

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA OCELOVÉ LAMELY SPOJKY

THE MANUFACTURE OF STEEL CLUTCH DISK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LADISLAV HALUŠKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. EVA ŠMEHLÍKOVÁ

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Haluška Ladislav

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba ocelové lamely spojky

v anglickém jazyce:

The manufacture of steel clutch disk

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh výroby ocelové lamely spojky motocyklu. Součást je jednoduchého kruhového tvaru s vnitřním otvorem. Zadaná součást bude vyráběna technologií přesného stříhání a na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie a potřebné výpočty.

Cíle bakalářské práce:

Provedení aktuální literární studie se zaměřením na technologii přesného stříhání. Zhodnocení současné technologie výroby. Návrh nové technologie výroby součásti a vypracování postupu výroby. Provedení technologických a kontrolních výpočtů, návrh a volba stroje. Návrh vhodného nástroje pro výrobu zadané součásti. Porovnání nově navržené technologie s technologií stávající, doplněné technicko-ekonomickým hodnocením. Závěr.

Seznam odborné literatury:

1. NOVOTNÝ, Josef. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13–B3-IV- 41/22674.
2. DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
3. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
4. VYSKOČIL, O., BARTOŠ, P. Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání. 1. vyd. Brno: Zbrojovka Brno, 1977. 88 s.

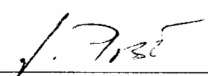
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Eva Šmehlíková

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

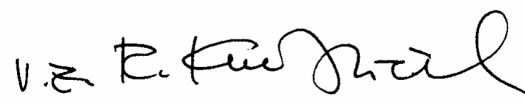
V Brně, dne 19.11.2007

L.S.





doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

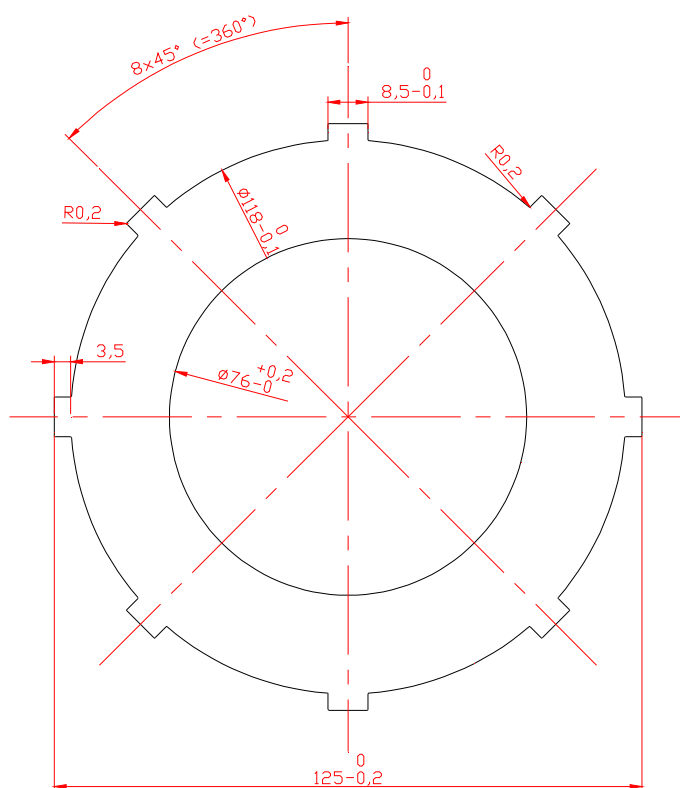


doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

VÝKRES ZADANÉ SOUČÁSTI

materiál: 14 260.3

tloušťka plechu: 1,8 mm



ANOTACE

Cílem této bakalářské práce je navržení nové technologie výroby ocelové lamely spojky z materiálu 14 260.3 do motocyklu metodou přesného stříhání s nátlacnou hranou. Součástí práce je také porovnání stávající a navržené technologie včetně ekonomického zhodnocení. Ve výkresové dokumentaci je nakreslen nástroj pro výrobu součásti.

Na závěr práce jsou uvedeny přílohy a všechny zdroje, ze kterých jsem čerpal.

Klíčová slova: Výroba ocelové lamely spojky, přesné stříhání, nátlacná hrana

ANNOTATION

The main aim of this thesis is proposing of new technology with manufacture of steel lamella clutch of material 14 260,3 to the motorcycle, with method perfect cutting with compressive edge. The component of this work is comparing current and designed technology, with economic evaluation. In my drawing documentation I draw an instrument for manufacture of component.

Et the end of this work, you can see all attachments and all sources, which I used for this work.

Keywords: The manufacture of steel lamella clutch, prfect cutting, compressive edge

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HALUŠKA Ladislav: *Výroba ocelové lamely spojky*. Brno, 2008. 37 s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing.Eva Šmehlíková.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu.

V Jihlavě dne 19.5.2008

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucí bakalářské práce, Ing. Evě Šmehlíkové, za cenné rady a připomínky, za ochotu při vypracování této bakalářské práce.

Zadání	
Výkres součásti	
Anotace	
Bibliografická citace	
Prohlášení	
Poděkování	
Obsah	
1. Úvod	11
2. Stávající technologie výroby	12
2.1 Současný technologický postup výroby	12
2.2 Zhodnocení stávající technologie výroby	12
3. Literární studie	13
3.1 Stříhání	13
3.1.1 Princip stříhání	13
3.1.2 Střížný proces	13
3.1.3 Vliv velikosti střížné vůle na kvalitu střížné plochy	14
3.2 Technologie přesného stříhání	15
3.2.1 Varianty technologie přesného stříhání	15
3.3 Technologie přesného stříhání s nátlacnou hranou	15
3.3.1 Princip přesného stříhání s tlačnou hranou	15
3.3.2 Napětí v místě stříhu	16
3.3.3 Síly působící na střížném nástroji	17
3.3.4 Práce při přesném stříhání	17
3.3.5 Materiály pro přesné stříhání	17
3.3.6 Výhody a nevýhody přesného stříhání	18
3.4 Technologické podmínky přesného stříhání	18
3.4.1 Střížná vůle	18
3.4.2 Velikost postranního odpadu a šířky můstku	19
3.4.3 Zaoblení hran při stříhání	19
3.4.4 Tlačná hrana	19
3.5 Nástroje pro přesné stříhání	20
3.5.1 Druhy nástrojů pro přesné stříhání	20
3.5.2 Hlavní funkční části střížného nástroje	20
3.6 Materiály pro střížné nástroje	21
3.7 Lisy k přesnému stříhání	21
3.7.1 Základní požadavky na lisy pro přesné stříhání	21
4. Návrh nové technologie	22
4.1 Konstrukční a technologické řešení nástroje	22
4.1.1 Nástřihový plán	22
4.1.2 Tlačná hrana	22
4.1.3 Střížná vůle	23
4.1.4 Plocha součásti, délka křivky stříhu a tlačné hrany	24
4.1.5 Výpočet sil působících při přesném stříhání	24
4.1.6 Výpočet střížné práce při přesném stříhání	24
4.1.7 Rozměry funkčních částí střížnice a střížníku	25
4.1.8 Kontrola střížníku na vzpěr	26
4.1.9 Kontrola pevnosti střížníku	27
4.1.10 Kontrola upínací desky na otlacení	28
4.1.11 Návrh lisu	29

5. Technicko ekonomické zhodnocení	30
5.1 Vstupní hodnoty a výpočet zpracovatelské režie	30
5.1.1 Náklady na materiál	30
5.1.2 Náklady na nástroje	35
5.1.3 Náklady na přímé mzdy a kritické množství kusů	36
5.1.4 Celkové roční náklady na mzdy a režii, roční úspory	37
5.1.5 Ukazatele ekonomické efektivnosti	37
6. Závěr	38

Seznam použitých označení – symbolů

Seznam použité literatury

Seznam příloh

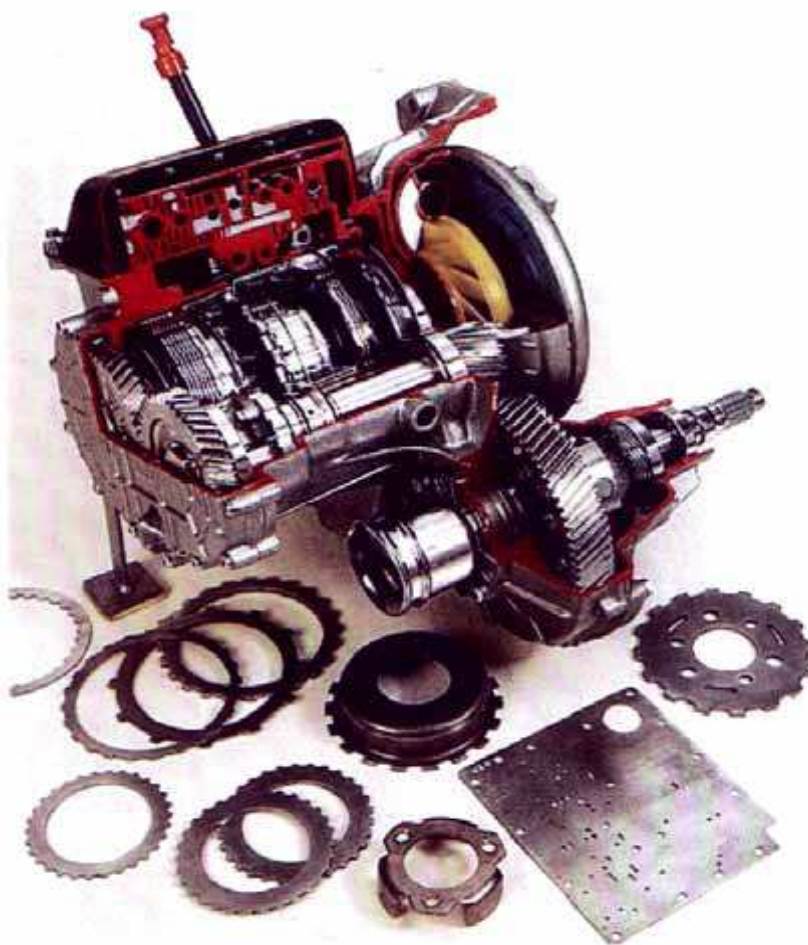
Přílohy

1. ÚVOD

Stříhání obecně je ve strojírenství velmi rozmanitá metoda jak upravit materiál k výrobě polotovarů nebo hotových výrobků. S metodou stříhání se setkáváme v praxi prakticky denně ať už je to v domácnosti, v práci či ve škole. Mezi nejrozšířenější metody stříhání patří klasické postupové stříhání, ale ne vždy se dosahuje potřebných kvalitních výsledků. Proto postupem času, jak rostly nároky na kvalitu, se samozřejmě i metoda klasického (konvenčního) stříhání začala modernizovat a hledalo se, jak zvýšit produktivitu a kvalitu daných výrobků.

Tyto parametry splňuje přesné stříhání které má řadu metod. Tyto metody budou uvedeny dále v mé práci, která bude mít za úkol zpracovat literární studii na téma stříhání. Zhodnotit stávající stav řešení a zvolit novou technologii, která bude produktivnější, přesnější a splní požadavky na zvýšení výrobní série. V závěru této práce bude i ekonomické zhodnocení, které tyto dvě technologie porovná. Příklad výrobků je na obr.1.

Díly vyráběné přesným stříháním v automatické převodovce osobního automobilu



Obr.1 Příklad výrobků přesným stříháním [8]

2. STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY

Daná součást je vyráběna technologií postupového stříhání. Vyráběná lamela se používala a používá u spojky motocyklu Jawa 250 ccm a Jawa 350 ccm . Bude se vyrábět pro montáž do motocyklu ale i jako náhradní díl. Každá smontovaná spojka na motocyklu obsahuje tyto čtyři lamely. U této součásti je volena varianta přesného stříhání s nátlacnou hranou z důvodu zrychlení, zpřesnění a zvýšení výroby dané součásti.

2.1 Současný technologický postup výroby

č. operace	operace
1.	- stříhat, děrovat
2.	– odstranit ostříny
3.	– kontrola
4.	– brousit zuby
5.	– kontrola
6.	– konzervovat

2.2 Zhodnocení stávající technologie výroby

Metoda postupového stříhání patří mezi klasické metody stříhání. Je svým způsobem jednoduchá, funkční a levnější. Avšak se nedosahuje vysoké kvality a produktivity. Při určitém množství vyráběných kusů se i metoda přesného stříhání může stát levnější a i toto je řešeno v této práci.

3. LITERÁRNÍ STUDIE

3.1 Stříhání [1] [4]

Stříháním rozumíme postupné nebo současné oddělování částic materiálu.

3.1.1 Princip stříhání

Podstata stříhání spočívá v oddělování materiálu protilehlými břity nožů. Přesnost a kvalita střížné plochy je ovlivněna mnoha faktory, z nichž k nejdůležitějším patří velikost střížné mezery, vlastnosti stříhaného materiálu, způsob stříhání, kvalita střížného nástroje resp. lisu apod. Různými konstrukčními úpravami střížného nástroje a zvláště volby způsobu stříhání je možné ovlivnit průběh operace stříhání tak, aby se zabránilo nekvalitní střížné ploše se širokým pásmem utržení a deformace výstřižku. Uvedené nedostatky v kvalitě střížné plochy získané klasickým stříháním odstraňuje technologie “ přesného stříhání ”.

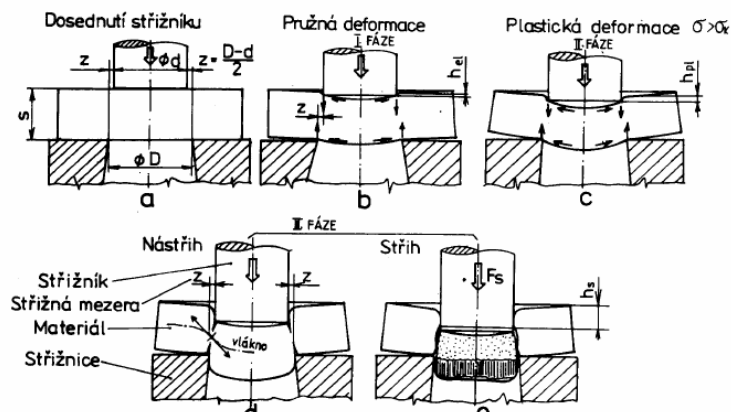
3.1.2 Střížný proces

Proces stříhání má tři základní fáze.

1 fáze: V první fázi po dosednutí střížníku dochází k pružnému vnikání do povrchu stříhaného materiálu. Hloubka vniku závisí na mechanických vlastnostech materiálu a bývá h_{e1} ($5 \div 8$ %) tloušťky materiálu. Dvojice sil mezi hranami střížníku a střížnice, obr.1, způsobuje ohyb.

2 fáze: Ve druhé fázi je napětí ve směru vnikání větší než je mez kluzu kovu a dochází k trvalému plastickému přetvoření. Podle druhu kovu a jeho mechanických vlastností je hloubka plastického vniknutí h_{p1} ($10 \div 25$ %) tloušťky materiálu.

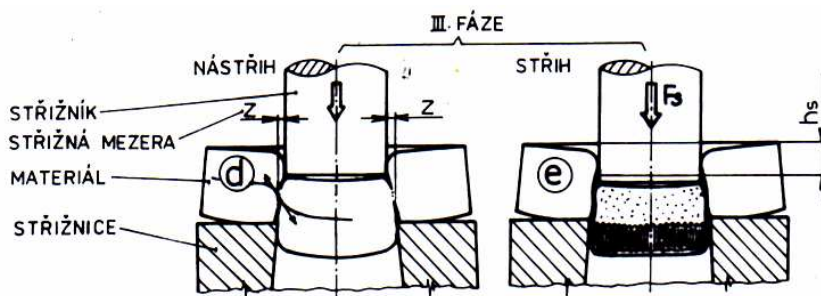
3 fáze: Ve třetí fázi dosáhne napětí meze pevnosti ve stříhu τ_s . Nejdříve vznikne tzv. nástřih, tj. tvoření trhlinek, které je podporováno tahovým normálním napětím ve směru vláken. Trhliny se rychle šíří až dojde k oddělení výstřižku. Rychlost vzniku a postupu trhlin je závislá na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a na velikosti střížné vůle $v = 2z$. Tvrdý a křehký materiál se oddělí rychle při malém vniknutí střížných hran $h_s = 10$ % s. U měkkých a houževnatých materiálu dochází ke vzniku trhlin – nástřihu a jejich šíření pomalu a hloubka vniknutí střížných hran v okamžiku oddělení bývá až $h_s = 60$ % t.



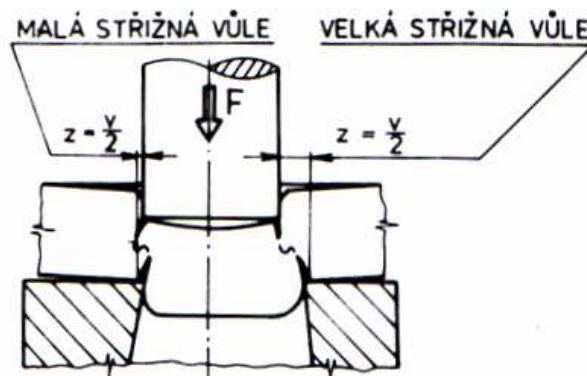
Obr.2 Střížný proces [4]

3.1.3 Vliv velikosti střížné vůle na kvalitu střížné plochy

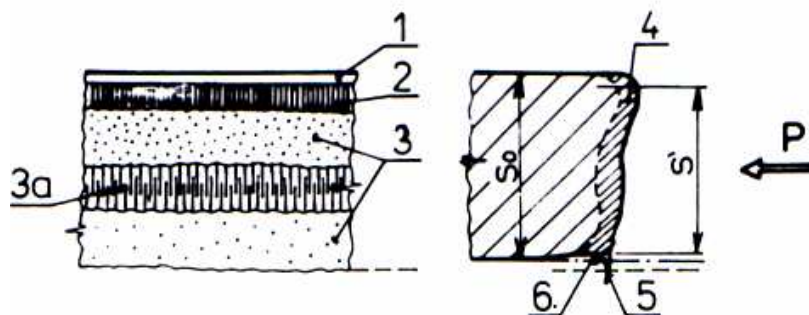
Při stříhání s normální vůlí, která se vypočte jako $v = 2z$ se z volí 2 až 10% tloušťky stříhaného materiálu, se trhliny v okamžiku stříhu setkají obr.3. Nástřih při malé i velké střížné vůli, obr.4 má za následek rozšíření pásma otěru na větší část střížné plochy. Vzhled střížné plochy při normální střížné vůli schématicky znázorňuje obr.5.



obr.3 Průběh stříhání s normální střížnou vůlí [4]



obr.4 Schéma stříhání při malé a velké střížné vůli [4]



obr.5 Vzhled střižné plochy při normální střižné vůli [4]

- | | | |
|--------------------------|---------------------|-------------------------|
| 1 – zeslabení | 3a – pásmo | 6 – vtisk dolního bříty |
| 2 – plastické přetvoření | 4 – oblast zpevnění | |
| 3 – pásmo lomu | 5 – otřep | |

3.2 Technologie přesného stříhání [2]

Pod pojmem technologie přesného stříhání se rozumí souhrn metod (variant) stříhání plechů a pásů ve stříhadlech, jimiž lze dosáhnout kvalitní, hladké střižné plochy kolmé k rovině plechu a rozměrné přesnosti vyrobených součástí v rozmezí IT6 až IT9. Tolerance ve stupni přesnosti IT6 je pro tloušťku plechu 0,5 až 1 mm a IT9 pro tloušťku nad 6 mm. Technologie přesného stříhání je obecně ekonomicky výhodná při minimální výrobní sérii 40 000 kusů součástí.

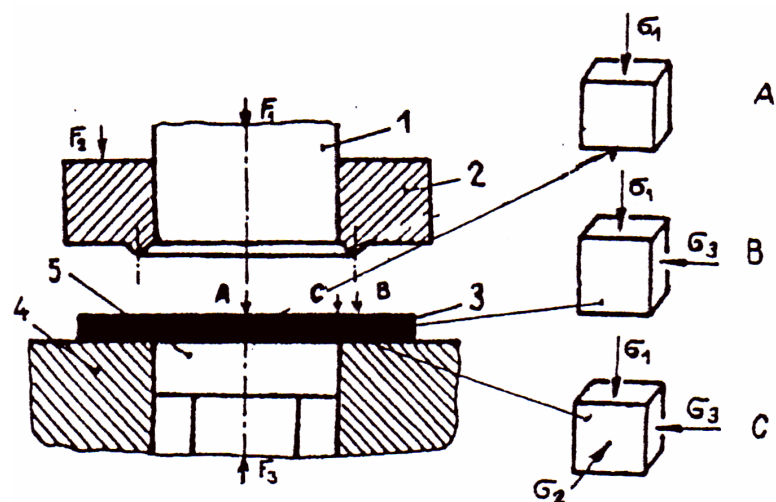
3.2.1 Varianty technologie přesného stříhání

- přesné stříhání s tlačnou (nátlačnou) hranou
- stříhání se zaoblenou střižnou hranou
- přistřihování
- stříhání se zkoseným přidržovačem
- reversní stříhání
- kalibrování

3.3 Technologie přesného stříhání s nátlačnou hranou [2] [4]

3.3.1 Princip přesného stříhání s tlačnou hranou

Uspořádání funkčních částí nástroje je zřejmé z obr. 6. Stříhaný materiál je v počáteční fázi stříhání sevřen mezi přidržovač a střižnici. Tím tlačná hrana je vtlačena do plechu ještě před vlastním stříhem. Umístění tlačné hrany na přidržovači je voleno mimo křivku stříhu. Nejvýhodnější rozložení hlavních napětí je právě v oblasti stříhu, kde vzniká trojosá napjatost. Všestranný tlak podporuje průběh čistě plastického stříhu.

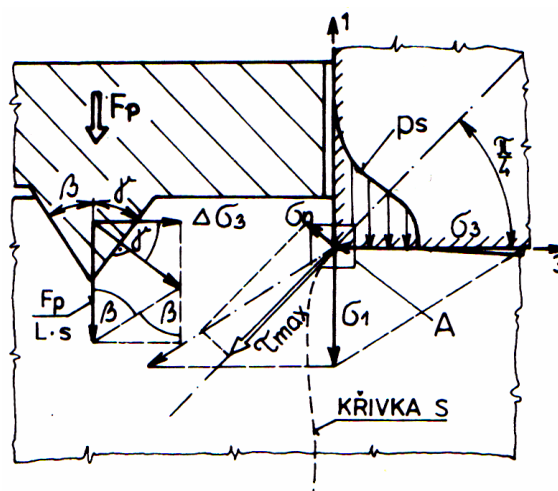


Obr. 6 Schema přesného stříhání [2]

- 1 – střížník
- 2 – přidržovač s tlačnou hranou
- 3 – plech
- 4 – střížnice
- 5 - vyhazovač

3.3.2 Napětí v místě stříhu

Použitím přidržovače s nátlakovou hranou se vytvoří přídavné tlakové napětí $\Delta\sigma_3$, které výrazně změní poměry v rovinné napjatosti uzavřeného stříhu. Důsledkem je dosažení záporné hodnoty složky normálního napětí $-\sigma_n$, která se snaží vznikající trhliny i při jejich šíření ve směru $\tau_{\max}$ uzavírat. Grafické zobrazení takové napjatosti v bodě A pod střížnou hranou je znázorněn na obr.7.



Obr. 7 Schema napjatosti [4]

3.3.3 Síly působící na střížném nástroji

Celková síla F_c se skládá ze tří složek sil F_1 , F_2 , F_3 , kde F_1 je střížná síla, F_2 je síla přidržovače a F_3 je síla vyhazovače. Tyto síly se určí dle následujících vztahů:

Střížná síla F_1 :

$$F_1 = S \cdot \tau_{ps} \cdot n \quad [N] \quad (5.1)$$

kde: S – střížná plocha $[mm^2]$
 τ_{ps} – pevnost ve stříhu $[Mpa]$
 n – součinitel otupení $(n = 1,2)$

Síla přidržovače F_2 :

$$F_2 = 4 \cdot R_m \cdot L_h \cdot h \quad [N] \quad (5.2)$$

kde: L_h – délka tlačné hrany $[mm]$
 h – výška tlačné hrany $[mm]$
 R_m – mez pevnosti $[Mpa]$

Síla vyhazovače F_3 :

$$F_3 = S' \cdot p \quad (0,2 \cdot F_1) \quad [N] \quad (5.3)$$

kde: S' – plocha stříhané součásti $[mm^2]$
 p – měrný tlak $(30 - 70) \quad [Mpa]$

Celková síla F_c :

$$F_c = F_1 + F_2 + F_3 \quad [N] \quad (5.4)$$

3.3.4 Práce při přesném stříhání

Je střížná práce, která se vypočítá dle vzorce:

$$A_s = (\psi \cdot F_1 \cdot s) / 1000 \quad [J] \quad (5.5)$$

kde: ψ – součinitel zaplnění grafu $[-]$
 F_1 – střížná síla $[N]$
 t – tloušťka materiálu $[mm]$

3.3.5 Materiály pro přesné stříhání

Technologií přesného stříhání s nátláčnou hranou lze stříhat hliník a jeho slitiny do $R_m = 300 \text{ Mpa}$, měď, některé druhy mosazi, berylium a jeho slitiny, cementační oceli, feritické oceli, nelegované oceli, nízkolegované oceli, austenitické nerezavějící oceli. Přehled vybraných materiálů a vhodnost pro přesné stříhání je na obr.8.

Označení materiálu	vhodnost pro přesné stříhání
ČSN 11 300, 11 320, 11 330, 11 343, 11 373, 11 423, 11 425; 12 010, 12 014, 12 020, 12 023, 12 024 ČSN 42 4214 (mosaz)	velmi dobrá
ČSN 11 500, 11 600, 11 700 16 720	dobrá
Ms 63; Ms 60	špatná
Ms 58 (ČSN 42 3223)	nevhodná
Ms 63Pb (ČSN 42 3214)	nehodí se
ČSN 12 040, 12 041, 12 050, 12 060, 12 061, 12 073, 12 081, 12 088; 13 180; 14 109, 14 120, 14 180, 14 220, 14 221, 14 260; 15 124, 15 130; 16 220, 16 221, 16 231, 16 420; 17 041, 17 240, 17 241, 17 246, 17 253; 19 103, 19 132, 19 140, 19 152, 19 191, 19 192, 19 221, 19 222, 19 252, 19 255, 19 312, 19 419, 19 452.	opotřebení nástroje

Obr.8 Přehled vybraných materiálů pro přesné stříhání [2]

3.3.6 Výhody a nevýhody přesného stříhání

Mezi výhody se řadí lepší kvalita střížné plochy a zvýšená produktivita. Jako nevýhody se dá považovat zpravidla větší spotřeba materiálu zdůvodu větších přídavek a fakt, že tato technologie výroby je dražší a vyplácí se zpravidla až od větších sérií. Při navrhování technologie stříhání je potřeba dbát na to, aby jsme zvolili správnou a ekonomicky výhodnou technologii.

3.4 Technologické podmínky přesného stříhání [2] [6]

3.4.1 Střížná vůle

Střížnou vůli stanovíme buď výpočtem nebo pomocí diagramu.

a) Výpočtem

- Pro plechy s menší tloušťkou než 3 mm platí vztah:

$$v = c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \quad [\text{mm}] \quad (6.1)$$

kde: c – součinitel závislý na druhu stříhání,
pro přesné stříhání se volí $c = 7 \cdot 10^{-4}$

τ_{ps} – pevnost materiálu ve stříhu [MPa]

- Pro plechy s větší tloušťkou než 3 mm platí vztah:

$$v = (1,5 \cdot c \cdot t - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \quad [\text{mm}] \quad (6.2)$$

b) pomocí diagramu

viz příloha č.1

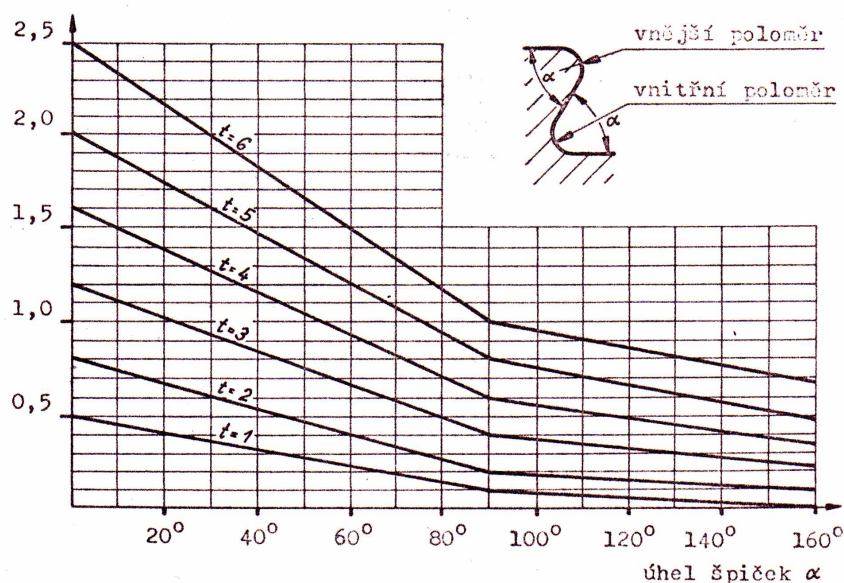
3.4.2 Velikost postranního odpadu a šířky můstku

Tuto velikost určíme z tabulky nebo odečteme z diagramu.

- a) tabulka – viz příloha č.2
- b) diagram – viz příloha č.3

3.4.3 Zaoblení hran při stříhání

Technologií přesného stříhání nelze stříhat absolutně ostré rohy. Obecně lze říci, že čím větší zvolíme poloměr, tím jakostnější bude výsledek. Minimální poloměr vnějších poloměrů zjistíme z grafu (obr.9). Pro vnitřní poloměry odpovídá 0,7 hodnoty z grafu.

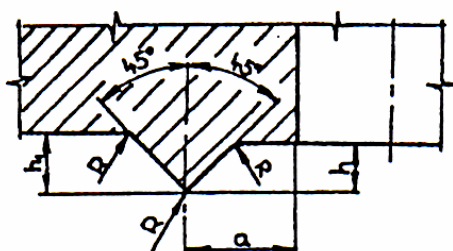


Obr.9 Hodnoty pro vnější poloměry [7]

3.4.4 Tlačná hrana

Tlačnou hranu rozeznáváme pro dva typy materiálu. Pro málo tvárné materiály a pro tvárné materiály. Tyto hrany se liší svým tvarem. Jedntlivé hrany jsou znázorněny na obr.10 a 11.

- a) pro málo tvárné materiály



Obr.10 Tlačná hrana [2]

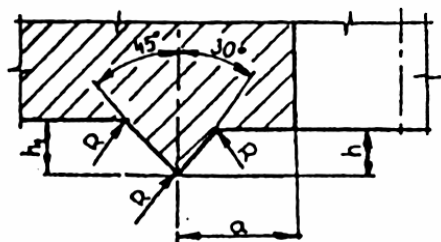
$$h = 1/6 \cdot s_0$$

$$a = (0,6 \text{ až } 1,2) \cdot h$$

$$h_1 = h + 0,05$$

b) pro tvárné materiály

$$h = 1/3 \cdot s_o$$
$$a = (0,6 \text{ až } 1,2) \cdot h$$
$$h_1 = h + 0,05$$



Obr.11 Tlačná hrana [2]

3.5 Nástroje pro přesné stříhání [6]

3.5.1 Druhy nástrojů pro přesné stříhání

Podle konstrukce rozlišujeme dva základní typy nástrojů pro přesné stříhání.

- a) nástroj s pohyblivým střížníkem a pevnou přitlačnou deskou
- b) nástroj s pevným střížníkem a pohyblivou přitlačnou deskou

Obecně lze říci, že nástroj s pohyblivým střížníkem a pevnou přitlačnou deskou je používanější než nástroj s pevným střížníkem a pohyblivou přitlačnou deskou a to z důvodu příznivějšího rozložení sil působících při stříhání a to má za následek lepší stabilitu nástroje.

3.5.2 Hlavní funkční části střížného nástroje

Mezi nejdůležitější hlavní funkční části nástroje se řadí:

1. střížník
2. střížnice
3. přitlačná deska
4. vyhazovač

Popis a charakteristika jednotlivých součástí:

Střížník

střížník slouží k vystřížení součásti. Nejvýhodnější je, aby střížník byl z jednoho kusu a aby opěrná část s ohledem na tuhost a stabilitu byla co největší. Střížník musí být pojištěn proti působení stírací síly. Střížník je nutno kontrolovat výpočtem na vzpěr a pevnost střížníku.

Střížnice

má rozhodující vliv na přesnost tvaru a jakost povrchu výstřížku. Podle složitosti stříhané součásti jsou střížnice dělené nebo nedělené. Místa na střížnici kde mi mohlo docházet k rychlému opotřebení se mohou vložkovat jakostnějším materiálem. Toto se používá hlavně ve velkosériové a hromadné výrobě.

Přítlačná deska

Je určena k tomu, aby vedla střížník a spolu se střížnicí svírala stříhaný materiál. K docílení vhodného stavu napjatosti se zhotovuje na přítlačné desce tlačná hrana. Stejně jako střížnice může být přítlačná deska obdélníková nebo kruhová, dělená nebo nedělená. Na vnějším obvodu má úkos.

Vyhazovač

Funkce vyhazovače je, aby daný výstřížek vyhodil ze střížnice. Další funkcí je také částečné srovnání výstřížku. Vyhazovač musí vyčínat 0,1 až 0,2 mm ze střížnice.

3.6 Materiály pro střížné nástroje [6]

Materiály pro střížné nástroje je potřeba volit velmi pečlivě a brát v úvahu fakt, že zde působí větší síly jak u konvenčního stříhání a z pravidla se nástroje používají na větší série než u klasického stříhání a proto jsou na ně kladeny větší nároky. Příkladem lze uvést materiály například 19 824.3 pro střížníky. Tento materiál je kalen, 3x popuštěn na 61 HRc. Dalším možné materiály jsou například 19 830-Mo5 jak pro střížníky tak i pro střížnice, 19 437.3 pro střížníky, 19 421.3 pro vyhazovač atd.

3.7 Lisy k přesnému stříhání [6]

Technologie přesného stříhání vyžaduje speciální trojčinné lisy, které musí kromě běžných požadavků kladených na tvářecí stroje vyhovovat ještě speciálním požadavkům, které jsou nezbytné vzhledem k odlišnému charakteru stříhání. Některé typy lisů jsou uvedeny v příloze č.4.

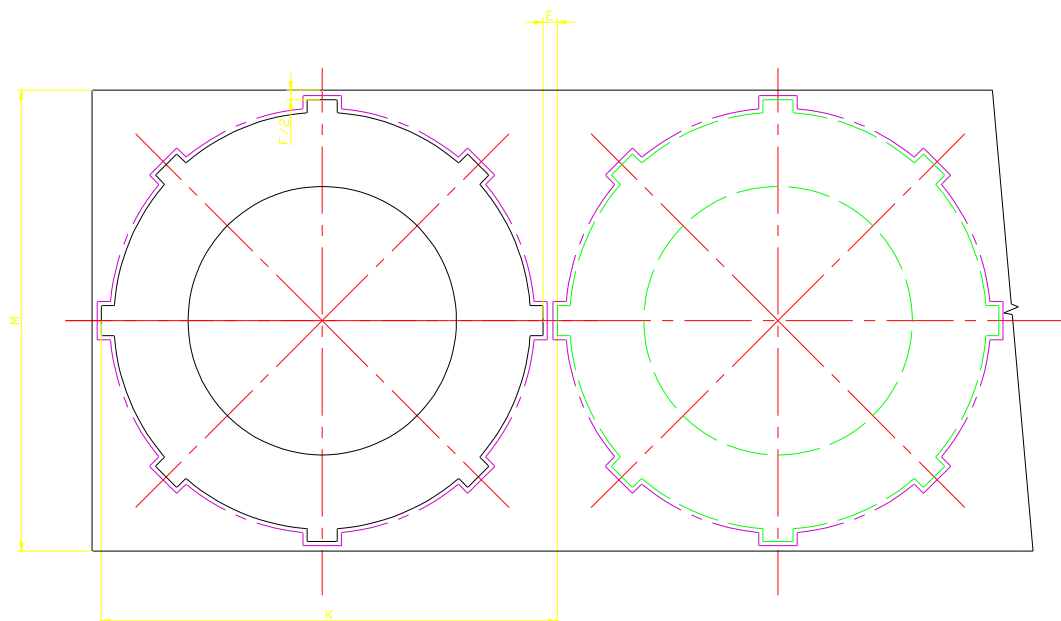
3.7.1 Základní požadavky na lisy pro přesné stříhání

- 1) Potřebná práce pro tuto technologii je 2x až 3x větší než u klasického stříhání.
- 2) Je nezbytné naprosto přesné vedení beranu lisu a to bez vůle.
- 3) Měl by být vybaven automatickým podáváním a mazáním pásu, stříháním odpadu a odfukováním nebo vyjímáním výstřížků.
- 4) Pokud možno aby měl jednoduché ovládání a jednoduchou údržbu.
- 5) Lis musí být opatřen bezpečnostní pojistkou proti přetížení a jinými ochrannými zařízeními, které spolehlivě zajistí zejména kontrolu vyhození výstřížku a odpadu a ochranu obsluhujícího pracovníka.
- 6) Rychlost stříhání by neměla překročit 15 mm/s.

4. NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE

4.1 Konstrukční a technologické řešení nástroje [4] [6]

4.1.1 Nástřihový plán



Obr.12 Nástřihový plán

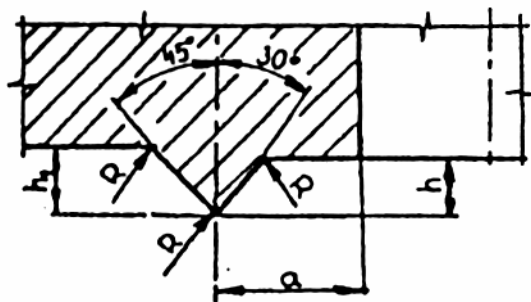
Dle tab.(příloha č.2) je pro tloušťku materiálu 1,8 mm $E_1 = 4,05$ a $F = 5,4$. Z toho plyne šířka pásu a délka kroku.

Šířka pásu: $M = F + D$
 $M = 5,4 + 125$
 $M = 130,4 \text{ mm}$

Délka kroku: $K = E_1 + d$
 $K = 4,05 + 125$
 $K = 129,05 \text{ mm}$

4.1.2 Tlačná hrana

Umístění a rozměry tlačné hrany určíme z tabulky která je obsažena v příloze č.5. Tlačná hrana je umístěna na přítlačné desce.

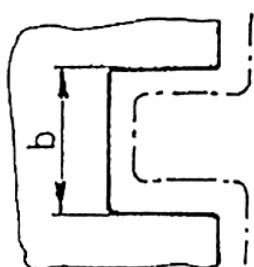


Obr.13 Tlačná hrana [4]

$s = 1,8 \text{ mm}$
 $a = 1,2 \text{ mm}$
 $h = 0,4 \text{ mm}$
 $h_1 = 0,45 \text{ mm}$
 $R = 0,08 \text{ mm}$

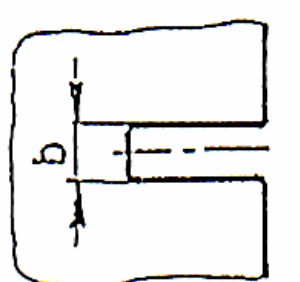
Pro složité tvary součásti platí pro tlačnou hranu následující podmínky:

- Pro zářezy o šířce $b \geq 15 \cdot h$ je tlačná hrana vedena podél stříhaného obrysu.(Obr.14a)
- Pro zářezy o šířce $b \leq 15 \cdot h$ není tlačná hrana vedena podél obrysu součásti.(Obr.14b)



Obr.14a

— tvar součásti
 - - - tlačná hrana



Obr. 14b

4.1.3 Střížná vůle

Střížná vůle se vypočítá dle vztahu (6.1):

$$\begin{aligned}
 v &= c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \\
 v &= 7 \cdot 10^{-4} \cdot 1,8 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{640} \\
 v &= 0,0102 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{kde: } \tau_{ps} = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 800 = 640 \quad [\text{Mpa}]$$

Střížná vůle je $v = 0,01 \text{ mm}$

4.1.4 Plocha součásti, délka křivky stříhu a tlačné hrany

Hodnoty potřebné pro následující výpočty byly určeny v programu Autocad.

$$\text{Plocha součásti} \quad S' = 6640,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Obvod součásti} \quad O = 665,4 \text{ mm}$$

$$\text{Délka nátláčné hrany} \quad L_h = 435,6 \text{ mm}$$

4.1.5 Výpočet sil působících při přesném stříhání

Pro výpočet střížné síly použijeme vzorec (5.1):

$$\begin{aligned} F_1 &= O \cdot t \cdot \tau_{ps} \cdot n \\ F_1 &= 665,4 \cdot 1,8 \cdot 640 \cdot 1,5 \\ F_1 &= 1\,149\,811 \text{ N} \end{aligned}$$

Pro výpočet síly přidržovače použijeme vzorec (5.2):

$$\begin{aligned} F_2 &= 4 \cdot R_m \cdot L_h \cdot h \\ F_2 &= 4 \cdot 800 \cdot 435,6 \cdot 0,4 \\ F_2 &= 557\,568 \text{ N} \end{aligned}$$

Pro výpočet síly vahazovače použijeme vzorec (5.3):

$$\begin{aligned} F_3 &= S' \cdot p \quad (0,2 \cdot F_1) \\ F_3 &= O \cdot t \cdot p \\ F_3 &= 665,4 \cdot 1,8 \cdot 70 \\ F_3 &= 83\,840,4 \text{ N} \end{aligned}$$

Pro výpočet celkové střížné síly použijeme vzorec (5.4):

$$\begin{aligned} F_c &= F_1 + F_2 + F_3 \\ F_c &= 1\,149\,811 + 557\,568 + 83\,840,4 \\ F_c &= 1\,791\,219,4 \text{ N} \end{aligned}$$

4.1.6 Výpočet střížné práce při přesném stříhání

Pro výpočet střížné práce použijeme vzorec (5.5):

$$\begin{aligned} A_s &= (\psi \cdot F_1 \cdot t) / 1000 \\ A_s &= (0,48 \cdot 1\,149\,811 \cdot 1,8) / 1000 \\ A_s &= 993,5 \text{ J} \end{aligned}$$

4.1.7 Rozměry funkčních částí střížnice a střížníku

Děrovat otvor 76 mm

$$\begin{aligned}JR &= 76 \text{ mm} \\TS &= +0,2 \text{ mm} \\TA &= 0,035 \text{ mm} \\TE &= 0,054 \text{ mm}\end{aligned}$$

Rozměr střížnice:

$$RED = (JR + TS + v) + TE = (76 + 0,2 + 0,01) + 0,054 = 76,21_0^{+0,054} \quad (10.1)$$

Rozměr střížníku:

$$RAD = (JR + TS) - TA = (76 + 0,2) - 0,035 = 76,2_{-0,035}^0 \quad (10.2)$$

Vystřihovat průměr 118 mm

$$\begin{aligned}JR &= 118 \text{ mm} \\TS &= -0,1 \text{ mm} \\TA &= 0,023 \text{ mm} \\TE &= 0,032 \text{ mm}\end{aligned}$$

Rozměr střížnice:

$$RED = (JR + TS + v) + TE = (118 - 0,1 + 0,01) + 0,032 = 117,91_0^{+0,032} \quad (10.3)$$

Rozměr střížníku:

$$RAD = (JR + TS) - TA = (118 - 0,1) - 0,023 = 117,9_{-0,023}^0 \quad (10.4)$$

Vystřihovat rozměr 8,5 mm

$$\begin{aligned}JR &= 8,5 \text{ mm} \\TS &= -0,1 \text{ mm} \\TA &= 0,023 \text{ mm} \\TE &= 0,032 \text{ mm}\end{aligned}$$

Rozměr střížnice:

$$REV = (JR + TS + v) + TE = (8,5 - 0,1 + 0,01) + 0,032 = 8,41_0^{+0,032} \quad (10.5)$$

Rozměr střížníku:

$$RAV = (JR + TS) - TA = (8,5 - 0,1) - 0,023 = 8,4_{-0,023}^0 \quad (10.6)$$

Vystřihovat rozměr 125 mm

JR = 125 mm
TS = -0,2 mm
TA = 0,035 mm
TE = 0,054 mm

Rozměr střížnice:

$$REV = (JR + TS + v) + TE = (125 - 0,2 + 0,01) + 0,054 = 124,81_0^{+0,054} \quad (10.7)$$

Rozměr střížníku:

$$RAV = (JR + TS) - TA = (125 - 0,2) - 0,035 = 124,8_{-0,035}^0 \quad (10.8)$$

Kde:	REV - rozměr střížnice při vystřihování	[mm]
	RAV - rozměr střížníku při vystřihování	[mm]
	RED - rozměr střížnice při děrování	[mm]
	RAD - rozměr střížníku při děrování	[mm]
	JR - jmenovitý rozměr	[mm]
	v - střížná vůle	[mm]
	TS - tolerance jmenovitého rozměru	[mm]
	TA - výrobní tolerance střížníku	[mm]
	TE - výrobní tolerance střížnice	[mm]

4.1.8 Kontrola střížníku na vzpěr

Kontroluje se střížník s nejmenším průměrem. V našem případě je to střížník s průměrem $d = 76$ mm. Pro výpočet vzpěru je nutno spočítat kvadratický moment průřezu J_y . Uložení střížníku je možno považovat za vetknutý na obou koncích. Vypočítá se jeho kritická délka, při překročení této meze může dojít k jeho poškození.

$$J_y = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 76^4}{64} = 1637662 \text{ mm}^4 \quad (10.9)$$

$$l_{\text{krit}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot E \cdot J_y}{k_b \cdot d \cdot t \cdot \tau_{ps}}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1637662}{1,8 \cdot 76 \cdot 1,8 \cdot 640}} = 9281,8 \text{ mm} \quad (10.10)$$

kde:	E – modul pružnosti	E = 2,1.10 ⁵ MPa
	J _y – kvadratický moment průřezu	J _y = 1637662 mm ⁴
	k _b – koeficient bezpečnosti	k _b = 1,8
	d _v - průměr střížníku	d _v = 76 mm
	F ₁ – střížná síla	F ₁ = 1 637 662 N
	τ _{ps} – pevnost ve stříhu	τ _{ps} = 640 MPa

Z výpočtu vyplývá, že kritická hodnota střížníku je 9281,8 mm, což je v našem případě dostačující. Střížník na vzpěr vyhovuje.

4.1.9 Kontrola pevnosti střížníku

Kontroluje se opět střížník s nejmenším průměrem. Tzn. střížník o průměru 76 mm. Maximální dovolené namáhání volím $\sigma_{\text{dov}} = 1600$ MPa. Pro výpočet pevnosti musíme znát střížnou sílu na tomto střížníku a průřez střížníku. Sílu spočítáme ze vzorce (5.1).

Střížná síla

$$F_{v1} = O_1 \cdot t \cdot n \cdot \tau_{ps}$$

$$F_{v1} = \pi \cdot d_v \cdot t \cdot n \cdot \tau_{ps}$$

$$F_{v1} = \pi \cdot 76 \cdot 1,8 \cdot 1,5 \cdot 640$$

$$F_{v1} = 412\,579 \text{ N}$$

Průřez střížníku

$$S_v = \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} \quad (10.11)$$

$$S_v = \frac{\pi \cdot 76^2}{4}$$

$$S_v = 4536,5 \text{ mm}^2$$

Pevnost střížníku

$$\sigma = \frac{F_{v1}}{S_v} \quad (10.12)$$

$$\sigma = \frac{412579}{4536,5}$$

$$\sigma = 91 \text{ Mpa}$$

kde: F_{v1} – střižná síla na nejmenším střižníku [N]
 O_1 - obvod nejmenšího střižníku [mm]
 S_v - plocha průřezu střižníku [mm²]
 d_v - průměr střižníku [mm]

$\sigma_{dov} \geq \sigma \rightarrow$ střižník z hlediska pevnostního namáhání VYHOVUJE

4.1.10 Kontrola upínací desky na otláčení

Tuto kontrolu je potřeba provést z důvodu zjištění, zda má být vložena mezi upínací desku opěrná kalená deska či nikoli. Pokud přesáhne namáhání na dosedací ploše hodnotu 180 Mpa je nutno toto dodržet. Průměr upínací hlavy střižníku je stanoven na 90 mm.

Plocha průřezu upínací části

$$S_s = \frac{\pi \cdot d_u^2}{4} \quad (10.13)$$

$$S_s = \frac{\pi \cdot 90^2}{4}$$

$$S_s = 6361,7 \text{ mm}^2$$

kde: d_u – průměr upínací části střižníku [mm]

Vzniklé napětí mezi deskou a střižníke

$$\sigma = \frac{F_{v1}}{S_s} \quad (10.14)$$

$$\sigma = \frac{412579}{6361,7}$$

$$\sigma = 64,9 \text{ Mpa}$$

kde: F_{v1} - střižná síla na nejmenším střižníku [N]
 S_s – plocha průřezu upínací části [mm²]

$\sigma_{dov} \geq \sigma \rightarrow$ upínací deska z hlediska pevnostního namáhání VYHOVUJE

4.1.11 Návrh lisu

Návrh lisu spočívá ve věci zvolit z výpočtů a z výkresů správný druh a typ lisu. Pro přesné stříhání je potřeba trojčinného lisu. Volím lis od firmy FEINTOOL s hydraulickým pohonem typ MFA 2500 . Tento stroj je vybaven automatickým podáváním a mazáním pásu plechu. Po vystřížení je vystřižená součástka i odpad odfouknut z pracovního prostoru.

Technická data lisu:

Celková síla max:	2500 KN
Střížná síla max:	1250 KN
Přidržovací síla max:	1250 KN
Vyhazovací síla max:	250 KN
Zdvih beranu max:	69 mm
Počet zdvihů:	20 – 80 min ⁻¹
Stříhaná tloušťka max:	1 - 12 mm
Šířka materiálu max:	250 mm
Horní upínací deska:	560 x 560 mm
Dolní upínací deska:	560 x 600 mm
Příkon:	37 kW
Spotřeba vzduchu:	80 m ³ . h ⁻¹
Hmotnost:	15 000 kg

5. TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V této kapitole je proveden výpočet ekonomického zhodnocení pro danou součást dvěma různými technologiemi. Pro stávající a nově navrženou. Při výpočtech jsou do nákladu pouze zahrnuty ceny nástrojů a spotřebovaného materiálu. Stroj, který je navrhnut je ve vybavení podniku.

5.1 Vstupní hodnoty a výpočet zpracovatelské režie

Pro výpočet je potřeba znát tyto údaje:

Vyráběné množství		$Q = 1\,000\,000$ ks/rok
Životnost nástroje		$T_s = 2$ roky
Dílenské režie	- jednicové mzdy	$JM = 100\%$
	- výrobní režie	$VR = 389\%$
	- správní režie	$SR = 115\%$
	- ostatní přímé náklady	$OPN = 20\%$

Výpočet zpracovatelské režie:

$$\begin{aligned} ZR &= JM + VR + SR + OPN \\ ZR &= 100 + 389 + 115 + 20 \\ ZR &= 624\% \end{aligned} \tag{11.1}$$

Pracovní třídy na výrobu nářadí:

PT 4	= 52 Kč/hod
PT 5	= 63 Kč/hod
PT 6	= 69 Kč/hod
PT 7	= 75 Kč/hod

5.1.1 Náklady na materiál

Materiál 14 260

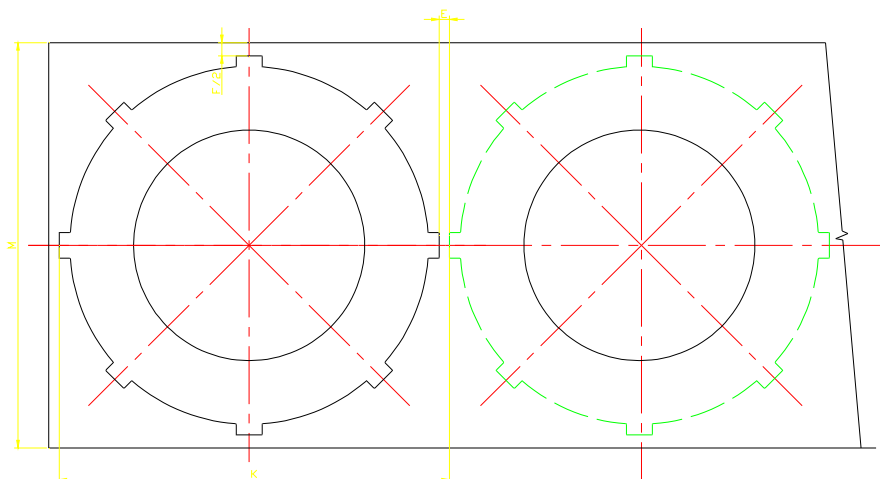
1 kg materiálu ve svitku = 51 Kč

1 kg materiálu v tabuli = 45 Kč

1 kg odpadu = 5 Kč

a) Výpočet spotřeby materiálu u stávající technologie:

Při výpočtu je potřeba uvažovat s tabulemi plechu o rozměru 1000 x 2000 mm.



Obr.15 Nástřihový plán

Stanovení délky kroku:

$$\begin{aligned} K &= D + E_1 \\ K &= 125 + 3,4 \\ K &= 128,4 \text{ mm} \end{aligned} \quad (11.2)$$

kde: D – průměr součásti [mm]

Stanovení šířky pásu plechu:

$$\begin{aligned} M &= D + F \\ M &= 125 + 8,6 \\ M &= 133,6 \text{ mm} \end{aligned} \quad (11.3)$$

kde: D – průměr součásti [mm]

Stanovení počtu pásů z tabule:

$$\begin{aligned} P_p &= 1000/M \\ P_p &= 1000/133,6 \\ P_p &= 7,48 \Rightarrow 7 \text{ pásů} \end{aligned} \quad (11.4)$$

kde: M – šířka pásu plechu [mm]

Stanovení počtu výstřížků z jednoho pásu plechu:

$$\begin{aligned}P_v &= 2000/K \\P_v &= 2000/128,4 \\P_v &= 15,57 \Rightarrow 15 \text{ kusů}\end{aligned}\tag{11.5}$$

kde: K – krok [mm]

Stanovení počtu výstřížků z jedné tabule plechu:

$$\begin{aligned}P_{vt} &= P_p \cdot P_v \\P_{vt} &= 7 \cdot 15 \\P_{vt} &= 105 \text{ výstřížků}\end{aligned}\tag{11.6}$$

Stanovení počtu tabulí plechu ke zhotovení série 1 000 000 ks:

$$\begin{aligned}P_t &= P_k / P_{vt} \\P_t &= 1\,000\,000/105 \\P_t &= 9523,8 \Rightarrow 9524 \text{ tabulí}\end{aligned}\tag{11.7}$$

Stanovení plochy výstřížků z jedné tabule:

$$\begin{aligned}S' &= 6640,8 \text{ mm}^2 \\S_{vt} &= S_v \cdot P_{vt} \\S_{vt} &= 6640,8 \cdot 105 \\S_{vt} &= 697284 \text{ mm}^2\end{aligned}\tag{11.8}$$

Stanovení plochy jedné tabule plechu :

$$S_t = L_t \cdot \check{S}_t = 1000 \cdot 2000 = 2\,000\,000 \text{ mm}^2\tag{11.9}$$

kde: L_t – délka tabule [mm]
 $\check{S}_t$ – šířka tabule [mm]

Stanovení procentuální využitelnosti materiálu:

$$\begin{aligned}S_{pv} &= (S_{vt} / S_t) \cdot 100 \\S_{pv} &= (697284 / 2\,000\,000) \cdot 100 \\S_{pv} &= 34,86 \%\end{aligned}\tag{11.10}$$

Výpočet hmotnosti spotřebovaného plechu:

Výpočet hmotnosti tabule:

$$\begin{aligned}m_t &= \rho \cdot St \cdot t \\m_t &= 7,85 \cdot 10^{-6} \cdot 2\,000\,000 \cdot 1,8 \\m_t &= 28,08 \text{ kg}\end{aligned}\tag{11.11}$$

kde: ρ – měrná hmotnost oceli [kg/m³]
 t – tloušťka materiálu [mm]

Celková potřebná hmotnost plechů:

$$\begin{aligned}m_{cp} &= m_t \cdot P_t \\m_{cp} &= 28,08 \cdot 9524 \\m_{cp} &= 267433,92 \text{ kg} = 267,434 \text{ t}\end{aligned}\tag{11.12}$$

Výpočet odpadu:

Odpad je dle výpočtu 65,14 %. Z 267,434 tun plechu to je 174,2 tun materiálu.

Výpočet ceny odpadu:

$$\begin{aligned}C_{od1} &= 5 \cdot 174200 \\C_{od1} &= 871000 \text{ Kč}\end{aligned}\tag{11.13}$$

Výpočet nákladu na materiál:

$$\begin{aligned}N_{m1} &= 45 \cdot m_{cp} \\N_{m1} &= 45 \cdot 267\,434 \\N_{m1} &= 12\,034\,530 \text{ Kč}\end{aligned}\tag{11.14}$$

b) Výpočet spotřeby materiálu u nově navržené technologie:

Při výpočtu plochy je potřeba uvažovat se svitkem plechu o šířce 130,4 mm.

Plocha výstřížku: $S^* = 6640,8 \text{ mm}^2$

Výpočet plochy potřebné na jeden výstřížek:

$$\begin{aligned}S_{1v} &= M \cdot K \\S_{1v} &= 130,4 \cdot 129,05 \\S_{1v} &= 16828,12 \text{ mm}^2\end{aligned}\tag{11.15}$$

kde: M – šířka pásu plechu [mm]
 K – krok [mm]

Výpočet celkové plochy plechu potřebné na výrobu série:

$$\begin{aligned} S_c &= S_{1v} \cdot 1\,000\,000 \\ S_c &= 16828,12 \cdot 1\,000\,000 \\ S_c &= 1,6828 \cdot 10^{10} \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (11.16)$$

Výpočet celkové hmotnosti plechu:

$$\begin{aligned} m_t &= \rho \cdot S_c \cdot t \\ m_t &= 7,85 \cdot 10^{-6} \cdot 1,6828 \cdot 10^{10} \cdot 1,8 \\ m_t &= 237781,3 \text{ kg} = 237,782 \text{ t} \end{aligned} \quad (11.17)$$

Výpočet odpadu na jeden výstřížek:

$$\begin{aligned} z_o &= S_{1v} - S_v \\ z_o &= 16828,12 - 6640,8 \\ z_o &= 10187,32 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (11.18)$$

Výpočet celkového odpadu:

$$\begin{aligned} z_{co} &= z_o \cdot 1\,000\,000 \\ z_{co} &= 10187,32 \cdot 1\,000\,000 \\ z_{co} &= 1,018732 \cdot 10^{10} \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (11.19)$$

Výpočet celkové hmotnosti plechu odpadu:

$$\begin{aligned} m_{co} &= \rho \cdot z_{co} \cdot s \\ m_{co} &= 7,85 \cdot 10^{-6} \cdot 1,018732 \cdot 10^{10} \cdot 1,8 \\ m_{co} &= 143946,8 \text{ kg} = 143,947 \text{ t} \end{aligned} \quad (11.20)$$

Výpočet ceny odpadu:

$$\begin{aligned} C_{od2} &= 5 \cdot 143947 \\ C_{od1} &= 719735 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (11.21)$$

Výpočet nákladu na materiál:

$$\begin{aligned} N_{m2} &= 51 \cdot m_t \\ N_{m2} &= 51 \cdot 237\,782 \\ N_{m2} &= 12\,126\,882 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (11.22)$$

Náklady na materiál jsou u nově navržené součásti větší o $N_m = 92\,352 \text{ Kč}$.

5.1.2 Náklady na nástroje

a) Stávající technologie:

1. operace: postupové stříhadlo – 142 Nh, PT 7 → $142 \cdot 75 = 10\,650$ Kč
 2. operace: brousící přípravek – 42 Nh, PT 6 → $42 \cdot 69 = 2898$ Kč
- (viz. příloha č.6)

Jednicové mzdy:

$$\begin{aligned} JM &= 10\,650 + 2898 \\ JM &= 13\,548 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (11.23)$$

Zpracovatelské náklady:

$$\begin{aligned} ZN &= JM \cdot ZR \\ ZN &= 13\,548 \cdot 624\% \\ ZN &= 84\,539,5 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (11.24)$$

Zisk v nářad'ovně činí 10% zpracovatelských nákladů

$$\begin{aligned} Z &= ZN \cdot 10\% \\ Z &= 84\,539,5 \cdot 10\% \\ Z &= 8\,454 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (11.25)$$

Cena materiálu na nástroje a přípravky je odhadnuta na 13 500 Kč. Z toho lze vypočítat celkovou cenu nástrojů a přípravků:

$$\begin{aligned} N_A &= ZN + Z + \text{materiál} \\ N_A &= 84\,539,5 + 8\,454 + 13\,500 \\ N_A &= 106\,493,5 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (11.26)$$

b) Nová technologie:

1. operace: stříhadlo – 270 Nh, PT 7 → $270 \cdot 75 = 20\,250$ Kč
- (viz. příloha č.7)

Jednicové mzdy:

$$JM = 20\,250 \text{ Kč} \quad (11.27)$$

Zpracovatelské náklady:

$$\begin{aligned} ZN &= JM \cdot ZR \\ ZN &= 20\,250 \cdot 624\% \\ ZN &= 126\,360 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (11.28)$$

Zisk v náhradově činí 10% zpracovatelských nákladů:

$$\begin{aligned} Z &= ZN \cdot 10\% \\ Z &= 126\,360 \cdot 10\% \\ Z &= 12\,636 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (11.29)$$

Cena materiálu na nástroj je odhadnuta na 72 000 Kč.

Cena nástroje nové technologie je:

$$\begin{aligned} N_B &= ZN + Z + \text{materiál} \\ N_B &= 126\,360 + 12\,636 + 72\,000 \\ N_B &= 210\,996 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (11.30)$$

Náklady na nástroj jsou u nové technologie vyšší o 104 502,5 Kč.

5.1.3 Náklady na přímé mzdy a kritické množství kusů

U stávající technologie jsou náklady na přímé mzdy $M_A = 0,2878 \text{ Kč/ks}$

U nové technologie jsou náklady na přímé mzdy $M_B = 0,0355 \text{ Kč/ks}$

Hodnoty M_A a M_B jsou vypočteny v příslušných tarifních třídách z výrobních časů jednotlivých operací, které jsou uvedeny v příloze.

Výpočet kritického množství:

$$Q_{\text{krit}} = \frac{N_B - N_A}{(M_A - M_B) \cdot (VR - SR)} = \frac{210996 - 106493,5}{(0,2878 - 0,0355) \cdot (3,89 - 1,15)} = 151\,168 \text{ ks} \quad (11.31)$$

Při výrobě 151 168 kusů a vyšší se stává nová technologie výhodnější.

5.1.4 Celkové roční náklady na mzdy a režii, roční úspory

a) Stávající technologie

$$\begin{aligned}N_{mrA} &= M_A \cdot Q \cdot (VR + SR) \\N_{mrA} &= 0,2878 \cdot 1\,000\,000 \cdot (3,89 + 1,15) \\N_{mrA} &= 1\,450\,512 \text{ Kč}\end{aligned}\tag{11.32}$$

b) Nová technologie

$$\begin{aligned}N_{mrB} &= M_B \cdot Q \cdot (VR + SR) \\N_{mrB} &= 0,0355 \cdot 1\,000\,000 \cdot (3,89 + 1,15) \\N_{mrB} &= 178\,920 \text{ Kč}\end{aligned}\tag{11.33}$$

Roční úspora na mzdách a režii činí:

$$U_r = N_{mrA} - N_{mrB} = 1\,450\,512 - 178\,920 = 1\,271\,592 \text{ Kč}\tag{11.34}$$

5.1.5 Ukazatele ekonomické efektivity

a) Doba úhrady nového nástroje:

$$\begin{aligned}T_u &= N_B / U_r \\T_u &= 210\,996 / 1\,271\,592 \\T_u &= 0,166 \text{ roku}\end{aligned}\tag{11.35}$$

b) Celková úspora vztažená na životnost nástroje:

$$\begin{aligned}U &= (U_r \cdot T_s) - [(N_B - N_A) + T_s \cdot (N_{m2} - N_{m1})] \\U &= (1\,271\,592 \cdot 2) - [(210\,996 - 106\,493,5) + 2 \cdot 92\,352] \\U &= 2\,253\,977,5 \text{ Kč}\end{aligned}\tag{11.36}$$

c) Úspora za jeden rok výroby:

$$\begin{aligned}U_1 &= (U_r \cdot 1) - [(N_B - N_A) + (N_{m2} - N_{m1})] \\U_1 &= (1\,271\,592 \cdot 1) - [(210\,996 - 106\,493,5) + 92\,352] \\U_1 &= 1\,074\,737,7 \text{ Kč}\end{aligned}\tag{11.37}$$

6. ZÁVĚR

V této bakalářské práci je řešen návrh nové technologie přesného stříhání od stávající technologie postupového stříhání z důvodu zpřesnění a produktivity výroby. Vzhledem k tomu, že byla zvednuta velikost série z 500 000 kusů za rok na 1 000 000 kusů bylo nutno navrhnout novou technologii. Jsou zde popsány principy jak konvenčního (postupového) tak přesného stříhání s výhodami a nevýhodami jednotlivých technologií. V ekonomickém shodnocení je proveden výpočet pro sérii 1 milion kusů, aby zde bylo názorné, že tato technologie byla zvolena správně. Z ekonomického výpočtu vyplývá, že při 151 168 kusech se začne nová technologie vyplácet. Celkové úspory při výrobě novou technologií budou 1 074 737,7 Kč. Výkresová dokumentace je provedena na nástroj a na hlavní funkční část nástroje (střížník) a je přiložena v příloze. Závěrem bych chtěl poukázat na skutečnost, že se jedná o školní práci a můžou se některé údaje lišit od skutečnosti.

SEZNAM POUŽITÝCH OZNAČENÍ

a	[mm]	vzdálenost tlačné hrany od obrysu součásti
A_s	[J]	střížná práce
b	[mm]	šířka zářezu
c	[-]	součinitel závislý na druhu stříhání
C_{od}	[Kč]	cena odpadu
d_u	[mm]	průměr upínací části střížníku
d_v	[mm]	průměr střížníku
D	[mm]	vnější průměr součásti
E	[Mpa]	modul pružnosti
E_1	[mm]	vzdálenost mezi součástkami
F	[mm]	vzdálenost součásti od okraje
F_c	[N]	celková síla
F_{v1}	[N]	střížná síla na střížníku průměr 76 mm
F_1	[N]	střížná síla
F_2	[N]	síla přidržovače
F_3	[N]	síla vyhazovače
h	[mm]	výška tlačné hrany
h_1	[mm]	výška tlačné hrany
JM	[%]	jednicové mzdy
JR	[mm]	jmenovitý rozměr
J_y	[mm ⁴]	kvadratický moment průřezu
k_b	[-]	koeficient bezpečnosti
l_{krit}	[mm]	kritická délka střížníku
L_h	[mm]	délka tlačné hrany
m_{co}	[kg]	celková hmotnost plechu odpadu
m_{cp}	[kg]	celková hmotnost plechu
m_t	[kg]	hmotnost tabule plechu
M	[mm]	šířka pásu plechu
M_A	[Kč/ks]	náklady na přímé mzdy
n	[-]	součinitel otupení
N_m	[Kč]	náklady na materiál
N_{mr}	[Kč]	celkové roční náklady
N_A	[Kč]	celková cena nástrojů a přípravků
N_B	[Kč]	celková cena nového nástroje
O	[mm]	obvod součásti
OPN	[%]	ostatní přímé náklady
Q_{krit}	[ks]	kritické množství
O_1	[mm]	obvod nejmenšího střížníku
p	[Mpa]	měrný tlak
PT	[Kč/hod]	pracovní třídy
Pp	[ks]	počet pásů z tabule
Pt	[ks]	celkový počet tabulí plechu
Pv	[ks]	počet výstřížků z jednoho pásu plechu
Pvt	[ks]	počet výstřížků z jedné tabule plechu
Q	[ks/rok]	vyráběné množství
RAD	[mm]	rozměr střížníku při děrování
RAV	[mm]	rozměr střížníku při vystřihování

RED	[mm]	rozměr střížnice při děrování
REV	[mm]	rozměr střížnice při vystřihování
S	[mm ²]	střížná plocha
S`	[mm ²]	plocha stříhané součásti
SR	[%]	správné režie
Sc	[mm ²]	celková plocha plechu
Spv	[%]	procentuální využitelnost materiálu
S _s	[mm ²]	plocha průřezu upínací části
St	[mm ²]	plocha jedné tabule plechu
S _v	[mm ²]	plocha střížníku průměr 76 mm
Svt	[mm ²]	plocha výstřížků z jedné tabule plechu
S _{1v}	[mm ²]	plocha potřebná na jeden výstřížek
t	[mm]	tloušťka materiálu
TA	[mm]	výrobní tolerance střížníku
TE	[mm]	výrobní tolerance střížnice
TS	[mm]	tolerance jmenovitého rozměru
Ts	[roky]	životnost nástroje
T _u	[roky]	doba úhrady nového nástroje
U	[Kč]	celková úspora vztažená na živ. nástroje
U _r	[Kč]	roční úspora na mzdách režii
U ₁	[Kč]	úspora za jeden rok
v	[mm]	střížná vůle
VR	[%]	výrobní režie
z	[mm]	střížná mezera
z _{co}	[mm ²]	celková plocha odpadu
z _o	[mm ²]	odpad na jeden výstřížek
Z	[Kč]	zisk v nářadovně
ZR	[%]	zpracovatelská režie
π	[-]	Ludolfovo číslo
ρ	[kg/m ³]	hustota
σ	[Mpa]	pevnost střížníku
σ _{dov}	[Mpa]	maximální dovolené namáhání
τ _{ps}	[Mpa]	pevnost ve stříhu
Ψ	[-]	součinitel zaplnění grafu

Seznam použité literatury

- [1] FOREJT, Milan.: Ročníkový projekt 1 ; Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství ; Sylabus pro kombinované studium; září 2002;
- [2] DVOŘÁK, Milan. – GAJDOŠ, František. – NOVOTNÝ, Karel.: Technologie tváření – plošné a objemové tváření; Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství; 2.vyd. ISBN 80-214-1481-2; 169 str.
- [3] BŘEZINA, Richard.: Speciální technologie – technologie tváření (návody do cvičení); Vysoká škola báňská v Ostravě, Fakulta strojní a elektrotechnická; 1987; 218 str.
- [4] FOREJT, Milan.: Teorie tváření; Vysoké učení technické v Brně; Fakulta strojní; 1.vyd. ISBN 80-214-0415-9; 167 str.
- [5] NOVOTNÝ, Karel.: Tvářecí nástroje; Vysoké učení technické v Brně; Fakulta strojní; 1.vyd. ISBN 80-214-0401-9; 186 str.
- [6] BARTOŠ, P. – VYSKOČIL, O.: Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání (učební texty); Brno; 88 str.
- [7] ČSN 22 6268; ČSN 22 6267; ČSN 22 6274; ČSN 22 6015
- [8] Internet

Seznam příloh:

Příloha č.1: Určení střížné vůle pomocí diagramu

Příloha č.2: Velikost postranního odpadu a šířky můstku pomocí tabulky

Příloha č.3 Velikost postranního odpadu a šířky můstku pomocí diagramu

Příloha č.4 Některé typy lisů

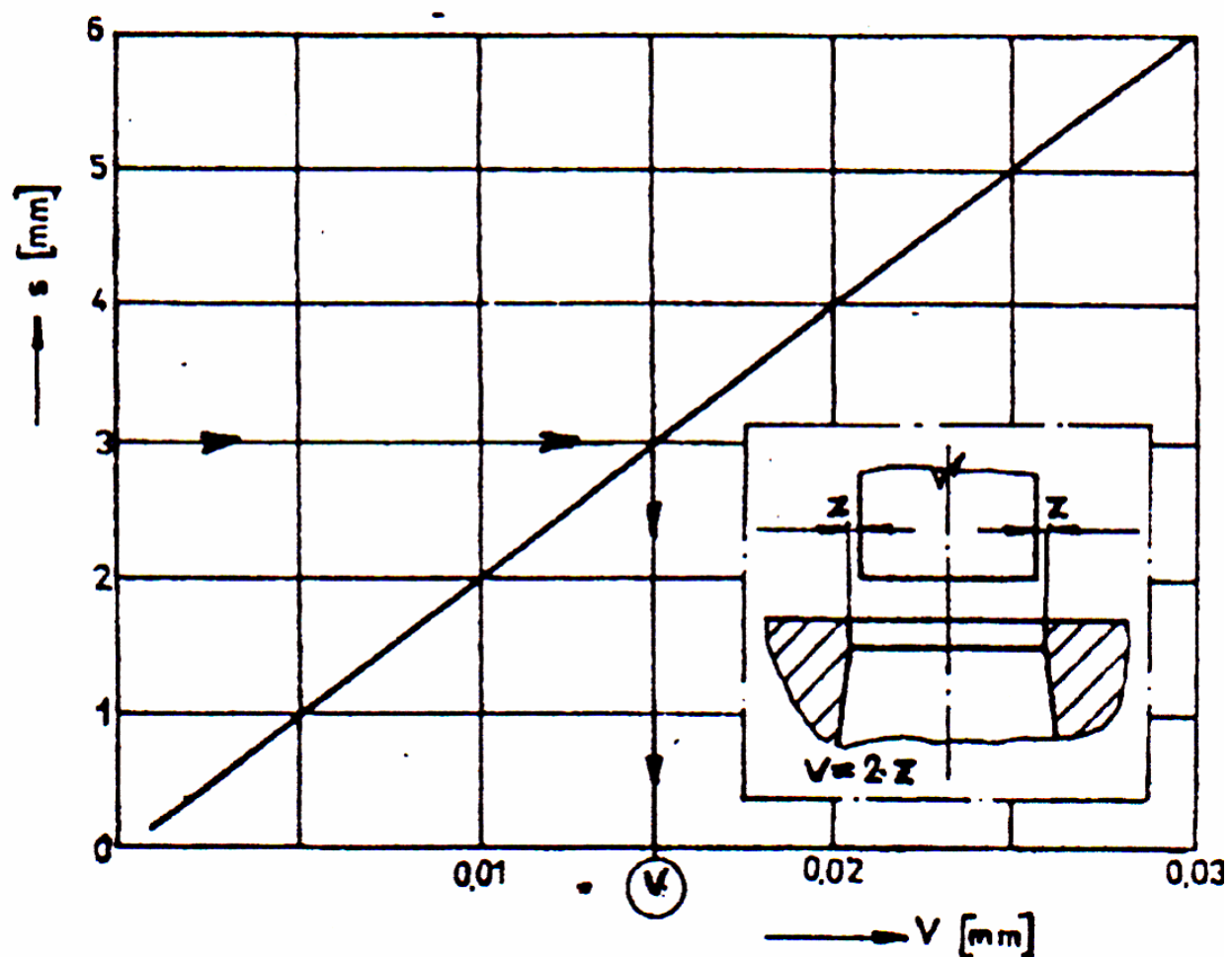
Příloha č.5 Určení rozměrů tlačné hrany

Příloha č.6 Výrobní časy jednotlivých operací u stávající technologie

Příloha č.7 Výrobní časy jednotlivých operací u nově navržené technologie

Příloha č.1

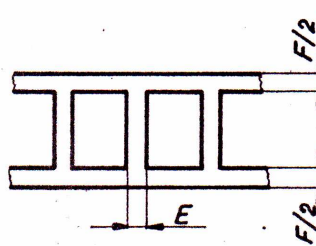
Určení střížné vůle pomocí diagramu



Příloha č.2

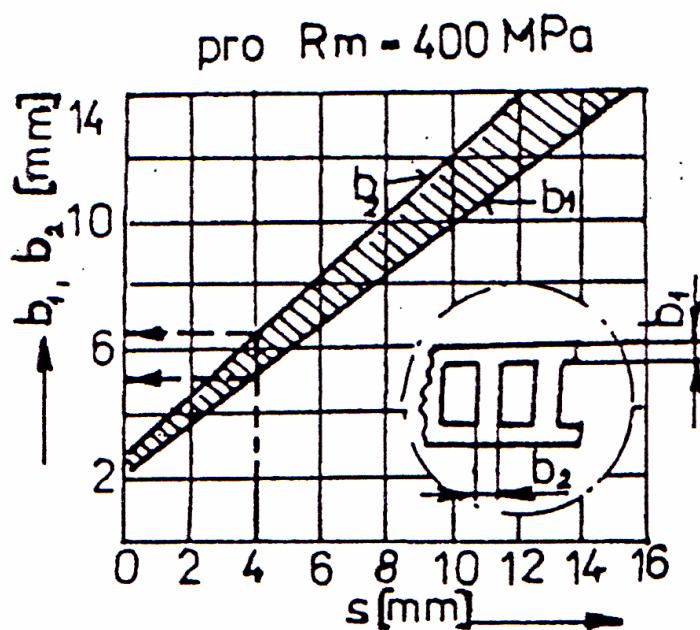
Velikost postranního odpadu a šířky můstku pomocí tabulky

Tloušťka mat. /mm/	E /mm/	F /mm/	Tloušťka mat. /mm/	E /mm/	F /mm/
0,5	2	3	6,0	8	14
0,8	3	3,5	7,0	9	15
1,0	3	4	8,0	10	16
1,2	3,5	4	9,0	11	17
1,5	4	5	10,0	12	18
2,0	4,5	6	12,5	15	20
2,5	5	8	15,0	18	25
3,0	5,5	9	16,5	22	28
3,5	6	10	18,0	23	32
4,0	6,5	11	20,0	25	35
5,0	7	12			



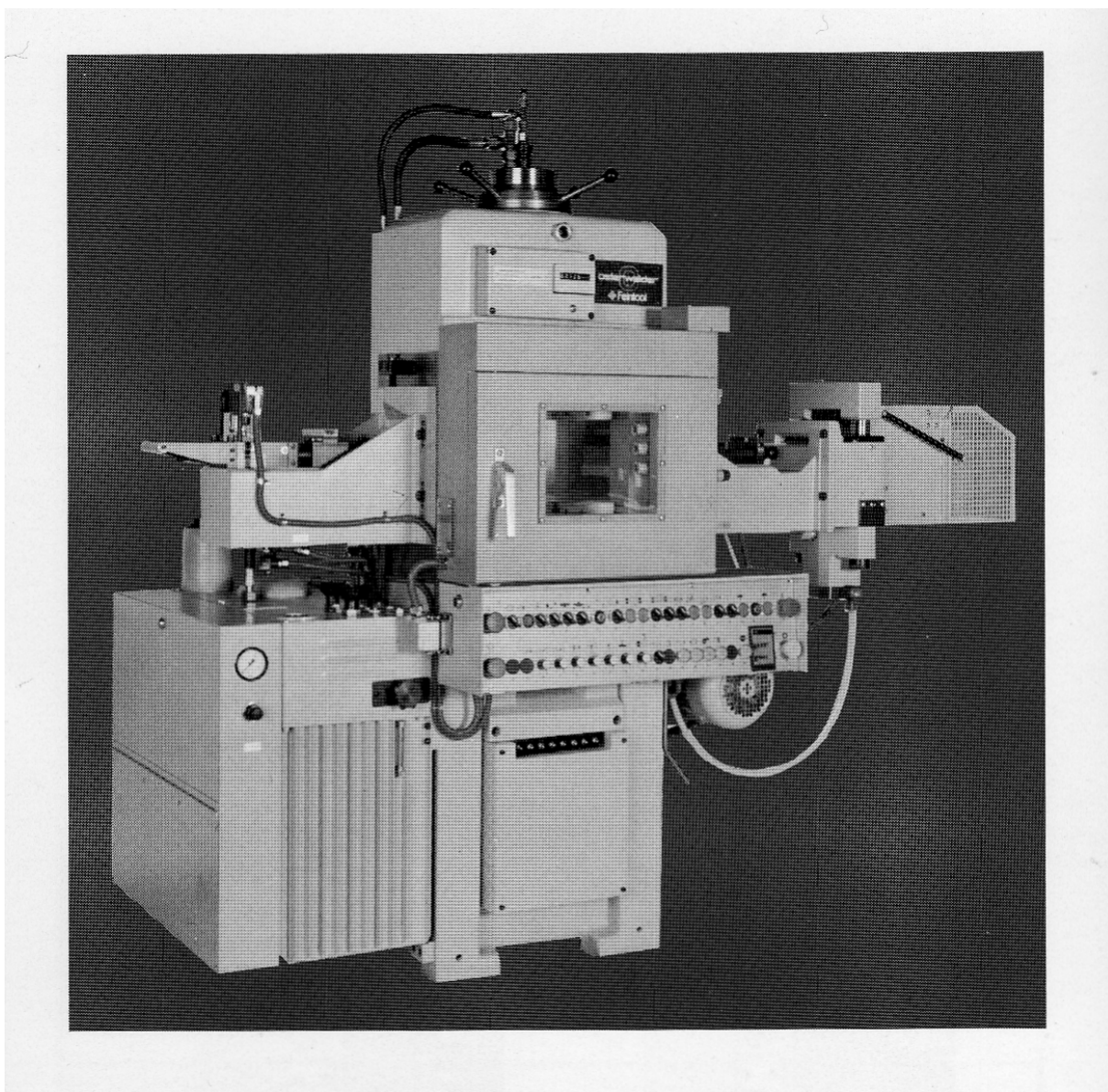
Příloha č.3

Velikost postranního odpadu a šířky můstku pomocí diagramu



Příloha č.4

Některé typy lisů



Lis GKP-F 40



Lis HFA 400

Příloha č.5

Určení rozměrů tlačné hrany

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

Příloha č.6

Výrobní časy jednotlivých operací u stávající technologie



VÝROBNÍ POSTUP

Odběratel:		Zakázka číslo:	Objednávka číslo:		Název dílce:		Číslo výkresu:				
		Celkem kusů:	Výrobní dávka:		Středisko:		Termín výroby:				
		Materiál:	Rozměr polotovaru:		Cena mat:		Hrubá hmotnost:	Čistá hmotnost:			
			D _p		L _p		KČ/ks		kg/ks		kg/ks
Operace:	Popis práce:					t _{AC}	t _{BC}	t _{skut}	TK [KČ]	Cena:	Kontrola:
1	Děrovat otvor průměr 76 mm. Stříhat tvar součásti					0,053				0,0663.	
2	Odstranit ostřiny.					0,01				0,0086.	
3	Kontrola										
4	Brousit zuby					0,176				0,2024	
5	Kontrola										
6	Konzervavat					0,01				0,0105.	
										0,2878	

Příloha č.7

Výrobní časy jednotlivých operací u nově navržené technologie



VÝROBNÍ POSTUP

Odběratel:		Zakázka číslo:	Objednávka číslo:		Název dílce:		Číslo výkresu:				
		Celkem kusů:	Výrobní dávka:		Středisko:		Termín výroby:				
		Materiál:		Rozměr polotovaru:		Cena mat:		Hrubá hmotnost:	Čistá hmotnost:		
			D _p		L _p		Kč/ks		kg/ks		kg/ks
		Operace:	Popis práce:			t _{AC}	t _{BC}	t _{skut}	TK [Kč]	Cena:	Kontrola:
1	Děrovat otvor průměr 76 mm. Stříhat tvar součásti			0,02				0,025.			
2	Kontrola										
3	Konzervavat			0,01				0,0105.			
								0,0355			

