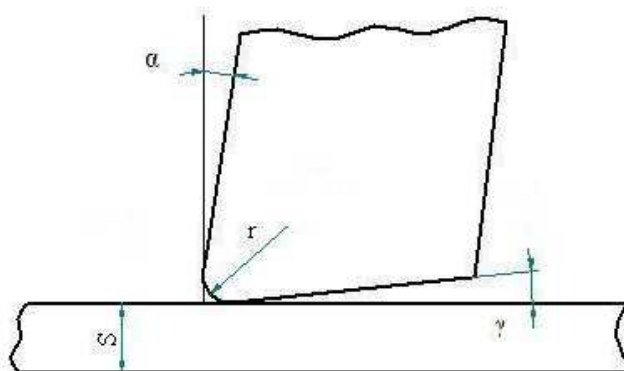
Sklon nožů λ podle [2] ovlivňuje jak velikost síly, tak i velikost práce. Při sklonění nožů se oproti stříhání paralelními noži střížná síla sníží, ale práce bude větší, protože ke střížné práci je nutno přičíst práci ještě pro ohyb – obrázek 13.



Obrázek 13: Závislost úhlu sklonu na střižné práci a síle

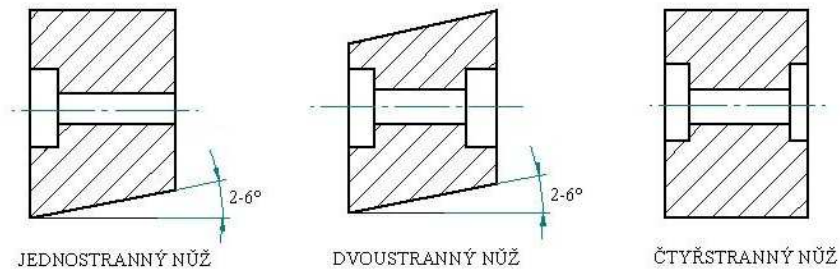
1.3.4 Vliv tvaru nožů

Tvar břítu je určen úhlem čela γ , úhlem hřbetu α a poloměrem zaoblení (otupení) břítu r – obrázek 14.



Obrázek 14: Úhly na noži

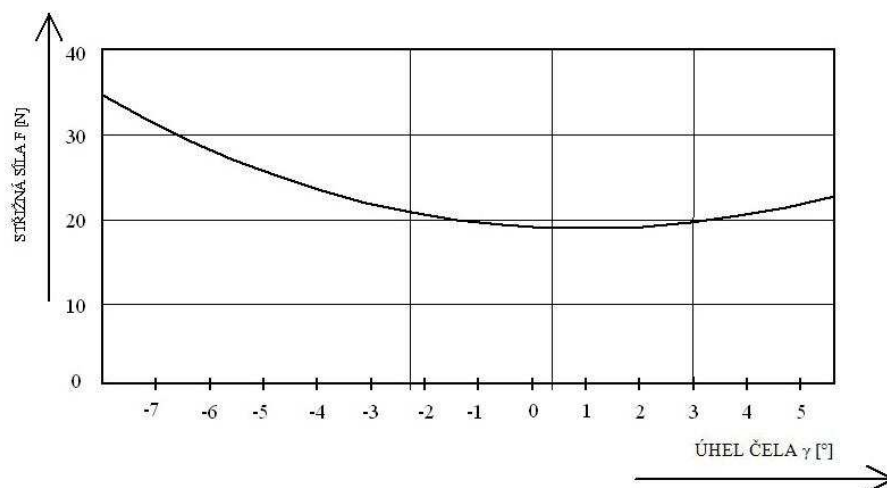
Nože mohou být jednovrstvé, dvouvrstvé či čtyřvrstvé – viz obrázek 15.



Obrázek 15: Typy nožů

Úhel hřbetu α může ovlivnit střížný pochod pouze tehdy, je-li příliš malý nebo záporný. V tomto případě tře totiž čelo nože po materiálu, čímž střížná síla roste. Tuto závadu odstraníme zvětšením úhlu α na $\alpha \leq 1^\circ$. Podle praktických zkušeností se pak nůž již vůbec neotírá o materiál. Další zvětšení úhlu α by vedlo ke zbytečnému oslabení nože (úhlu břitu).

Úhel čela γ působí jen málo na velikost střížné síly, jak je zřejmé z obr. 16, zvláště v rozmezí běžně používaných úhlů, tj. od $\gamma = -1^\circ 30'$ do $\gamma = 7^\circ 30'$.



Obrázek 16: Závislost úhlu čela nože na střížné síle

Nože s většími úhly γ budou více deformovat konec odstrižku. Úhel γ je tedy nejvýhodnější v rozmezí kolem $\gamma = 0^\circ$. Ve výpočtovém vzorci lze jeho vliv zanedbat. [1]

1.3.5 Vliv otupení nožů

Otupení nožů je faktorem, který silně ovlivňuje jak velikost střižné síly, tak i kvalitu střižné plochy. Otupení nožů nastane tím dříve, čím větší bude tření mezi nožem a materiálem, čím větší bude měrný tlak na břitu nože a čím horší bude kvalita nožů. Tření je například větší při stříhání okujeného plechu, a proto při stříhání takového plechu se nože brzy otupí. Proto je třeba vždy před stříháním okuje z povrchu odstranit. Vliv otupení břitu na velikost střižné síly je určen Kellerem:

$$F = F_0 (1 + 5,5 r/s)$$

Kde F_0 je střižná síla ostrými noži, tj. pro $r = 0$. Tento vzorec platí dle Reichla asi do $r = 0,1 s$, kdy se zvýší hodnota střižné plochy o 55 %. Takovéto otupení budeme považovat za maximální přípustné. Z výše uvedeného je zřejmé, že nůž, který je možno považovat za tupý pro plech $s = 0,5 \text{ mm}$, nemusí být tupý pro $s = 5 \text{ mm}$. Tato skutečnost by mohla být příčinou snížení stříhové pevnosti při stříhání plechu o větších tloušťkách. [1][3]

1.3.6 Délka ústřížku

Délka ústřížku ovlivňuje velikost jeho deformace. Nejméně se deformují ústřížky, jejichž poměr délky L k průměru je $L : D \geq 1$. Z tvrdších materiálů je možno stříhat špalíky i s menším poměrem $1 : D = 0,8 \div 1$, aniž by docházelo k jejich velké deformaci. Stříhání ocelových špalíků s poměrem $1 : D < 0,8$ není prozatím spolehlivě vyřešeno. Požadují-li se výchozí polotovary krátkých délek, je nutno ustříhnout špalík z tyče menšího průměru ($L : D \div 1$), a poté upravit na požadovaný rozměr (např. rozpěchováním) na požadovaný průměr a kratší délku. [1] [3]

Podle potřeby se za pēchovací operaci zařadí ještě žíhaní k obnově původních vlastností materiálu.

1.3.7 Rychlost stříhání

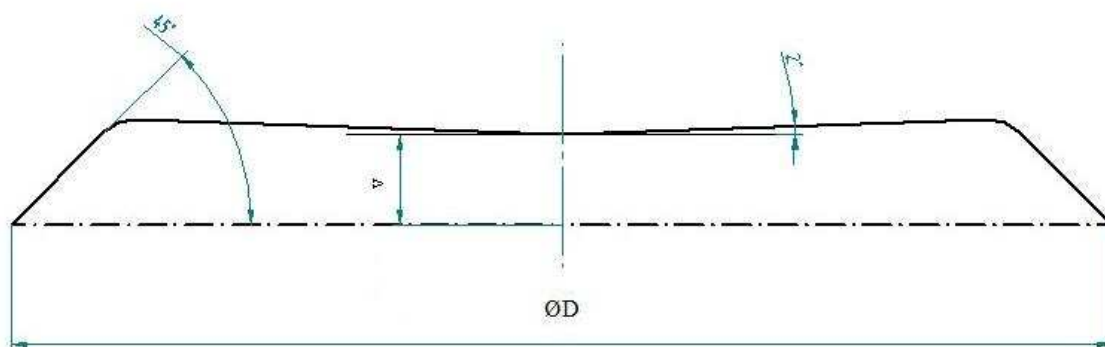
Zkouškami bylo ověřeno, že se zvyšující se rychlostí stříhání se zvyšuje i kvalita střížné plochy. Dobrých výsledků bylo dosaženo se střížnou rychlostí 2 m/ sec. Při dalším zvyšování se již kvalita střížné plochy podstatně neměnila. Rostly však neúměrně náklady na stříhání.

1.4 Stříhací nože

Nože na stříhání za studena se zhotovují většinou z nástrojových ocelí 90MnCrV8 (19 312), X210Cr12 (19 436) nebo X210CrW12 (19 437), tepelně se zpracovávají dle příslušných materiálových listů.

Tvar činné části nože je určen:

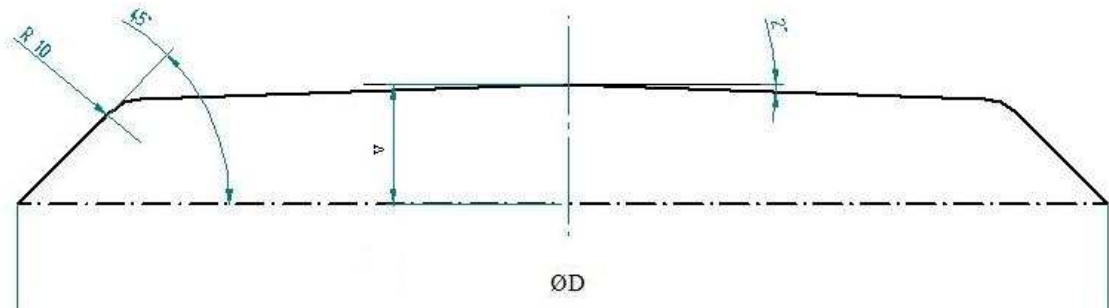
1. Druhem stříhaného materiálu – tyč kruhová, tvarová, trubka
2. Způsobem stříhání – otevřený nebo uzavřený stříh (tvar vřle podle 5 – obrázek 17, 18)



Obrázek 17: Vřle při uzavřeném stříhu

$v = D/2 * 0,08$ – stříhací vůle na jedné stříhací čelisti

optimální v pro materiál od $\sigma_{pt} = 330 \div 500$ Mpa



Obrázek 17a: Vůle při uzavřeném stříhu

$v = D/2 * 0,07$ – stříhací vůle na jedné stříhací čelisti

optimální v pro materiál od $\sigma_{pt} = 500 \div 750$ Mpa

3. Počtem současně dělených ústřížků

Celkový tvar a rozměry nožů jsou určeny upínacími možnostmi nástroje nebo stroje.

1.5 Závěry pro konstrukční řešení nástroje [2] [4]

Stříhání běžným způsobem na nůžkách na profily nedosahuje potřebné tvarové ani objemové přesnosti. Kvalita stříhu má především ekonomický význam, spočívající ve zvýšení výroby, úspoře materiálu, snížení odpadu a zavedení vyšší technické úrovně.

Ústřížek musí vykazovat minimální deformace povrchových částí, čelo rovné bez zátrhů a kolmé k ose špalíků. Při běžném způsobu stříhání na různých přípravcích a nůžkách se tyto podmínky většinou nesplňují, špalíky mají staženiny povrchu u střížné plochy. Vlastní průřez je do různých vzdáleností od střížné plochy deformován, vykazuje tedy značnou odchylku od výchozího geometrického tvaru. Čelo je od roviny

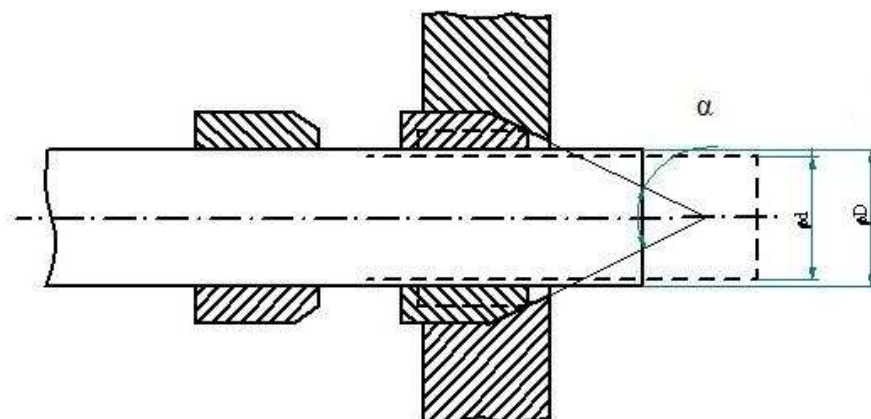
kolmé k ose špalíku, odchýleno až o $\pm \sim 7^\circ$. Vlastní střižná plocha není rovinná ani rovná a navíc vykazuje zátrhy. Vzhledem k tomu, že odklony čel jsou různé u dvou po sobě jdoucích ústřížků a jsou různé povrchové deformace a délkové odchylky, nedosahuje se tímto způsobem dělení zcela vyhovující objemové přesnosti. Vliv tolerancí materiálu, otevřené nože, jejich otupění, nesprávná vůle a s v neposlední řadě i vlastnosti materiálu způsobují všechny uvedené závady.

Pro dosažení kvalitní střižné plochy se používá zařízení, které vyvodí ve stříhaném materiálu vícery stav napjatosti. Používá se také mechanický pákový přidržovač a hydraulický přidržovač.

Pro dosažení přesného objemu, tj. aby hmotnost předobrobku byla poměrně přesná, se používá několik způsobů a zařízení.

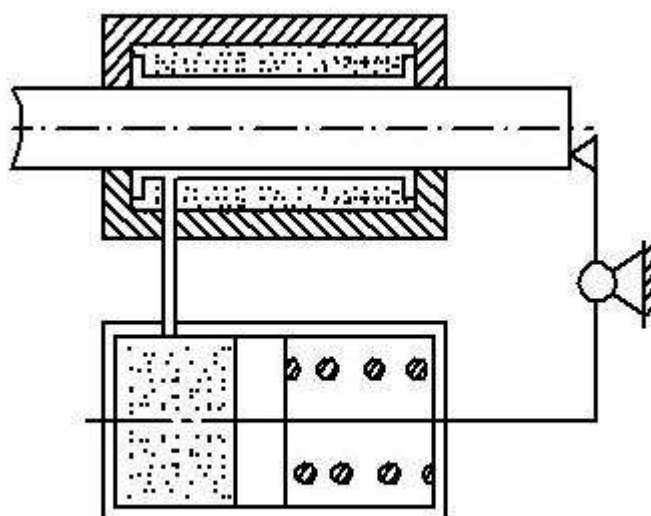
1. Elektromagnetická kontrola podávaného průřezu.
2. Mechanické zařízení pro změnu dorazu. Při menším průřezu tyče se kleštěmi posune - důsledkem kuželového dorazu - o větší délku, takže objem podané tyče je přibližně stejný.

Obrázek



Obrázek 18: Mechanické zařízení pro změnu dorazu

3. Hydraulické zařízení, které ovládá doraz. Při menším průměru tyče se doraz vlivem vyrovnání tlaků v uzavřeném prostoru tyče a v regulačním válci posune tak, že je ústřížek delší. Tak je tedy přibližně zachován objem podané tyče. Obr. 19.



Obrázek 19:Hydraulické zařízení pro změnu dorazu

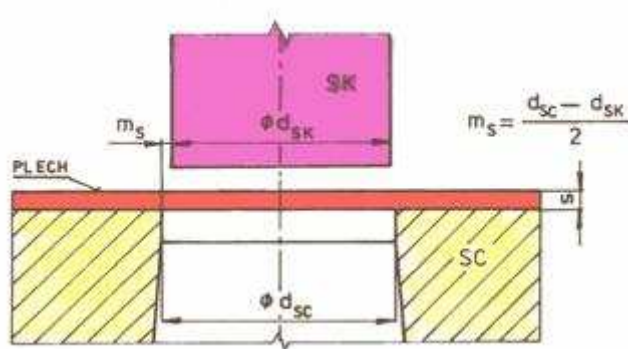
2 Rozdělení stříhání [6]

Podle konstrukce nožů (střížníků) lze stříhání rozdělit na:

- 1) Rovnými noži
- 2) Skloněnými noži
- 3) Kotoučovými noži
- 4) Noži na profily a tyče

2.1 Stříhání rovnými noži

Ke stříhání rovnoběžnými noži se používá střížný nástroj, který se skládá ze střížníku a střížnice, mezi nimiž je střížná vůle, resp. střížná mezera m_s (1/2 střížné vůle). Kvůli nebezpečí havárie nelze bez zvláštních úprav postavit nástroj bez mezery. Pro docílení kvalitního výstřížku je důležitá optimální vůle mezi střížníkem a střížnicí. Jednostranná vůle bývá od 3 do 10 % tloušťky plechu v závislosti na tloušťce a pevnosti materiálu (s rostoucí pevností se vůle zvětšuje).

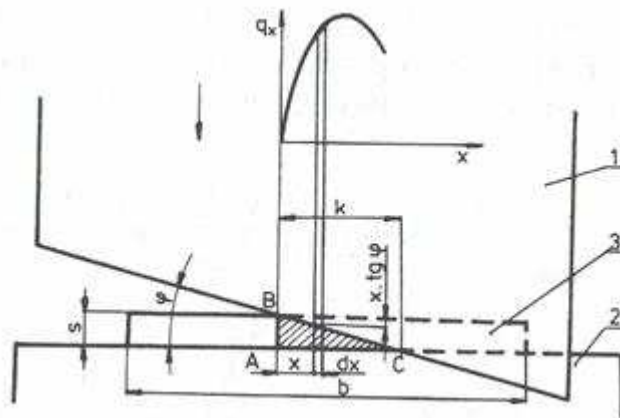


Obrázek 20: Schéma stříhání pomocí střížného nástroje

Schéma stříhání pomocí střížného nástroje (SK – střížník, SC – střížnice)

2.2 Stříhání šikmými noži

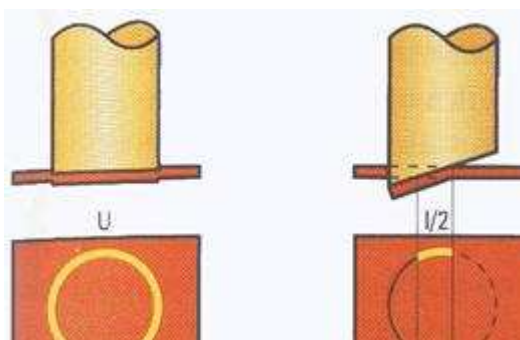
Stříhání šikmými, skloněnými, noži, které při stříhání svírají určitý úhel, je výhodné proto, že se při tomto způsobu zmenší celková potřebná střížná síla oproti stříhání na rovných nožích. Materiál se stříhá postupně. Pro velikost střížné síly bude rozhodující velikost střížné hrany a tloušťky - plochy trojúhelníku.



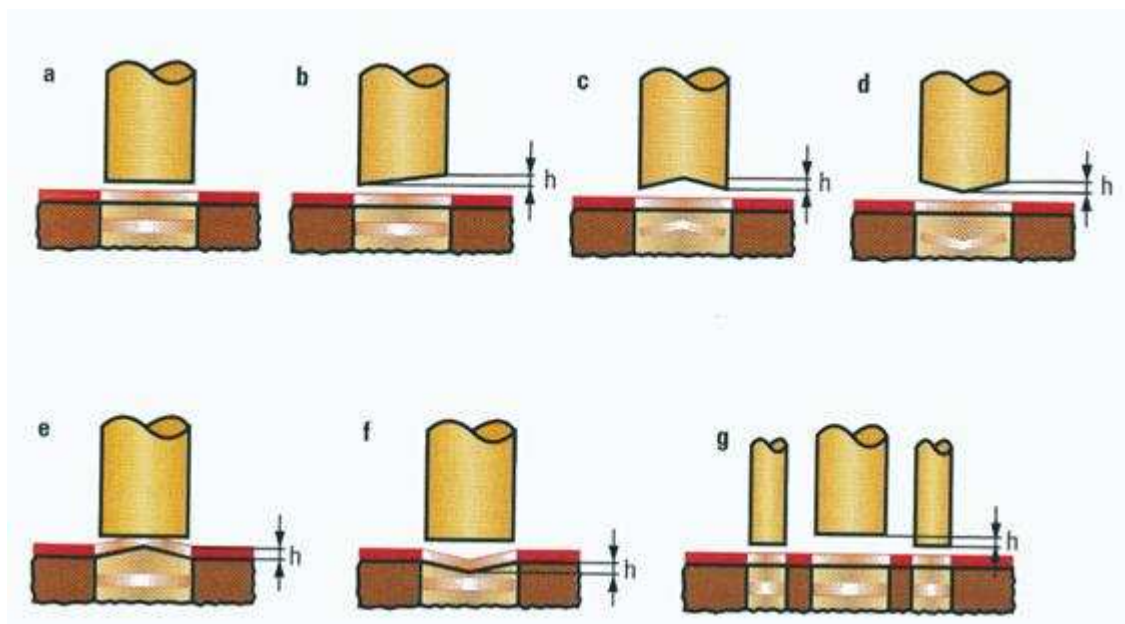
Obrázek 21: Stříhání skloněnými, šikmými noži

(1 – horní pohyblivý nůž, 2 – dolní pevný nůž, 3 – stříhaný materiál)

Podobně jako u jednoduchého rovného stříhání je i v tomto případě průběh okamžité síly možno regulovat, i když naproti tomu se celková práce, vynaložená na stříhání, nezmenší. U nástrojů, stříhadel, složených ze střížníku a střížnice, používaných pro dva nejrozšířenější způsoby stříhání, tj. děrování a vystřihování, to lze provést dvěma způsoby:



Obrázek 22: Porovnání délky délky stříhu rovnými a šikmými noži



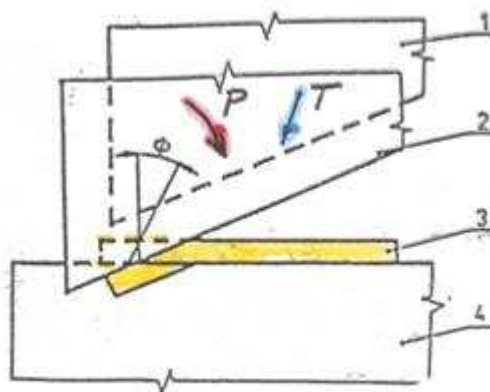
Obrázek 23: Úpravy střížníku a střížnice

Úpravy střížníku a střížnice (a – rovný stříh, b – jednostranné zkosení střížníku, c, d – oboustranné zkosení střížníku, e, f – zkosení střížnice, g - stupňovité uspořádání střížníků)

Stříhadla se zkoseným ostřím používáme tehdy, chceme-li zmenšit střížnou sílu, která je větší než síla lisu. Na vystříhování se zkosení dělá oboustranné a to na střížnici, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Způsob oboustranného zešikmení vyrovnává síly na střížníku a nevychyluje jej z osy. Jednostranné zkosení střížníku se používá jen pro nastříhování. U děrování je střížnice rovná a střížník zkosený, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Při stříhání složitých tvarů se nedoporučuje provádět zkosení ostří.

Do šikmého stříhu počítáme i pákové nůžky, jejichž nože se pohybují úhlových sklápěním. Protože sklápěním přímkových nožů se úhel λ mění, staví se často pákové nůžky s jedním nebo oběma noži obloukovými, takže úhel λ zůstává po střížné čáře konstantní.

Zvláštním způsobem stříhání se skloněnými noži je tahaný stříh, kdy úhel stříhu (tažení) f je roven 2 až 10°. Tento způsob je používán pro stříhání vláknitých látek, kde se sníží střížná síla až o 20 % při úhlu $f = 70^\circ$.

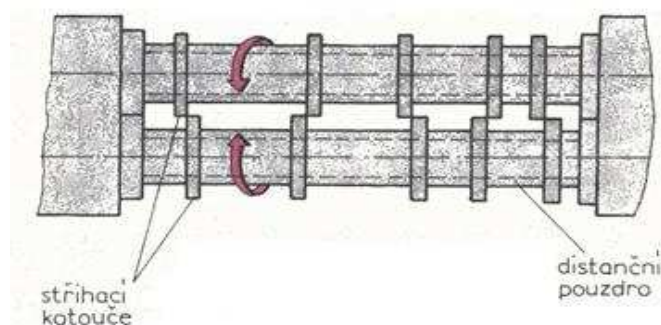


Obrázek 24: Stříhání materiálu tahaným stříhem

(1 – východisková poloha pohyblivého nože, 2 – poloha pohyblivého nože při stříhu, 3 – dolní pevný nůž, 4 – stříhaný materiál)

2.3 Stříhání kruhovými noži

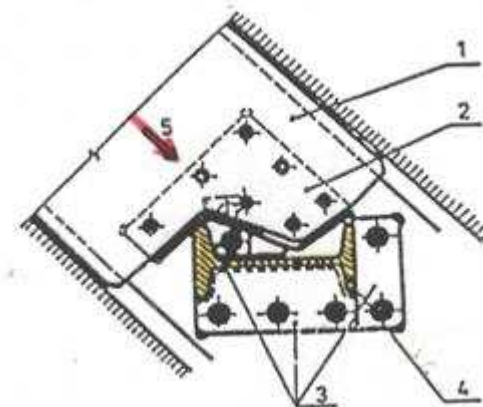
Pro podélné stříhání dlouhých pásů se staví nůžky kotoučové, kruhové. Je to střížný nástroj s odvalujícími se noži. Použití kruhových nožů prodlužuje čas stříhu, ale snižuje rázy při stříhání. Sklon řezné hrany se mění od nejvyšší hodnoty v místě záběru do nuly. Kombinace dvoukruželového a válcového nože je určena pro stříh zakřivených tvarů, s výhodou skloněných os nástrojů. Na křivkové stříhání je potřeba zvolit co nejmenší průměr nožů. To umožňuje konstrukci nůžek s dlouhými rameny nesoucími kotouče, a tím i snadnou manipulaci se stříhaným materiálem. Speciálním nástrojem jsou kmitací nůžky. Slouží k ostříhování výlisků a k vystříhování drážek a děr. Maximální tloušťka materiálu je kolem 10 mm.



Obrázek 25: Křivkové nůžky s různým uspořádáním nožů

2.4 Stříhání noži na profily a tyče, trubky

Často se stříhá také profilový materiál, čtvercový, kruhový, profily, atd. Zatímco příčný průřez funkčních částí nástrojů zůstává ve všech případech zhruba beze změny, mění se podélný tvar podle účelu stříhu.

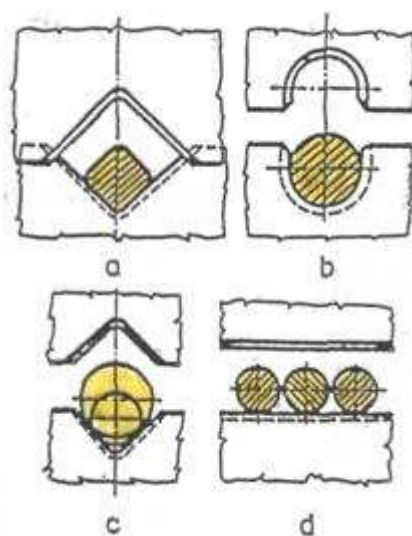


Obrázek 26: Nože na stříhání profilu

(1 – střižník, 2 – pohyblivý nůž, 3 – pevný nůž, 4 – stříhaný profil, 5 – směr pohybu nože)

Při stříhání jakéhokoliv profilového materiálu platí zásada, aby přestřihovaná tloušťka v každém okamžiku byla téměř stále stejná. Této zásadě se potom přizpůsobuje obrys pohyblivého nože. Na obrázku je ukázán tvar nože pro stříhání profilů a tvar nožů určený jednak pro stříhání čtvercových profilů, jednak tvar nožů pro stříhání kulatiny. Při šikmém posuvu pohyblivé části nástroje se docílí rovnoměrnějšího průběhu střížné síly v závislosti na zdvihu, než kdyby se volil pohyb nože podle některé z os průřezu.

Při stříhání trubek, při jejich pokud možno minimálním zdeformování, má pohyblivá část nástroje tvar oblouků zakončených špičkou. Zašpičatělá část nejprve trubku propíchne, boky potom trubku stříhají tak, že výslednice sil na břitu směřuje kolmo vůči směru nejvyšší tuhosti. Střížná mezera není rovněž po celé délce stejná, od krajů směrem ke středu roste.



Obrázek 27: Nože na čtvercový a kruhový materiál

(a – čtvercový průřez, b – kruhový průřez, c – kruhový průřez s rozdílným průměrem, d – kruhový průřez s povolenou deformací profilu)

3 Návrh konstrukce nástroje pro bezodpadové stříhání špalíků

3.1 Hlavní požadavky na nástroj

1. Nástroj má pracovat na běžně vyráběném lisu, který je univerzální a je možno jej použít i pro jiné operace.
2. Budou stříhány špalíky z tyče. Odstrážky budou dále zpracovávány tvářením. Z toho vyplývá požadavek na tvarovou a zvláště pak na objemovou přesnost.
3. Nástroj musí umožnit stříhat různou délku polotovaru (od $L/d = 0,625$ až $L/d=2$, tj. $L = 32$ mm až 40mm).
4. Nástroj musí vyhovovat z hlediska bezpečnosti.
5. Systém stroj a nástroj bude zapojen do linky s pevnou vazbou.

Nástroj je navrhován pro stříhání tyče:

Maximální průměr $d=20$ mm

Délka ústřížku $L = 32$ mm až 40mm

Výkon stroje 32 ks. ústřížků/min

3.2 Střížný materiál

Na stroji budou stříhány tyče z materiálu 100Cr6 (14 109), případně 100CrMnSi6-4 (14 209). Tyto ocele se používají pro výrobu valivých ložisek. Obsahují asi 1% C a 1,5% Cr. Podrobnější informace o chemickém složení a vlastnostech materiálu jsou uvedeny v tabulce níže.

	C[%]	Mn[%]	Si[%]	Cr[%]	Ni[%]	Cu[%]	P[%]	S[%]
100Cr6 (14 109)	0,90- 1,10	0,3-0,5	0,15- 0,35	1,30- 1,64	max.0,30	max.0,25	max.0,03	max.0,03
100CrMnSi6-4 (14 209)	0,90- 1,10	0,90- 1,20	0,35- 0,65	1,30- 1,65	max.0,30	max.0,25	max.0,027	max.0,03

Tabulka 4: Chemické složení materiálů 100Cr6, 100CrMnSi6-4

	σ_{pt} [MPa]	σ_{kt} [Mpa]	δ [%]	ψ [%]	Tvrlost[HB]
100Cr6 (14 109)	608-726	441	18	35	max.210
100CrMnSi6-4 (14 209)	628-765	441	18	35	max.225

Tabulka 5: Mechanické vlastnosti materiálu 100cr6, 100CrMnSi6-4

3.3 Popis střížného nástroje

Pevnou část nástroje tvoří základová deska. Za tuto desku bude nástroj upnut pomocí upínek ke stolu lisu. K základové desce je šrouby připevněn válec. Do dna válce je vlisována polyenová deska. Nad ní se nachází píst, který je dělen na dvě části tak, že spodní plocha jedné části tvoří dvě třetiny z celkové plochy pístu a druhá část tvoří jednu třetinu celkové plochy pístu. Píst je ve válci veden jedním perem, přišroubovaným do jedné části pístu. Vzájemně pak jsou obě části pístu vedeny po kluzných plochách, vytvořených na obou částech pístu. K základové desce je též přivařena deska s vodíci sloupcy pro vedení zaváděcích kotoučů. Zaváděcí kotouče jsou kluzně uloženy na čepu, který je přišroubován ke dvěma úhelníkům. Horní zaváděcí kotouč, vedený pomocí úhelníků kluzně uložených na vodících sloupcích, je výškově seřiditelný pomocí šroubů a má možnost vertikálního pohybu. Základní polohu horního kotouče zaručují pružiny na vodících sloupcích. K základové desce je připevněn šrouby také držák hydraulického válce, soužícího k vymezení dorazové polohy tyče.

Pohyblivá část nástroje není pevně spojena s beranem lisu. Beran působí na vrchní desku stříhacího nástroje jen určitou částí z celkového zdvihu prostřednictvím dělené desky přišroubované k beranu. Vrchní deska je kluzně vedena na dvou vodících sloupcích a do výchozí polohy se vrací pomocí dvou pružin a vymežovací zarážkou tvořenou pojistným kroužkem. Na vrchní desku je přišroubován válec, v němž je nalisován opět polytan. Ve válci se pohybuje dělený píst, zrcadlově uložený ke spodnímu dělenému pístu, a je veden stejně jako dělený píst spodní. Výchozí polohu obou částí, vrchního i spodního děleného pístu, zaručují jednak pružiny vložené do vybrání pístu, a jednak páky otočně uložené na čepu, který je upevněn na vrchním, resp.

ve spodním válci. Síla na páky, působící při vrácení částí pístu se stříhacími noži, je vyvozována prostřednictvím vrchní desky pružinami na vodících sloupcích a dále také beranem. V beranu je volně vložený stavitelný šroub, zašroubovaný do vrchní části desky, který zaručuje přesnou výchozí polohu tak, že válcová hlava šroubu zachytí v poslední fázi zdvihu beranu do HÚ o dělenou desku, přišroubovanou k beranu, takže vrchní desku zvedne do výchozí polohy o pracovní zdvih stříhacího zařízení (cca 5 mm). Výchozí polohu částí pístu s přidržovacími noži je vymezí destička k této části pístu přišroubovaná.

3.4 Činnost mechanismů

1. Upínání a uvolňování ústřížku (špalíku)
2. Upínání a uvolňování tyče
3. Stříh
4. Vyhození ústřížku (špalíku)
5. Automatické zavádění a podávání tyčí

3.5 Popis

Beran při pohybu z HÚ se nejprve pohybuje naprázdno a stříhaná tyč je podána zařízením přes zaváděcí kotouče mezi horní a spodní stříhací nůž a spodní nůž přidržovací. Po ukončeném podání a přesně nastavené délce budoucího ústřížku dosedne deska, upnutá na beranu, na horní desku stříhadla a posune ji směrem dolů. Tím se tyč i ústřížek sevře mezi stříhací a přidržovací nože. V horní polyenové desce se tak vyvodí tlak p , který na plochách děleného pístu vyvodí síly F a F' . Ze zákona akce a reakce stejný tlak stejné síly budou zrcadlově působit opačným směrem. Tím se tyč i ústřížek pevně sevře a vzrůstající tlak p vyvodí na větší ploše ($\frac{2}{3}$ z celkové plochy pístu) se stříhacím nožem sílu $F_{stř}$, která je dvojnásobná síle F_p , vzniklé na zbylé menší ploše děleného pístu s přidržovacím nožem. Proti $F_{stř}$ působí reakční síla F_p a proti F_p síle působí reakční síla $F_{stř}$, tudíž dojde k posunu částí pístu se stříhacími noži oproti částem pístu s noži přidržovacími. Je tedy zajištěno dostatečné přidržení tyče i ústřížku a docílí

se tak uzavřeného stříhu. Při stříhu však dochází ke zvedání tyče, ale toto je eliminováno možností posunu horního zaváděcího kotouče směrem nahoru.

Schéma a popis postupu automatického zavádění tyčí, podávání tyčí a zajištění přesné délky ústřížku je podrobněji popsáno v odstavci 4.8.

3.6 Vyhození ústřížku

Ustřížený špalík bude vytlačen ze stříhacího a přidržovacího nože dalším podáním tyče do stříhu. Toto umožní pístnice hydraulického válce, která svým pohybem do dorazové polohy vymezí délku ústřížku a vrátí se zpět do výchozí polohy. Špalík bude skluzem padat do připravené palety, eventuelně na dopravník, kterým budou špalíky dopravovány na další tvářecí operaci.

3.7 Zajištění bezpečnosti obsluhy

Nástroj bude označen jako nebezpečný, tj. velkým písmenem “N“ a pruhem oranžové barvy podle ČSN 01 2720. Nebezpečná tlačná místa na nástroji budou zakrytována.

3.8 Mazání nástroje

Mazání bude zajištěno pomocí Staufferovy maznice ČSN 02 7410 a rozváděcích kanálků na kluzných plochách válce. Toto mazání je dostačující vzhledem k tomu, že se jedná o velmi malý pracovní zdvih. Mazání zaváděcích kotoučů bude zajištěno pomocí mazací zátky ČSN 02 7463.

Mazání bude prováděno obsluhou před započítáním každé směny, o čemž bude poučena.

4 Výpočtová část

4.1 Výpočet celkové stížné síly ustížení špalíku

Tyč: $\varnothing 20$

Materiál 14 209 = $628 \div 765$ MPa

441 MPa

4.1.1 Síla nutná k přestřížení špalíku

Stříhový odpor podle tab.1

$$\tau_{ps} = 110 + 0,56 * \sigma_{pt} = 110 + 0,56 * 765 = 538,4 \text{ [Mpa]}$$

Střížná síla

$$F_s = S * \tau_{ps} * k = (\pi * 20)^2 / 4 * 538,4 * 1,2 = 202972 \text{ [N]}$$

4.1.2 Výpočet střížné práce

Hloubka ε , do níž musí nůž vniknout, aby došlo k úplnému oddělení materiálu, závisí na kvalitě materiálu a stříhané tloušťce.

$$\varepsilon = \alpha * d$$

kde $\alpha = 0,3$ voleno podle 1

$$\varepsilon = 0,3 * 20 = 6 \text{ [mm]} = 0,006 \text{ [m]}$$

Střížná práce

$$A = \frac{\pi}{4} * F_s * \varepsilon = \frac{\pi}{4} * 202972 * 0,006 = 956,48 \text{ [J]}$$

4.1.3 Síla potřebná k překonání odporu vratných pružin

a) síla pružiny $\varnothing 11,2$ v HÚ pracovního zdvihu

$$F_h = g * m * 1,5 = 1500 * 1,5 = 2250 \text{ [N]}$$

Kde $m = C/g = 150 \text{ kg}$

Sílu zvětšujeme pro přesné ustavení čelistí.

b) síla pružiny v DÚ pracovního zdvihu

$$F_d = \frac{Fh(y_1+z)}{y_1} = \frac{2250(10+5)}{10} = 3375 \text{ [N]}$$

kde y_1 – počáteční stlačení pružiny = 10 mm

z – pracovní zdvih = 5 mm

4.1.4 Celková síla

Celkovou sílu zvětšíme o 15% k překonání odporů suvných částí přípravku.

$$F_c = 1,15 (F_s + F_d) = 1,15 (202972 + 3375) = 237299,05 \text{ [N]}$$

4.1.5 Síla přidržovací

Dle dohody s vedoucím práce ing. J. Svobodou volím $F_p = 50\% F_s$

$$F_p = 0,5 * F_s = 0,5 * 202972 = 101944 \text{ [N]}$$

4.2 Kontrola střížné čelisti na měrný tlak

$$p = \frac{F}{d \cdot l} = \frac{202972}{20 \cdot 30} = 338,29 \text{ [Mpa]}$$

p_{Dmax} pro materiál 19 733.9 je 1200 MPa

$p < p_D$

Střížná čelist na měrný tlak vyhovuje.

4.3 Volba lisu

Byl zvolen lis LU 250 /800/200/32. Jedná se o jednobodový klikový lis určený pro stříhání, ohýbání, protlačování za tepla a za studena, ražení, kování a ostříhování. Vzhledem k univerzálnosti použití je vhodný pro zařazení do tvářecích linek s pružnou i pevnou vazbou.

Volba lisu byla provedena:

- a) s ohledem na velikost střížné síly, jejíž průběh musí ležet pod křivkou pracovního diagramu lisu
- b) s ohledem na velikost stříhacího přípravku
- c) s ohledem na počet stříhaných špalíků.

Technické údaje:

Jmenovitá síla	F_j	kN	2500
Průchod	B	mm	800
Zdvih	z	mm	200
Počet zdvihů	n	1/min	32
Pracovní dráha	h	mm	6,5
Sevření	H	mm	587,5mm
Přestavitelnost beranu	E	mm	130
Upínací plocha beranu		mm	720x790
Rozměry s tl. upínací desky		mm	800x950x130
Výkon hlavního el.motoru		kW	40
Pro přestavení beranu		kW	2,2
Rozměry lisu:s x L		mm	2405/350
V nad/pod podlahou		mm	4820/350
Hmotnost lisu		kg	16650

4.4 Výpočet střížné mezery

Střížná mezera podle tab. 2 je pro pevnost $\sigma_{pt} = 700 \div 800$ MPa je 3 až 2 % průměru d tyče.

$$\Delta = 2,5 * 0,2 = 0,5 \text{ [mm]}$$

Tato velikost střížné mezery není závazná. Mezera může být upravena tak, aby střížná plocha byla co nejkvalitnější.

4.5 Materiál nožů

Stříhací nože budou vyrobeny ze slitinové nástrojové oceli 60WCrV8 (ČSN 19 735). Tato ocel je vhodná pro značně namáhaná prostřihovadla, zejména tvrdou ocel, vysoce namáhané tlačné trny a na nože k nůžkám pro stříhání za studena.

Informativní chemické složení: 0,55% C, 1,0% Si, 1,1 % Cr, 1,9% W.

Kalící teplota: 870÷920 °C, kalící prostředí olej.

Popouštěcí teplota: 100÷400°C, ochlazení na vzduchu.

Přidržovací nože budou vyrobeny ze slitinové nástrojové oceli 90MnCrV8 (ČSN 19 312.3).

Informativní chemické složení: 0,8% C, 2,0% Mn, 0,15% W.

Kalení: 740÷780°C, kalící prostředí olej.

Popouštěcí teplota: 100÷300°C, chlazení na vzduchu.

Stříhací nože budou kaleny a popuštěny na 60 ± 2 HRC.

Přidržovací nože budou kaleny a popuštěny na 58 ± 2 HRC.

4.6 Kontrola válce

$$d = 82 \text{ mm}$$

$$S' = (\pi * d^2) / 4 = (\pi * 82^2) / 4 = 5281 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$p' = \frac{F}{S'} = \frac{F_s + F_p}{S'} = \frac{202972 + 101468}{5281} = 57,65 \text{ [MPa]}$$

Nebezpečným místem u jednoduché nádoby je vnitřní povrch. Podmínka bezpečnosti pro toto místo je:

$$\sigma_1 - \sigma_3 < [\sigma] \rightarrow \sigma_{t1} - \rightarrow \sigma_{p1} < [\sigma] - \rightarrow \sigma_{t1} + p < [\sigma]$$

$$\text{kde } [\sigma] = \frac{\sigma_k}{k'}$$

kde k' je požadovaná bezpečnost

$$k' = 1,2$$

$$\sigma_k = 290 \text{ [Mpa]}$$

$$[\sigma] = \frac{290}{1,2} = 241,7 \text{ [MPa]}$$

Obvodové napětí na vnitřním povrchu nádoby namáhané vnitřním tlakem p je:

$$\sigma_{t1} = p_1 * (r_3^2 + r_1^2) / (r_3^2 - r_1^2)$$

po dosazení do podmínky bezpečnosti obdržíme:

$$p_1 * (r_3^2 + r_1^2) / (r_3^2 - r_1^2) + p_1 \leq [\sigma]$$

-dle podmínky maximálních smykových napětí.

$$r_{3d} \geq r_1 \sqrt{[\sigma]/[\sigma]} - 2p_1 = 57,30 \text{ [mm]}$$

$$r_{3d} = 57,3 \text{ [mm]}$$

$$r_3 = 65 \text{ [mm]}$$

$$r_{3d} < r_3$$

Navržený poloměr vyhovuje.

4.7 Návrh linky na stříhání tyčí

Pro zavedení linky je třeba, aby požadovaný počet odstřížených polotovarů byl takový, aby stroje v lince pracovaly trvale a byly maximálně vytíženy. Lis musí být takové konstrukce, která umožňuje použít podávacího zařízení pro zavádění materiálu do nástroje.

Schéma uspořádání linky je v příloze.

Text k příloze:

1 – lis LU 250

2 – střížný nástroj pro stříhání tyčí

3 – zaváděcí skříň

4 – automatický podavač tyčí a trubek

5 – zařízení pro automatické nastavení délky dorazu

Linka může být umístěna:

1. V přípravě výroby
2. Může tvořit část linky na výrobu ložiskových kroužků

5 Ekonomické hodnocení

V rozboru se předpokládá, že nástroj bude součástí linky na výrobu ložiskových kroužků. Srovnání je pouze orientační.

Porovnané technologie:

1. Řezání na automatické pile
2. Upichování na soustruhu
3. Stříhání na nové lince

Ad1) Zařízení: precizní automatická pila

Detailní popis BOMAR- Pulldown 225.160 G

Cena 34 908 Kč

Náklad na jednu hodinu provozu při využití stroje 3000 ef. hod/rok = 200,- Kč

Výkon; 1ks = 30 sec při 70% využití 84 ks/hod

Průměrná životnost náradí je 1000 ks.

Cena jednoho kotouče = 500 Kč + 100 Kč obnova = 500Kč/10000 ks

Opotřebení nástrojů = 0,05 Kč/ks

Náklady na uřezání jednoho kusu

Materiál – prořez = 1,4 Kč

Provoz stroje = 2,74 Kč

Opotřebení nástroje = 0,05

Celkem = 4,19 Kč

Ad b) Zařízení: CNC soustruh – cena 2500000 Kč

Náklad na 1 hodinu provozu při využití zařízení 3000 ef. hodin/rok = 120 Kč

Výkon: 10 ks/min při využití 50 % = 300 ks/hod

Náklad na výrobu jednoho špalíku:

Provoz linky = 0,4 Kč

Opotřebení nástrojů = 0,05 Kč

Celkem = 0,45 Kč

Ad c) Zařízení: universální lis cena = 3200000 Kč

Mechanizační doplňky = 700000 Kč

Celkem = 3900000 Kč

Náklad na jednu hodinu provozu při využití zařízení 3000 ef. hod/rok = 380 Kč

Výkon: 32 ks/min při využití 60% = 1152 ks/hod

Opotřebení nástrojů = 0,04 Kč

Náklad na výrobu jednoho špalíku:

Provoz linky = 0,32 Kč

Opotřebení nástroje = 0,05 Kč

Celkem = 0,37 Kč

Porovnání nákladů na výrobu jednoho špalíku:

a) Řezání na automatické pile = 4,19 Kč

b) Upichování na soustruhu = 0,45 Kč

c) Stříhání na lince = 0,37 Kč

Porovnání výkonu za rok:

a) Řezání na automatické pile $84 * 3000 = 252\ 000$ ks

b) Upichování na soustruhu $300 * 3000 = 900\ 000$ ks

c) Stříhání na lince $1152 * 3000 = 3\ 456\ 000$ ks

Specifické faktory technické, technologické a výrobní u nově navrženého zařízení též výrazně zlepšily spolehlivost přípravku, technickou úroveň i bezpečnost práce.

6 Závěr

V této absolventské práci jsem měl za hlavní úkol navrhnout stříhací zařízení. Popsal jsem specifika stříhacího procesu. Déle byly rozebrány druhy stříhání. Dalším úkolem byl návrh linky na stříhání špalíků.

Pro velkou výrobní kapacitu tvářecích operací je nutno hledat produktivní a hospodárný způsob dělení výchozího materiálu na špalíky. V zájmu potřebného hospodárného přínosu je třeba věnovat značnou pozornost otázce energie a materiálu.

Příprava materiálu třískovým způsobem není k tomuto účelu vhodná, protože zde nelze dosáhnout jak plného využití materiálu, tak rychlosti přípravy polotovarů.

V absolventské práci je navrhován nástroj pro beztřískové dělení tyčí. Tento nástroj pro uzavřený stříh je poměrně jednoduché konstrukce a splňuje i požadavky na kvalitu stříhu.

Při práci na absolventském projektu jsem se naučil mnoho nových dovedností, které se mi jistě budou hodit i v budoucnosti. Získal jsem nové vědomosti, které přesahují běžný rámec výuky ve škole.

Seznam použité literatury:

[1] NOVOTNÝ, Josef. *Stříhání na nůžkách technická zpráva*. Brno, 1972. 80 s. Oborová práce. VUT.

[2] NOVOTNÝ, Josef. *Výzkumná zpráva VUT VL 70*. Brno, 1965. 75 s. Výzkumná zpráva. VUT.

[3] NOVOTNÝ, Josef. *Vybrané stati z tváření za studena*. Praha : SNTL, 1976. 67 s.

[4] PÁVEK, Václav, et al. *Pokrokové způsoby tváření*. Praha : SNTL, 1986. 71 s.

[5] STANĚK, J. *Základy stavby výrobních strojů – tvářecí stroje*. Plzeň: ZČU, 2004, ISBN 80-7082-738-6

[6] [Http://www.ksp.tul.cz/](http://www.ksp.tul.cz/) [online]. 2008 [cit. 2011-05-02]. [Http://www.ksp.tul.cz.](http://www.ksp.tul.cz/)
Dostupné z WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm6. >.

ŽENÍŠEK, J., JENKUT, M. *Výrobní stroje a zařízení*. Praha: SNTL, 1990, ISBN 80-03-00272-9

SVOBODA, Jaroslav. *Návrh zařízení pro stříhání špalíků*. Brno, 1980. 69 s. Diplomová práce. VUT.

DRASTÍK, František, et al. *Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu*. Praha : Montanex, 1999. 727 s.

Nakol [online]. 2010 [cit. 2011-05-02]. BOMAR- Pulldown 225.160 G. Dostupné z WWW: <<http://www.nakol.cz/obrabeci-stroje-na-kov/pasove-pily/bomar/pulldown-120160/bomar-pulldown-225160-g-00001102.html>>.

Příloha A

Použitý software

Solid Edge V20 www.solidedge.com

MS Office 2007 www.microsoft.com

Příloha B

Absolventská práce v PDF

Přílohy v PDF a Solid Edge dokumentech

K této práci je přiloženo DVD, na kterém jsou uloženy zdrojové kódy:

Adresář 1:Solid – 3D modely součástí a sestava

Adresář 2:Vykresy_Solid – výkresy součástí

Adresář 3:Linka_hotovo_ – návrh linky

Absolventská práce: Smitka_AP_2010_2011