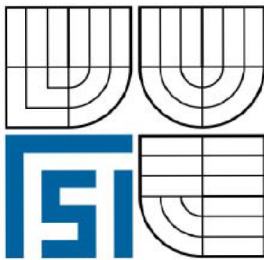


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH VARIANT VÝROBY PLOCHÉ SOUČÁSTI Z PLECHU S OTVORY

PROPOSAL FOR THE PRODUCTION OF VARIANTS OF FLAT SHEET METAL PARTS WITH
HOLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ZUZANA KOHOUTOVÁ

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JINDŘICH ŠPAČEK, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Kohoutová Zuzana

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:

Návrh variant výroby ploché součásti z plechu s otvory

v anglickém jazyce:

Proposal for the production of variants of flat sheet metal parts with holes

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navržení vhodných technologií výroby zadané součásti (dělením laserem ev. vodním paprskem a stříháním v postupovém nástroji) v podmínkách středněsériové výroby. Výběr nejvhodnější technologie na základě technicko - ekonomických kritérií.

Cíle bakalářské práce:

Vypracování technologického postupu a výkresové dokumentace postupového střížného nástroje a vypracování technologického postupu stříhání vodním paprskem nebo laserem. Ekonomické porovnání obou způsobů a zobecnění kritérií pro jejich užití v praxi.

Seznam odborné literatury:

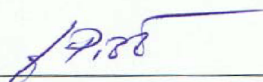
1. FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Vysoké učení technické v Brně. 1. vyd. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
2. NOVOTNÝ, Josef, LANGER, Zdeněk. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. SNTL. 1. vyd. Praha : SNTL, 1980. 216 s. ISBN 04-234-80.
3. HAŠEK, Vladimír, et al. Lisování. SNTL. 1. vyd. Praha : SNTL, 1971. 543 s. ISBN 04-234-71.
4. Aktuální firemní literatura.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jindřich Špaček, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.


V Brně, dne 22.10.2008 8:36:

L.S.



doc. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu





doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

KOHOUTOVÁ Zuzana: Návrh variant výroby ploché součásti z plechu s otvory

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru B2307-00 předkládá návrh variant výroby ploché součásti z plechu s otvory z materiálu 11 373. Práce je zaměřena na tváření kovů za studena- stříhání. Na základě série 150 000 kusů za rok je navržena výroba v postupovém nástroji. Dle potřebných výpočtů byl zvolen výstředníkový lis S250 (výrobce Šmeral Brno, a.s.) se jmenovitou silou 2 500 kN. Práce je dále zaměřena na výrobu stejné součásti (šoupátka) pomocí CNC plazmového zařízení a následné ekonomické zhodnocení obou variant výroby. Závěrem celé práce je výkresová dokumentace střížného nástroje.

Klíčová slova: stříhání, plazmové řezání

ABSTRACT

KOHOUTOVÁ Zuzana: Proposal for the production of variants of flat sheet steel parts with holes

The final work elaborated in the scope of bachelor studies of the branch B2307-00 submitted proposal of variants for production for flat sheet steel parts with holes from the material 11 373. Work is set for cold shaping of metal by means of cutting and production by means of plasma CNC machine. Production on sequence shearing tool is based on series 150 000 pieces per year. Shearing machine S250 (manufacturer Šmeral Brno a.s.) with shearing force 2500 kN is selected for realization. Work is also focused on the production of the same components (valve) using a CNC plasma equipment and the subsequent economic evaluation of both variants of the production. In enclosure there is drawing documentation for cutting tool.

Keywords: cutting, plasma cutting

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOHOUTOVÁ, Z. *Návrh variant výroby ploché součásti z plechu s otvory*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 48 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jindřich Špaček, CSc.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Rašovicích dne 20. 5. 2009

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu doc. Ing. Jindřichu Špačkovi, CSc a firmě R+W Ferra s.r.o. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

1. Úvod	10
2. Technologie vystřihování	11
2.1 Technologičnost součástí	12
2.2 Nástřihový plán	14
2.3 Technologické zhodnocení	15
2.4 Výpočet střížné síly	17
2.5 Velikost střížné vůle pro plechy o tloušťce větší než 3 mm	18
2.6 Výpočet střížné práce	19
2.7 Pevnostní výpočet funkčních částí střížných nástrojů	19
2.7.1 Pevnostní výpočty pro střížník	19
2.7.2 pevnostní výpočet střížnice	21
2.8 Určení těžiště střížné síly	21
2.9 Výpočet rozměrů střížníku a střížnice	23
2.9.1 Vystřihování	23
2.9.2 Děrování	24
3. Střížný nástroj	26
3.1 Části stříhadla	26
3.2 Návrh střížné skříně	27
3.3 Návrh hlavice	28
3.4 Návrh tvářecího stroje	28
4. Ekonomické zhodnocení postupového stříhání	30
5. Tepelné dělení plazmovým obloukem	33

5.1 Definice plazmy	33
5.2 Plazmový proces	33
6. Firma R+W Ferra s.r.o.	34
7. Ekonomické a technologické zhodnocení plazmy	37
8. Závěr	39
Seznam použitých zdrojů	40
Seznam použitých symbolů a zkratk	41
Seznam příloh	43

1. Úvod

Závěrečná práce je zaměřena na návrh tvářecího stroje pro výrobu ploché součásti s otvory technologií postupového stříhání pro středně sériovou výrobu. Porovnání výroby stejné součásti pomocí plazmy (plazmu jsem si zvolila po předchozí domluvě s vedoucím práce, protože nebyla součástí zadání) a jejich vzájemné technicko - ekonomické zhodnocení.

Práce je rozdělena do dvou částí.

První část se zabývá výrobou dané součásti pomocí postupového stříhání. Uspořádání součásti na pásu plechu je voleno tak, aby využití materiálu bylo co největší. Práce obsahuje také stanovení vhodného typu tvářecího stroje, který bude použit při výrobě dané součásti. Volba tohoto stroje se řídí především velikostí jmenovité síly stroje, která musí být větší než vypočtená celková střížná síla. Konečnou fází této části práce je tvorba výkresové dokumentace tvářecího nástroje a jeho částí.

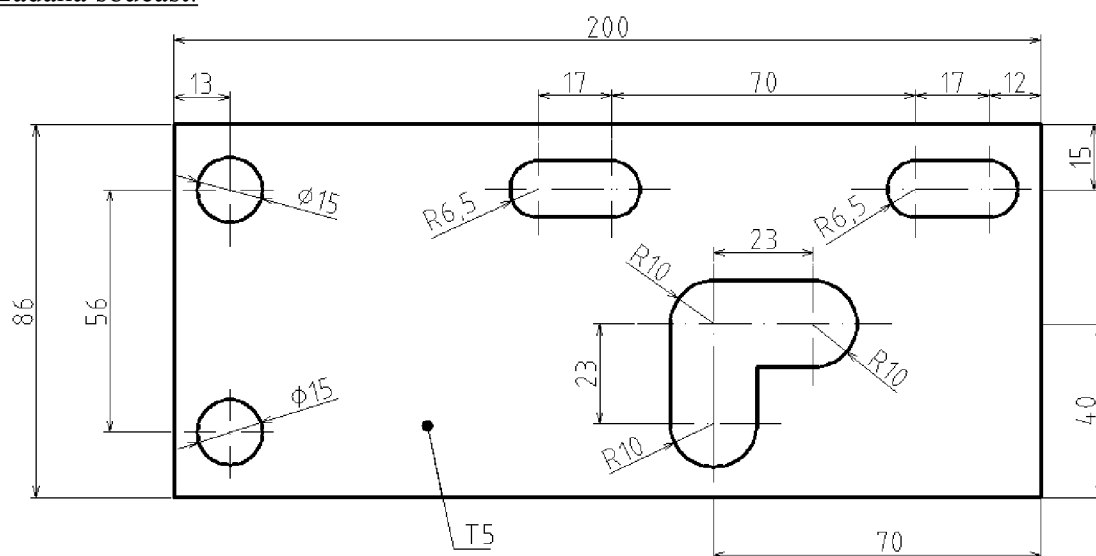
Druhá část je zaměřena na technologii řezání plazmou. Vysvětlení pojmu plazma. V této části se také zmíníme o firmě, která vlastní jeden ze tří největších plazmových pálicích center v České republice.

2. Technologie vystřihování

Součást slouží jako pohyblivý pruh – šoupátko. Z toho důvodu je žádoucí dosáhnout přesného obrysu součásti (v rámci požadovaných tolerancí), a proto nelze okraje pásu použít jako vnější hrany součásti. Je nutné vnější obrys vystříhnout naráz (obdélníkovým střížníkem) i za cenu odpadu (okrajů a můstků).

Šoupátko slouží k uzavírání otvorů, kterými proudí nějaká látka. Otvírání, zavírání či jemnější regulace se provádí posunem šoupátka po desce tak, aby se měnilo zakrytí otvoru.

Zadaná součást:



Obr. 2. 1. Šoupátko

Vlastnosti:

Název součásti: šoupátko

Použití: součást nebude použita v agresivním prostředí

Hmotnost: 0,63 kg

Materiál: 11 373

Vlastnosti materiálu: konstrukční ocel, tavná svařitelnost zaručená. Jednoduché, mírně namáhané, kované, lisované, zastudena ohýbané součásti.

Mezní úchylka pro rozměr 200 mm: $\pm 0,50$ mm

Třída odpadu: 001

Rm: (340÷440), volím 400 MPa

HB max. 225

Výrobní série: 150 000 ks/rok

2.1 Technologičnost součástí

Pravidla technologičnosti: [11]

- 1) Nezužovat tolerance rozměrů pod mez, které lze dosáhnout při běžné práci dobré lisovny.
- 2) Není-li střížná plocha funkční plochou součásti, nepředepisovat její drsnost ani kolmost k ploše plechu.
- 3) Rovinnost malých výstřížků z tlustých plechů větší tvárnosti se může porušit vlivem ohybového momentu dvojice střížných sil. Jde zejména o úzké kroužky, podložky apod.
- 4) Nejmenší velikost otvorů, jež lze běžným nástrojem prostříhnout, závisí na tloušťce a druhu materiálu (tab. 1).

Materiál	Obvyklé děrování		Děrování vedeným střížníkem a s přidržovačem	
	d/s	b/s	d/s	b/s
Textid, pertinax, apod.	0,4	0,35	0,3	0,25
Hliník	0,8	0,6	0,3	0,25
Měkká ocel	0,8	0,6	0,3	0,25
Mosaz	1	0,8	0,35	0,3
Tvrdá ocel	1,5	1,2	0,5	0,4

d- průměr kruhové díry

b- šířka obdélníkové díry

s- tloušťka materiálu

Tab. 1. Nejmenší velikost děr [11]

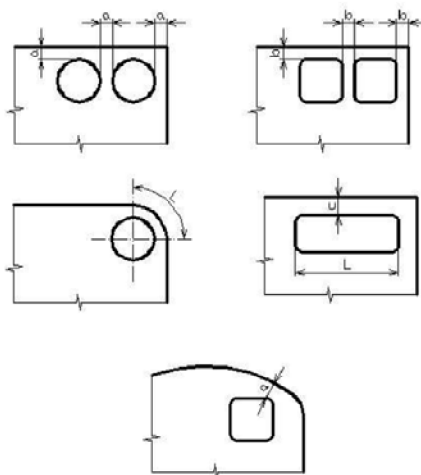
Pozn. : Nejmenší otvor Ø15 na šoupatku lze bez problémů prostříhnout.

- 5) Otvorům kruhového průřezu je třeba vždy dát přednost.
- 6) Vzdálenost mezi otvory nebo otvorů od kraje výstřížku má být (viz. obr. 2.2):

$$a \geq 0,8s,$$

$$b \geq s,$$

$$c \geq 1,5s.$$



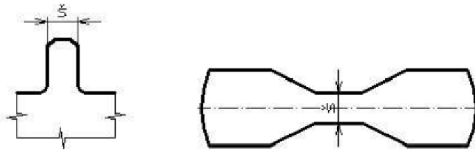
Obr. 2. 2 Technologické vzdálenosti stříhaných obrysů [11]

Pozn.: Př. $4l \geq 4 \rightarrow$ vzdálenost mezi otvory šoupátka vyhovuje

$5,5 \geq 4 \rightarrow$ vzdálenost otvoru od kraje výstřížku vyhovuje

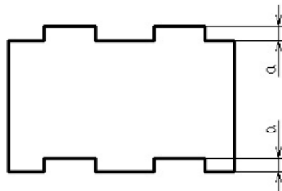
$7,5 \geq 4 \rightarrow$ vzdálenost otvoru od kraje výstřížku vyhovuje

- 7) Šířka vyčnívajících částí nebo nejmenší šířka štíhlých výstřížků má být:
 $\check{s} = 1,5s$.



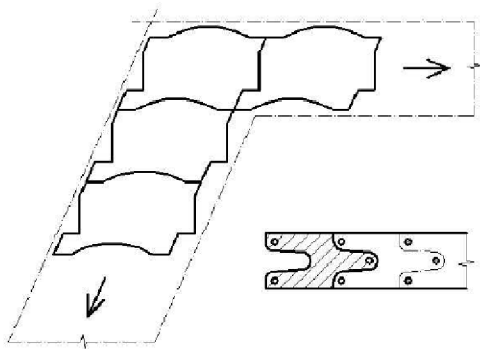
Obr. 2. 3 Minimální šířka výstřížku [11]

- 8) Rohy na výstřížku mají být sraženy nebo zaobleny. Sražení pod 45° je nezbytné, vzniká-li obrys postupným stříhem. Poloměr zaoblení rohů při uzavřeném stříhu má být tím větší, čím je roh ostřejší.
Zmenšit úhel rohu je možné, je-li roh zaoblen větším poloměrem $r > 0,5s$ nebo zkosen $k > s$.
- 9) Není správné měnit na výstřížku poloměr zaoblení rohů, střídat ostré a zaoblené rohy.
- 10) Plynulé přechody oblouků do přímých částí obrysu apod. zdražují nástroj a vyžadují uzavřený stříh.
- 11) Vystupující, delší části obrysu výstřížku nebo jim podobná zaoblení mají mít výšku:
 $h \geq 1,2s$.



Obr. 2. 4 Minimální výška výstupků [11]

- 12) Při stříhání na nůžkách volíme tvary vyžadující nejmenší počet stříhů.
- 13) Nejvhodnější vnější tvar výstřížku je rovnoběžník, jehož protější strany jsou stejně tvarovány jako negativ a pozitiv



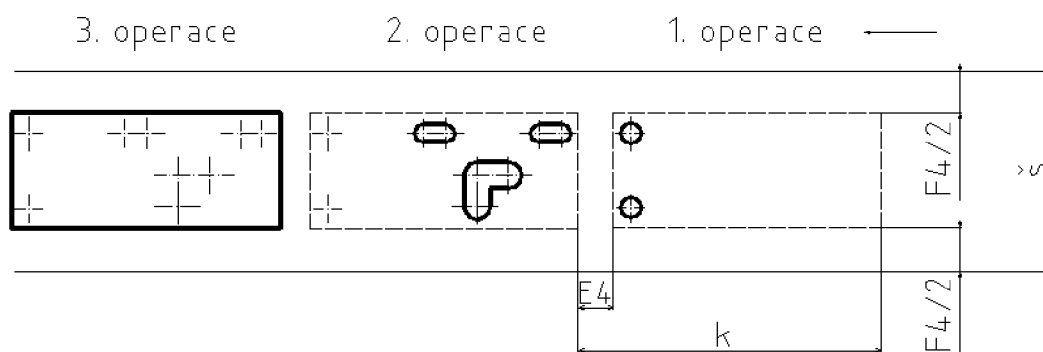
Obr. 2. 5 Vhodný tvar výstřížku s tvarováním protilehlých stran jako negativ a pozitiv [11]

14) Kruhový obrys výstřížku je obecně nevýhodný, ztráta materiálu bývá průměrně 30%.

15) Rozvětvené tvary výstřížku jsou velmi neúsporné, třeba hledat tvary spojitě.

2.2 Nástřihový plán [1]

Stříhání se provádí z pásů, které se připraví rozstřížením tabulí plechu. Uspořádání výstřížků na tabuli je předepsáno do tzv. střížného plánu. Při vystřihování z pásu plechu se výstřížky uspořádají tak, aby využití materiálu bylo co nejlepší.



Obr. 2. 6 Nástřihový plán

2.3 Technologické zhodnocení [11]

t	tloušťka materiálu
E ₄	velikost můstku
F ₄ /2	velikost okraje
k	krok
š	šířka pásu

Výpočty:

$$t = 5 \text{ mm}$$

dle příloha č. 1 - Určení okraje a můstku [11] volím:

$$E_4 = 5,5 \text{ mm}$$

$$F_4 = 12,6 \text{ mm} \rightarrow F_4/2 = 6,3 \text{ mm}$$

Šířka pásu

$$\text{š} = 86 + 2 \cdot F_4/2 \text{ [mm]}$$

$$\text{š} = \underline{98,6 \text{ mm}}$$

Velikost kroku

$$k = 200 + E_4 \text{ [mm]}$$

$$k = \underline{205,5 \text{ mm}}$$

Počet pásů z tabule

- tabule o rozměrech 2000 x 1000 mm

- tabuli stříhám podélně na pásy dlouhé 2000 mm

$$p = 1000 / \text{š}$$

$$p = 1000 / 98,6$$

$$p = 10,14 = \underline{10 \text{ pásů}}$$

Počet kusů výstřížku z

- pásu (n_p)

$$n_p = 2000 / k$$
$$n_p = 2000 / 205,5$$
$$n_p = 9,73 = \underline{9 \text{ ks}}$$

- tabule (n_t)

$$n_t = n_p \cdot p$$
$$n_t = 9 \cdot 10 = \underline{90 \text{ ks}}$$

Počet tabulí na 150 000 ks

$$n_{\text{tab}} = 150\,000 / n_t$$

$$n_{\text{tab}} = 150\,000 / 90$$

$$n_{\text{tab}} = 1\,666,7 = \underline{1\,667 \text{ tabulí}}$$

Využití tabule

(celková plocha výrobku z 1 tabule / plocha tabule) . 100 [%]

$$[((200 \cdot 86) \cdot 90) / (2\,000 \cdot 1\,000)] \cdot 100 = \underline{77,4 \%}$$

Objem tabule

$$V = B \cdot A \cdot t \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$V = 2\,000 \cdot 1\,000 \cdot 5$$

$$V = 10\,000\,000 \text{ mm}^3 = \underline{0,01 \text{ m}^3}$$

Hmotnost tabule

$$m = \zeta \cdot V \text{ [kg]}$$

$$m = 7800 \cdot 0,01$$

$$m = \underline{78 \text{ kg/1 tabule}}$$

Hmotnost skutečné spotřeby materiálu

$$M = n_{\text{tab}} \cdot m \text{ [kg]}$$

$$M = 1\,667 \cdot 78$$

$$M = \underline{130\,026 \text{ kg}}$$

Odpad

$$100 - 77,4 = \underline{22,6\%}$$

Hmotnost odpadu z jedné tabule

$$m_o = m \cdot 22,6/100 \text{ [kg]}$$

$$m_o = 78 \cdot 22,6/100$$

$$m_o = \underline{17,63 \text{ kg}}$$

Celková hmotnost odpadu

$$M_o = n_{\text{tab}} \cdot m_o \text{ [kg]}$$

$$M_o = 1\,667 \cdot 17,63$$

$$M_o = \underline{29\,389,2 \text{ kg}}$$

2.4 Výpočet střížné síly [2]

Mohou-li výstřížky volně vypadávat ze stříhadla, určí se střížná síla ze vzorce:

$$F_s = (1 \div 1,3) S \cdot \tau_s = (1 \div 1,3) S \cdot 0,8 \cdot R_m \quad [\text{N}]$$

$$S = l \cdot s \quad [\text{mm}^2]$$

l - délka stříhu [mm]

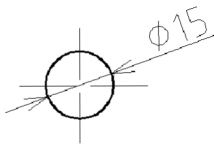
s - tloušťka stříhaného materiálu [mm]

τ_s - střížný odpor - $(0,8 \div 0,86) \cdot R_m$ [MPa]

$(1 \div 1,3)$ - opravný koeficient, kterým se přihlíží k vnějším vlivům při stříhání

Střížná síla pro:

1)

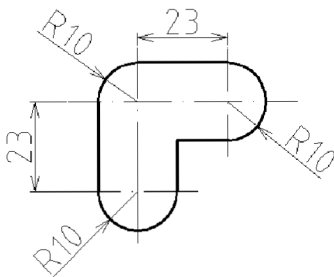


$$l = \pi \cdot d = \pi \cdot 15 = \underline{47,12 \text{ mm}}$$

$$S = l \cdot s = 47,12 \cdot 5 = \underline{235,6 \text{ mm}^2}$$

$$F_{S1} = 1,3 \cdot 235,6 \cdot 0,8 \cdot 400 = 98\,009,6 \text{ N} = \underline{98,01 \text{ kN}}$$

2)



$$l = 2 \cdot \pi \cdot R + 23 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + \pi \cdot R / 2$$

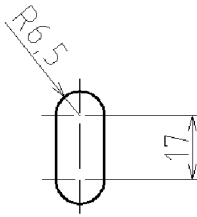
$$= 2 \cdot \pi \cdot 10 + 23 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + \pi \cdot 10 / 2$$

$$= \underline{150,54 \text{ mm}}$$

$$S = l \cdot s = 150,54 \cdot 5 = \underline{752,7 \text{ mm}^2}$$

$$F_{S2} = 1,3 \cdot 752,7 \cdot 0,8 \cdot 400 = 313\,123,2 \text{ N} = \underline{313,12 \text{ kN}}$$

3)

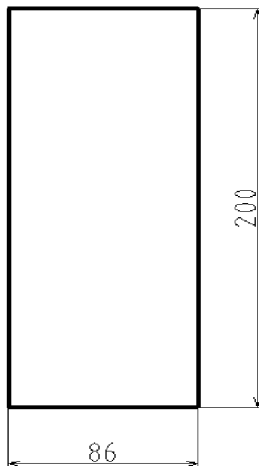


$$l = 2 \cdot \pi \cdot R + 2 \cdot 17 = 2 \cdot \pi \cdot 6,5 + 2 \cdot 17 = \underline{74,84 \text{ mm}}$$

$$S = l \cdot s = 74,84 \cdot 5 = \underline{374,2 \text{ mm}^2}$$

$$F_{S3} = 1,3 \cdot 374,2 \cdot 0,8 \cdot 400 = 155\,668,7 \text{ N} = \underline{155,67 \text{ kN}}$$

4)



$$l = 2 \cdot 200 + 2 \cdot 86 = \underline{572 \text{ mm}}$$

$$S = l \cdot s = 572 \cdot 5 = \underline{2\,860 \text{ mm}^2}$$

$$F_{S4} = 1,3 \cdot 2\,860 \cdot 0,8 \cdot 400 = 1\,189\,760 \text{ N} = \underline{1\,189,8 \text{ kN}}$$

Celková střížná síla

$$F_S = 2 \cdot F_{S1} + F_{S2} + 2 \cdot F_{S3} + F_{S4} = 2 \cdot 98,02 + 313,12 + 2 \cdot 155,67 + 1\,189,8 = \underline{2\,010,3 \text{ kN}}$$

2.5 Velikost střížné vůle pro plechy o tloušťce větší než 3 mm [4] [2]

Střížná vůle je rozdíl mezi skutečným rozměrem střížnice a střížníku. Velikost střížné vůle má velký význam zejména pro trvanlivost stříhadla. Střížná mezera musí být naprosto stejná a rovnoměrná na všech místech křivky stříhu. Její velikost je v první řadě závislá na druhu a tloušťce stříhaného materiálu. Zmenšováním střížné mezery se zvětšuje střížná síla a práce.

$$v = 2 \cdot m_s = (1,5 \cdot s \cdot c - 0,015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau s} \text{ [mm]}$$

c - (0,005 ÷ 0,035) je koeficient závislý na druhu stříhání. Sleduje-li se co nejlepší povrch stříhané plochy, volí se $c = 0,005$, a žádá-li se co nejmenší střížná síla, volí se $c = 0,035$.

- m_s - střižná mezera [mm]
 s - tloušťka stříhaného plechu [mm]
 τ_s - střižný odpor ($0,8 \div 0,86$) . R_m [MPa]

$$v = (1,5 \cdot 5 \cdot 0,01 - 0,015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{0,8 \cdot 400} \text{ [mm]}$$

$$v = \underline{0,34 \text{ mm}}$$

2.6 Výpočet střižné práce [2]

$$A_s = K \cdot F_s \cdot s \cdot 10^{-3} \text{ [J]}$$

- F_s - střižná síla [N]
 s - tloušťka stříhaného materiálu [mm]
 K - koeficient ($0,15 \div 0,7$) závislý na druhu a tloušťce materiálu. Pro ocel s $R_m = 350$ až 500 MPa a při tloušťce materiálu nad 4 mm je $K = 0,4 - 0,3$.

$$A_s = 0,35 \cdot 2\,010\,300 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$$

$$A_s = \underline{35\,180,3 \text{ J} = 35,2 \text{ kJ}}$$

2.7 Pevnostní výpočet funkčních částí střižných nástrojů [3]

2.7.1 Pevnostní výpočty pro střižník [3]

- Kontrola na namáhání tlakem

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S} \leq \sigma_{dov} \text{ [MPa]}$$

kde F_s – střižná síla [N]

S – plocha průřezu střižníku [mm^2]

σ_{dov} – dovolené namáhání materiálu střižníku na tlak [MPa]

Pro nástrojové materiály je $\sigma_{\text{dov}} = 1\,600 - 2\,000$ MPa.

Výpočet pro otvor $\varnothing 15$ mm:

$$\sigma_s = \frac{98\,009,6}{176,7} = \underline{554,7 \text{ MPa}}$$

$$554,7 \leq \sigma_{\text{dov}} \rightarrow \text{podmínka splněna}$$

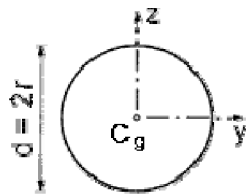
- Kontrola na vzpěr

$$l_{\text{krit}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E_p \cdot J_y}{F_s}} \quad [\text{mm}]$$

kde E_p – modul pružnosti v tahu [MPa]

$$E_p = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

J_y – moment setrvačnosti průřezu [mm^4]



$$\text{Jy pro kruhový průřez } J_y = J_z = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad [\text{mm}^4]$$

$$l_{\text{krit}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 15^4}{64}}{98\,009,6}} = \underline{229 \text{ mm}} \rightarrow \text{střižník by neměl být delší jak 229 mm}$$

2.7.2 Pevnostní výpočet střížnice [3]

- Výpočet ohybového napětí

$$H_{\min} = \sqrt{\frac{Fs}{\sigma_0}} \quad [\text{mm}]$$

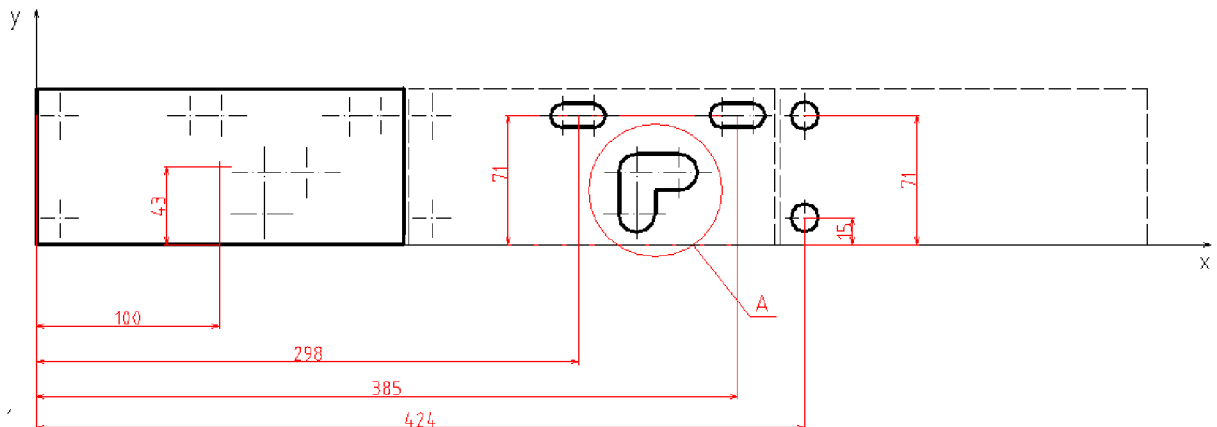
kde F_s - střížná síla [N]

σ_0 - namáhání v ohybu (pro ocel $\sigma_0 = 1200 \text{ MPa}$)

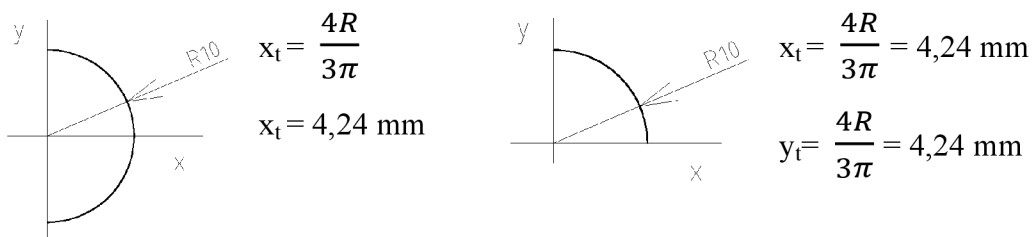
$$H_{\min} = \sqrt{\frac{2\,010\,300}{1200}} = \underline{40,93 \text{ mm}} \rightarrow \text{minimální tloušťka střížnice je volena } 41 \text{ mm}$$

2.8 Určení těžiště střížné síly [1]

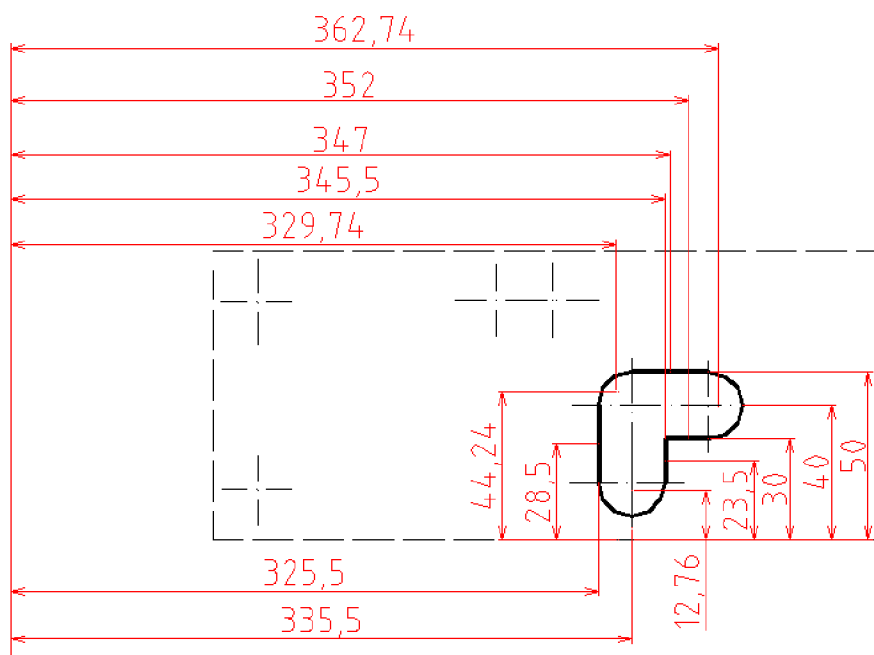
Stříhá-li se současně několika střížníky na lisu, musí výslednice střížných sil působit v ose lisu. Působíště výslednice zjistíme buď výpočtem, nebo graficky. Pro určení těžiště střížné síly volím početní metodu.



Obr. 2. 7. Těžiště střížné síly



Obr. 2. 8 Výpočet těžiště polokruhových tvarů



Obr. 2. 9 Výpočet těžiště detailu A

$$x = \frac{100 \cdot 572 + 298 \cdot 74,84 + 362,74 \cdot 31,42 + 352 \cdot 13 + 345,5 \cdot 13 + 335,5 \cdot 31,42 + 325,5 \cdot 23 + 329,74 \cdot 15,71 + 347 \cdot 23 + 385 \cdot 74,84 + 424 \cdot 47,12}{572 + 74,84 + 31,42 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + 23 \cdot 2 + 15,71 + 74,84 + 47,12}$$

x = 195,7 mm

$$y = \frac{43 \cdot 572 + 71 \cdot 74,84 + 40 \cdot 31,42 + 30 \cdot 13 + 23,5 \cdot 13 + 12,76 \cdot 31,42 + 28,5 \cdot 23 + 44,24 \cdot 15,71 + 50 \cdot 23 + 71 \cdot 47,12 + 15 \cdot 47,12}{572 + 74,84 + 31,42 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + 15,71 + 23 \cdot 2 + 47,12 + 47,12}$$

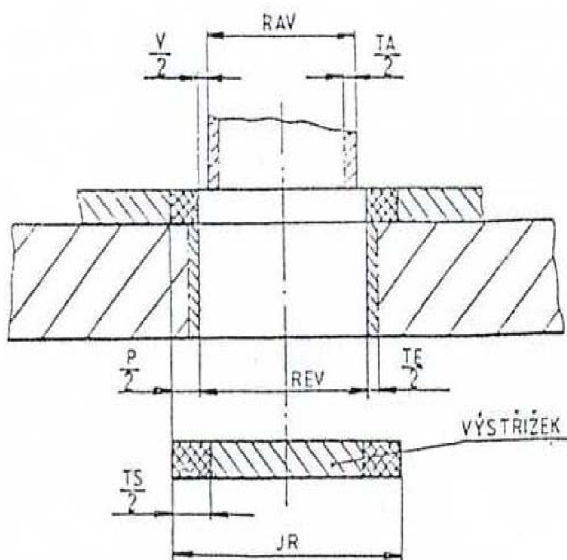
y = 43,5 mm

T = [195,7 ; 43,5]

2.9 Výpočet rozměrů střížníku a střížnice [2] [5]

Při oddělování materiálu se obě činné části nástroje (střížník a střížnice) opotřebovávají. Střížník se během stříhání zmenšuje a střížnice se zvětšuje. Pokud se střížnice opotřebovává mnohem víc než střížník, je nutno její rozměr zhotovit s větším přídatkem.

2.9.1 VYSTŘIHOVÁNÍ



RAV – rozměr střížníku při vystřihování

REV- rozměr střížnice při vystřihování

JR – jmenovitý rozměr součásti

TA – výrobní tolerance střížníku

V – střížná vůle

P – přípustná míra opotřebení

TE – výrobní tolerance střížnice

TS – tolerance jmenovitého rozměru

Obr. 2. 10. Vystřihování [5]

Jmenovitý rozměr střížnice

- rozměr 200 mm

$$REV = (JR - P) + TE = (200 - 0,41) + 0,16 = 199,59 \begin{matrix} +0,16 \\ 0 \end{matrix}$$

- rozměr 86 mm

$$REV = (JR - P) + TE = (86 - 0,25) + 0,1 = 85,75 \begin{matrix} +0,1 \\ 0 \end{matrix}$$

Jmenovitý rozměr střížníku

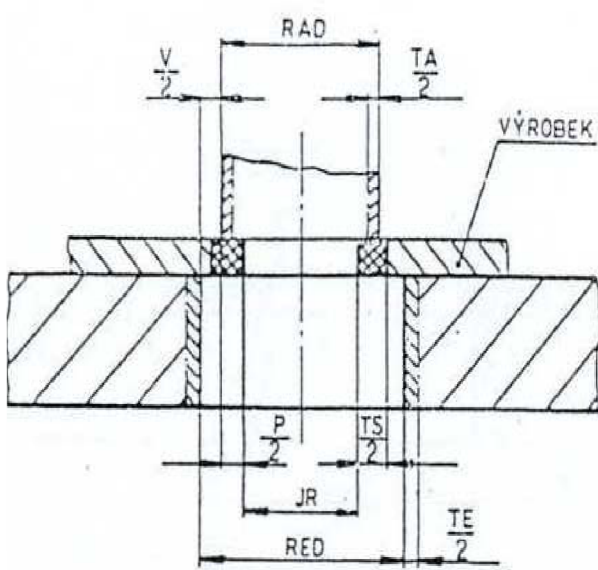
- rozměr 200 mm

$$RAV = (REV - V + TA) - TA = (199,59 - 0,34 + 0,1) - 0,1 = 199,35 \begin{matrix} 0 \\ -0,1 \end{matrix}$$

- rozměr 86 mm

$$RAV = (REV - V + TA) - TA = (85,75 - 0,34 + 0,062) - 0,062 = 85,472 \begin{matrix} 0 \\ -0,062 \end{matrix}$$

2.9.2 DĚROVÁNÍ



RED – rozměr střížnice při děrování

RAD – rozměr střížníku při děrování

TA – výrobní tolerance střížníku

V – střížná vůle

P – přípustná míra opotřebení

TS – tolerance jmenovitého rozměru

JR – jmenovitý rozměr součásti

TE – výrobní tolerance střížnice

Obr. 2. 11. Děrování [5]

Jmenovitý rozměr střížnice

- rozměr Ø15 mm

$$RED = (RAD + V - TE) + TE = (15,17 + 0,34 - 0,063) + 0,063 = 15,447^{+0,063}_0$$

- rozměr 30 mm

$$RED = (RAD + V - TE) + TE = (30,17 + 0,34 - 0,063) + 0,063 = 30,447^{+0,063}_0$$

- rozměr 13 mm

$$RED = (RAD + V - TE) + TE = (13,17 + 0,34 - 0,063) + 0,063 = 13,447^{+0,063}_0$$

- rozměr 20 mm

$$RED = (RAD + V - TE) + TE = (20,17 + 0,34 - 0,063) + 0,063 = 20,447^{+0,063}_0$$

- rozměr 43 mm

$$RED = (RAD + V - TE) + TE = (43,25 + 0,34 - 0,1) + 0,1 = 43,49^{+0,1}_0$$

Jmenovitý rozměr střížníku

- rozměr Ø15 mm

$$\text{RAD} = (\text{JR} + \text{P}) - \text{TA} = (15 + 0,17) - 0,04 = 15,17 - {}^0_{0,04}$$

- rozměr 30 mm

$$\text{RAD} = (\text{JR} + \text{P}) - \text{TA} = (30 + 0,17) - 0,04 = 30,17 - {}^0_{0,04}$$

- rozměr 13 mm

$$\text{RAD} = (\text{JR} + \text{P}) - \text{TA} = (13 + 0,17) - 0,04 = 13,17 - {}^0_{0,04}$$

- rozměr 20 mm

$$\text{RAD} = (\text{JR} + \text{P}) - \text{TA} = (20 + 0,17) - 0,04 = 20,17 - {}^0_{0,04}$$

- rozměr 43 mm

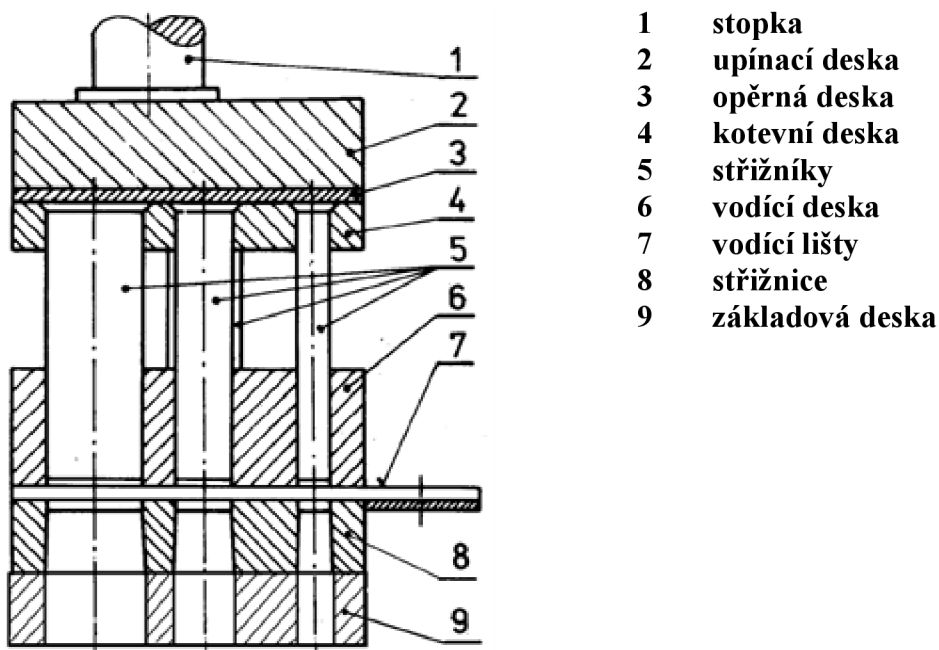
$$\text{RAD} = (\text{JR} + \text{P}) - \text{TA} = (43 + 0,25) - 0,062 = 43,25 - {}^0_{0,062}$$

3. Střížný nástroj [10]

Nástroj, který je určen ke stříhání součástí. Od stříhadel se vyžaduje, aby jimi zpracovávané součásti měly v místě stříhu ostré hrany, byly bez otřepů a přesné. Je také důležité, aby jejich konstrukční zpracování bylo co nejjednodušší, přitom dostatečně tuhé a funkčně nenáročné.

Střížníky by měly mít dlouhou dobu životnosti s možností snadného vyjmutí ze stříhadla. Také jejich opětné ustavení nemá činit potíže. Mimo to i ostření střížníku by mělo být snadné.

Stříhadla sestávají ze základové desky, v níž je upevněna dvojice vodících sloupků. Na vodících sloupcích je pomocí dvojice pouzder kluzně uložena kluzná deska, opatřená stopkou pro uchycení do beranu lisu. V základové desce a upínací desce je upevněn střížník. Ustavení jejich střížných hran je zajištěno dvojicí vodících sloupků a pouzder. Přidržení stříhaného pásu ve stříhadle bývá pouze jednostranné, a to na straně přiváděného materiálu.



Obr. 3.1 Stříhací nástroj [11]

3.1 Části stříhadla [3]

Stopka

Pro bezchybný chod nástroje je nutné stopku umístit do těžiště střížných sil.

Opěrná deska

Slouží k podepření střížníků, aby nedocházelo k jejich zamačkávání do upínací desky.

Kotevní deska

Slouží k ukotvení střížníků.

Střížník

Jsou to pracovní části nástroje různých tvarů. Upínají se do kotevní desky mnoha způsoby, např. roznýtováním, osazením.

Vodící deska

Slouží k vedení střížníků. Při zpětném pohybu beranu slouží i jako stírač výstřížků ze střížníků.

Vodící lišty

Slouží k vedení pásu materiálu prostorem pod střížníky. Jejich vzdálenost musí být volena tak, aby materiál mezi nimi volně procházel.

Střížnice

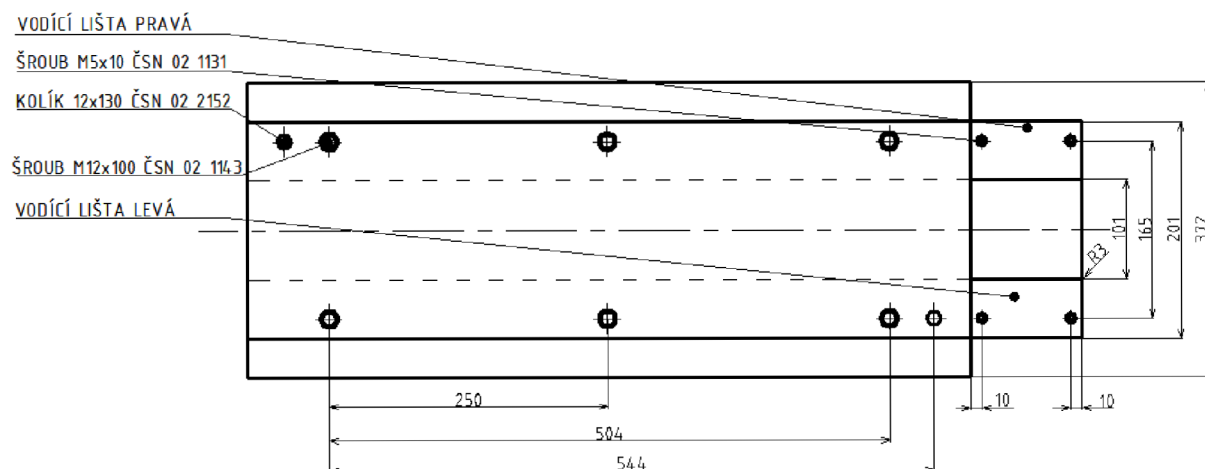
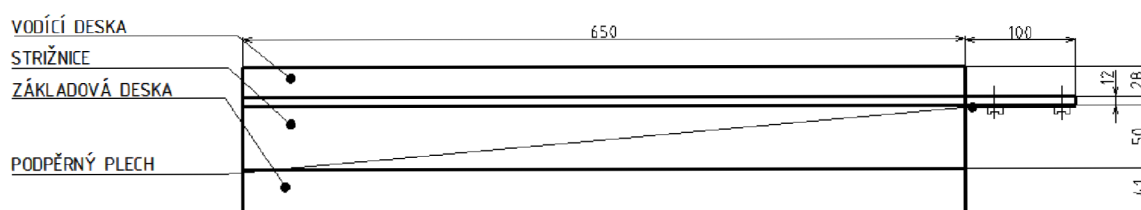
Je pracovním elementem stříhadla.

Základová deska

Slouží k upínání nástroje na stůl lisu.

3.2 Návrh střížné skříň [7] [9]

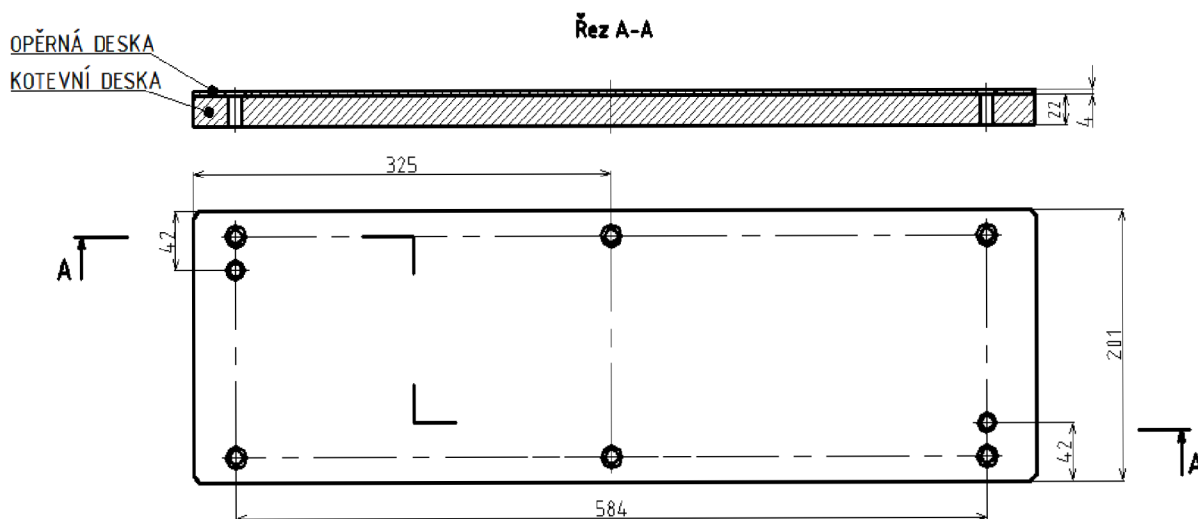
Střížná skříň 650 x 201



Obr. 3. 2. Střížná skříň 650 x 201

3.3 Návrh hlavice [8] [9]

Hlavice 650 x 201



Obr. 3. 3. Hlavice 650 x 201

3.4 Návrh tvářecího stroje

Na základě podmínky, že jmenovitá síla stroje musí být větší než vypočítaná celková sřizná síla, což je splněno, jsem zvolila od [14] výstředníkový lis typu S250.

Parametry stroje:

Jmenovitá tvářecí síla	2500 kN
Zdvih	30-200 mm
Sevření	600 mm
Počet zdvihů	50 mm ⁻¹
Počet využitelných zdvihů	30 mm ⁻¹
Rozměr stolu	1400 x 1000 mm

Rozměr beranu	1000 x 650 mm
Výška lisu	3815 mm
Výkon elektromotoru	18,5 kW
Systém řízení	SIEMENS - SIMATIC S 7
Mazací systém	DELIMON
Ovládání stroje	elektro hydraulické



Obr. 3. 4. Výstředníkový lis S250[14]

4. Ekonomické zhodnocení postupového stříhání

Přímý materiál [16]

Série – 150 000 ks/rok

Zmetkovitost 1% - skutečný počet výstřížků – 151 500 ks/rok

Počet tabulí – 1 667 ks

Cena jedné tabule plechu – 1 760 Kč

Využití tabule plechu – 77,4 %

Odpad – 22,6 %

Cena potřebného materiálu

$C_m = \text{počet tabulí} \cdot \text{cena jedné tabule plechu}$

$$C_m = 1\,667 \cdot 1\,760 = \underline{2\,933\,920 \text{ Kč}}$$

Cena materiálu na jeden kus

$C_k = C_m / \text{série}$

$$C_k = 2\,933\,920 / 150\,000 = 19,56 = \underline{19,6 \text{ Kč / ks}}$$

Cena využitého materiálu

$C_m \cdot \text{využití tabule plechu} / 100$

$$2\,933\,920 \cdot 77,4 / 100 = \underline{2\,270\,854,1 \text{ Kč}}$$

Cena odpadu

Cena potřebného materiálu – cena využitého materiálu

$$2\,933\,920 - 2\,270\,854,1 = \underline{663\,066 \text{ Kč}}$$

Přímé mzdy [16]

Počet využitelných zdvihů – 30 min^{-1}

Počet kusů za 1 minutu

$$30 \text{ min}^{-1} / 3 \text{ kroky} = 10 \text{ ks. min}^{-1}$$

Vyrobených kusů za 1 hodinu – 600 ks

Hodinová mzda – 180 Kč

Podíl mzdy na ceně výstřížku

Hodinová mzda / počet vyrobených kusů za 1 hodinu

$$180 / 600 = \underline{0,3 \text{ Kč}}$$

Přímé mzdy pro celou sérii

$P_m = \text{podíl mzdy na ceně výstřižku} \cdot \text{série}$

$$P_m = 0,3 \cdot 150\,000 = \underline{45\,000 \text{ Kč}}$$

Režie [16]

Firemní režie z přímých mezd – 250%

$$45\,000 \cdot 250/100 = \underline{112\,500 \text{ Kč}}$$

Sociální pojištění – 25%

Zdravotní pojištění - 9%

Sociální a zdravotní pojištění

$$25 + 9 = 34\%$$

$$34/100 \cdot 112\,500 = \underline{38\,250 \text{ Kč}}$$

Celková režie

$$R_c = 112\,500 + 38\,250 = \underline{150\,750 \text{ Kč}}$$

Režie na 1 výstřižek

$R_c / \text{série}$

$$150\,750 / 150\,000 = \underline{1,005 \text{ Kč}}$$

Celkové vlastní náklady na celou sérii

$$N_v = C_m + P_m + R_c$$

$$N_v = 2\,933\,920 + 45\,000 + 150\,750 = \underline{3\,129\,670 \text{ Kč}}$$

Celkové vlastní náklady na 1 výstřižek

$$N_{vk} = N_v / \text{série}$$

$$N_{vk} = 3\,129\,670 / 150\,000 = \underline{20,9 \text{ Kč}}$$

Zisk [16]

Zisk z celé série

$$Z = \frac{(R_c + P_m) \cdot \zeta}{100} = \frac{(150\,750 + 45\,000) \cdot 13}{100} = \underline{25\,447,5 \text{ Kč}}$$

ζ – rentabilita (10-15%)

Zisk z jednoho výstřížku

$$Z_k = Z / \text{série}$$

$$Z_k = 25\,447,5 / 150\,000 = \underline{0,17 \text{ Kč}}$$

Velkoobchodní cena [16]

Pro celou sérii

$$V_c = C_m + Z \cdot \left(\frac{\zeta}{100} + 1 \right)$$

$$V_c = 2\,933\,920 + 25\,447,5 \cdot \left(\frac{13}{100} + 1 \right) = \underline{2\,962\,675,7 \text{ Kč}}$$

ζ – rentabilita (10-15%)

Pro 1 kus

$$V_{cv} = V_c / \text{série}$$

$$V_{cv} = 2\,962\,675,7 / 150\,000 = \underline{19,75 \text{ Kč}}$$

Koeficient efektivity [16]

$$e = \frac{Nv}{N} = 3\,129\,670 / 3\,374\,670 = \underline{0,92}$$

Nv – celkové vlastní náklady na celou sérii [Kč]

N – celkové vlastní náklady na celou sérii zvětšeny o cenu nástroje [Kč]

$$N = 3\,129\,670 + 245\,000 = 3\,374\,670 \text{ Kč}$$

Cena nástroje je 245 000 Kč. Cenový odhad pro moji součást (šoupátko) stanovila firma AB NÁSTROJE, s. r. o. .

Návratnost nástroje [16]

$$T_s = \frac{1}{e} = 1/0,92 = \underline{1,09 \text{ rok}}$$

Návratnost investic je za 1,09 rok.

5. Tepelné dělení plazmovým obloukem

5.1 Definice plazmy [12] [13]

Speciální stav plynů označil za plazmu poprvé v roce 1923 francouzský fyzik I. Langmuir.

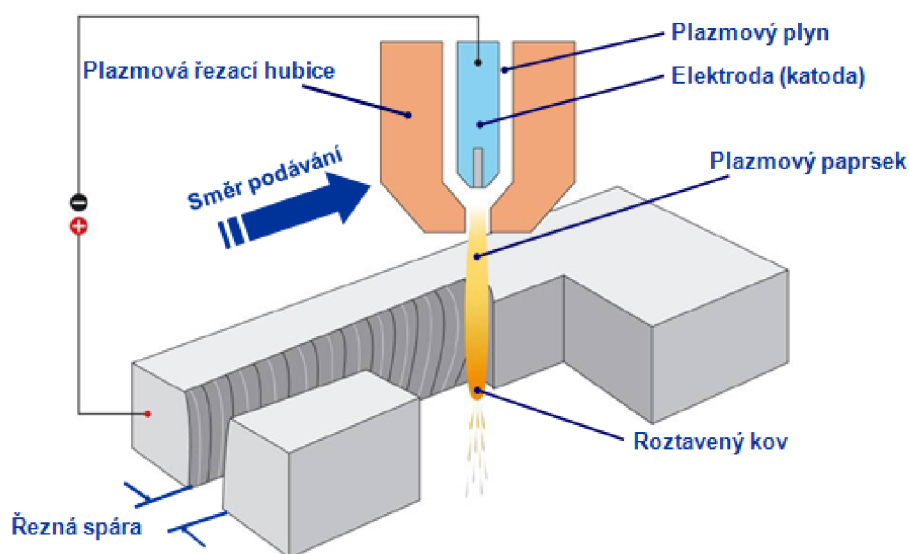
Plazma je elektricky vodivý plyn o vysoké teplotě, který je tvořen kladně nabitými jádry atomů (ionty) a záporně nabitými elektrony. Plazma je druhý nejvýkonnější zdroj pro řezání materiálu. Využívá elektrického výboje a proudícího plynu, který se ionizuje a vytváří tak čtvrtý skupenský stav. Plazma dosahuje vysoké teploty až $30 \cdot 10^3$ K. Přírozenou formou ohřátí plynu do plazmatického stavu je např. blesk, ve kterém je teplota až 30 000K.

5.2 Plazmový proces [12] [13]

Plazma je obvykle generována elektrickým výbojem mezi katodou a anodou. Je možné vyprodukovat plazmu i jiným způsobem, např. mikrovlnami. Nezbytnou podmínkou generování tepelného plazmatu je přítomnost média, které může být ionizováno. Většinou toto médium zprostředkovávají plyny, jako jsou např. kyslík, dusík, vodík, argon atd. Volba plazmového plynu se odvíjí od druhu řezaného materiálu. Nejčastěji se volí následující kombinace:

- konstrukční ocel- kyslík, vzduch
- vysoce legovaná ocel- argon/vodík, argon/ vodík/ dusík, vzduch, dusík
- lehké kovy – argon/ vodík, vzduch
- barevné kovy- argon/ vodík
- kompozitní materiály- argon/ vodík, argon/ vodík/ dusík, vzduch, kyslík.

Na kvalitu řezu a opotřebení spotřebních dílů plazmového hořáku má výrazný vliv čistota plazmového plynu. Za asistence elektrického výboje se ohřívá plyn na vysokou teplotu.



Obr. 5. 1 Princip plazmového řezání[15]

6. Firma R+W Ferra s.r.o. [16]

V této části bakalářské práce věnující se pálení plazmou spolupracuji s firmou R+W Ferra s.r.o sídlící v Brně. Společnost vznikla v roce 2007 jako společný projekt firem Wirpo s.r.o. a rapid trade, s.r.o. Tato nová společnost vyrábí tvarové výpalky a výpalky s úkosy z vlastního nebo i dodaného materiálu v jakostech konstrukční, vysokopevnostní, ořevzdorné a nerezové oceli na plazmovém stroji od firmy MICROSTEP s plazmovými zdroji od firmy KJELLBERG.

STROJNÍ VYBAVENÍ:

Vysoce precizní CNC zařízení od firmy MicroStep MG (obr.6. 1)

- plazmový zdroj Kjellberg Fine Focus 800 (obr.6. 3a) a Fine Focus 1600 (obr. 6. 3b)
- hořák 300 A s 3D rotátorem pro úhlové řezání a úkosy
- hořák 600 A pro výpalky z černého materiálu a nerezí až do tloušťky 120 mm
- dělicí řezy až do síly materiálu 150 mm
- tvarové řezání pod úhlem, řezání pro přípravu V, X a Y svarů, včetně pálení úkosů s fazetkou
- možnost pálení s předehřevem
- velmi dobrá kvalita řezu, ostré úhly a rohy, přesné zachování kontur řezaných dílů
- rozměr pálícího stolu 2,5x12 m



Obr. 6. 1. CNC zařízení MicroStep MG[16]

CNC plazmové zařízení MicroStep MG (obr. 6. 2a, obr. 6. 2b) se zdrojem Kjellberg Fine Focus 800 (obr. 6. 3a) a Fine Focus 1600 (obr. 6. 3b). [16]



Obr. 6. 2a [16]



Obr. 6. 2b[16]



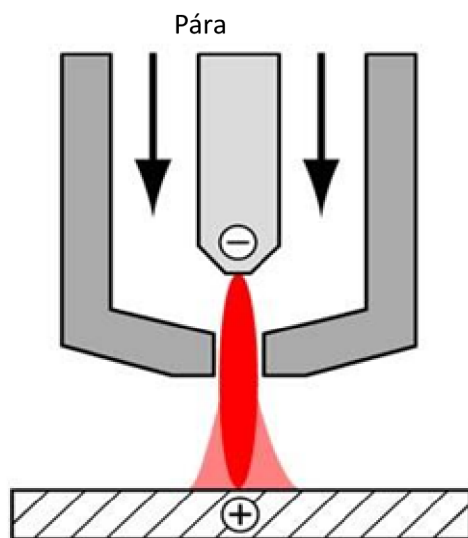
Obr. 6. 3a Zdroj Kjellberg Fine Focus 800



Obr. 6. 3b Zdroj Kjellberg Fine Focus 1600

Pro řezání černého materiálu do tloušťky 60 mm firma používá kyslíkovou plazmu. Pro všechny ostatní materiály, které mají tloušťku nad 60 mm, a pro nerezové materiály od tloušťky 3 mm do 120 mm používá plazmu, jejíž médium tvoří plyny argon a vodík.

Plazmové zařízení využívá přeneseného plazmového oblouku (obr. 6. 4), hlavní oblouk vzniká mezi elektrodou (-) a řezaným (základním) materiálem (+).



Obr. 6. 4 Přenesený (přímý) oblouk [15]

Kyslíková plazma [17] (obr. 6. 5) je velmi podobná vzduchové plazmě. Kyslík dává vysokou rychlost řezání, čisté řezy bez ulpívajících oxidů a jemnou strukturu povrchu.



Obr. 6. 5 Řezání přesnou kyslíkovou plazmou[17]

7. Ekonomické a technologické zhodnocení plazmy

a) Ekonomické zhodnocení [16] (viz. příloha č. 3)

Cena za metr řezu – 55 Kč / metr

Počet propalů – 6 ks

Cena za propal – 10 Kč

Cena za manipulaci – 300 Kč

Cena za tvorbu programu – 300 Kč

Cena za materiál – 19 Kč / kg

Cena za řez přímý – 57,75 Kč

Cena za propaly – 60 Kč

Cena za materiál – 16,15038

Cena celkem za kus = **133,90 Kč**

b) Technologické zhodnocení [16] (viz. příloha č. 4)

Rozměry polotovaru – 2 000 mm x 1 000 mm x 5 mm

Cena polotovaru – 1760 Kč

Počet výpalků na jedné tabuli plechu – 94 ks (viz. příloha č. 4)

Plocha jednoho kusu výpalku – 0,015 m²

Délka jednoho kusu výpalku – 1,05 m

Čas řezu – 25,3 s / ks

Čas přesunu – 11,9 s / ks

Využitelnost materiálu – 70,56 %

8. Závěr

Tato práce se zabývá porovnáním metod výroby šoupátka, které nebude použito v agresivním prostředí. V prvním případě se jedná o technologii výroby na postupovém stříhadle a v druhém případě o technologii plazmového řezání. Konečný produkt je vyráběn z plechu o tloušťce 5 mm a materiálu 11 373 v sériovosti 150 000 kusů za rok.

První metoda- postupové stříhání je výhodnější pro větší série. Velkoobchodní cena jednoho kusu součásti je 19,75 Kč. Velkoobchodní cena celé série je 2 962 675,70 Kč. Při stanovení vhodného stroje – výstředníkového lisu S250 pro postupové stříhání jsem se řídila pouze jmenovitou silou, kterou jsem vypočetla. Vhodnost stroje jsem nemohla kontrolovat i podle práce z důvodu špatné komunikace s firmou Šmeral Brno a.s., od které jsem stroj použila.

Druhá metoda se zabývá výrobou stejné součásti pomocí technologie plazmového řezání. Cena jednoho kusu dané součásti vypálené na plazmovém zařízení stojí 133,90 Kč. Čas potřebný k výrobě jednoho výpalku je 25,3 vteřin. V této technologii je součást vyráběna s toleranční třídou IT2 (viz příloha č. 2 - Mezní úchytky jmenovitých rozměrů, toleranční třída 2) a to z toho důvodu, že firma R+W Ferra s.r.o, se kterou spolupracuji v této práci vlastní velice výkonné plazmové zařízení, které není vhodné k pálení malých součástí jako v mém případě. Z toho vyplývá, že je nutností použít dokončovaci operaci pro funkční plochy a proto je tahle metoda výroby vhodná jen pro menší počet kusů.

Z předchozího shrnutí je zjevné, že výroba na postupovém nástroji bude ekonomicky výhodnější. Cenové odhady pro moji součást stanovily firmy R+W Ferra s.r.o a firma AB NÁSTROJE, s. r. o. .

Seznam použitých zdrojů

- [1] NOVOTNÝ, Josef, LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1980. 216 s.
- [2] BAREŠ, Karel, et al. *Lisování*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1971. 544 s.
- [3] NOVOTNÝ, Karel. *Nástroje a přípravky : část 1- tváření*. 1. vyd. Brno : SNTL, 1982. 179 s.
- [4] DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření : Plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno : PC-DIR Real, s.r.o, 1999. 169 s. ISBN 80-214-1481-2.
- [5] *ČSN 20 6015: Stříhadla a střížná vůle*. Praha 10- Hostivař : ÚNM, 1977. 25 s.
- [6] *ČSN EN ISO 9013 : Tepelné dělení-Klasifikace tepelných řezů-geometrické požadavky na výrobky a úchytky jakosti řezu*. [s.l.] : Český normalizační institut, 2002. 31 s.
- [7] *ČSN 22 6273 : Střížné skříně*. Praha : Český normalizační institut, 1970. 4 s.
- [8] *ČSN 22 6285 : Hlavice pravoúhlé k vodícím stojánkům*. Praha 10- Hostivař : ÚNM, 1969. 4 s.
- [9] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 2. dopl. vyd. Praha : ALBRA, 2005. 907 s. ISBN 80-7361-011-6.
- [10] KUČERA, František. *Stříhadlo, zejména pro dělení pásů*. Brno : Úřad pro vynálezy a objevy, 1977.
- [11] FOREJT, Milan. *Ročníkový projekt I*. Brno : [s.n.], 2002. 75 s. Dostupný z WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory.htm>>.
- [12] HEINRICH, Michal. Plazmové řezání. *Svět svaru* [online]. 2006, roč. 10, č. 3, s. 18-19. Dostupný z WWW: <www.svetsvaru.cz>.
- [13] JANATA, Marek. Technické plyny pro řezání plazmou : Co je to plazma?. *Svět svaru* [online]. 2007, s. 12-13. Dostupný z WWW: <www.svetsvaru.cz>.
- [14] *Šmeral Brno a.s.* [online]. Dostupný z WWW: <www.smeral.cz>.
- [15] *Fronius Česká republika s. r. o.* [online]. 2008-2009. Dostupný z WWW: <www.fronius.cz>.
- [16] *R+W Ferra s.r.o.* [online]. Dostupný z WWW: <www.rwferra.cz>.
- [17] KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie 2- část svařování : Speciální metody tavného svařování, tlakové svařování*. Brno : [s.n.], 2006. 69 s. Syllabus přednášek.

Seznam použitých symbolů a zkratk

A	/mm/	šířka tabule plechu
A_s	/J/	střížná práce
B	/mm/	délka tabule plechu
c	/-/	koeficient závislý na druhu stříhání
C_k	/Kč/ks /	cena materiálu na jeden kus
C_m	/Kč/	cena potřebného materiálu
e	/-/	koeficient efektivnosti
E_4	/mm/	velikost můstku
E_p	/Mpa/	modul pružnosti v tahu
$F_4/2$	/mm/	velikost okraje
F_s	/N/	střížná síla
HB	/-/	tvrdost
H_{min}	/mm/	minimální tloušťka střížnice
JR	/mm/	jmenovitý rozměr součásti
J_y	/mm ⁴ /	moment setrvačnosti průřezu
K	/-/	koeficient závislý na druhu a tloušťce materiálu
k	/mm/	krok
l	/mm/	délka stříhu
l_{krit}	/mm/	kritická délka střížníku
M	/kg/	hmotnost skutečné spotřeby materiálu
m	/kg/	hmotnost tabule plechu
M_o	/kg/	celková hmotnost odpadu
m_o	/kg/	hmotnost odpadu z jedné tabule plechu
N	/Kč/	celkové vlastní náklady pro celou sérii zvětšeny o cenu nástroje
n_p	/ks/	počet kusů výstřížku z pásu plechu
n_t	/ks/	počet kusů výstřížku z tabule plechu
n_{tab}	/ks/	počet tabulí na sérii
N_v	/Kč/	celkové vlastní náklady na celou sérii
N_{vk}	/Kč/	celkové vlastní náklady na 1 výstřížek
p	/ks/	počet pásů z tabule
P	/mm/	přípustná míra opotřebení
P_m	/Kč/	přímé mzdy pro celou sérii
RAD	/mm/	rozměr střížníku při děrování
RAV	/mm/	rozměr střížníku při vystřihování
R_c	/Kč/	celková režie
RED	/mm/	rozměr střížnice při děrování
REV	/mm/	rozměr střížnice při vystřihování
Rm	/MPa/	pevnost
S	/mm ² /	obvodová plocha
s	/mm/	tloušťka stříhaného materiálu
š	/mm/	šířka pásu plechu
T	/mm/	hodnota těžiště
t	/mm/	tloušťka materiálu
TA	/mm/	výrobní tolerance střížníku
TE	/mm/	výrobní tolerance střížnice

T_s	/rok/	návratnost stroje
TS	/mm/	tolerance jmenovitého rozměru
V	/mm ³ /	objem tabule plechu
v	/mm/	střížná vůle
V_c	/Kč/	velkoobchodní cena pro celou sérii
V_{cv}	/Kč/	velkoobchodní cena pro 1 kus
x_t	/mm/	x-ová souřadnice těžiště
y_t	/mm/	y-ová souřadnice těžiště
Z	/Kč/	zisk z celé série
Z_k	/Kč/	zisk u 1 výstřížku
π	/-/	koeficient
ζ	/kg . m ⁻³ /	hustota železa
ζ	/%/	rentabilita
σ_{dov}	/MPa/	dovolené namáhání na tlak
σ_o	/MPa/	namáhání v ohybu
σ_s	/MPa/	namáhání tlakem
τ_s	/MPa/	střížný odpor

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Určení okraje a můstku. [11]

Příloha č. 2 - Mezní úchytky jmenovitých rozměrů, toleranční třída 2. [6]

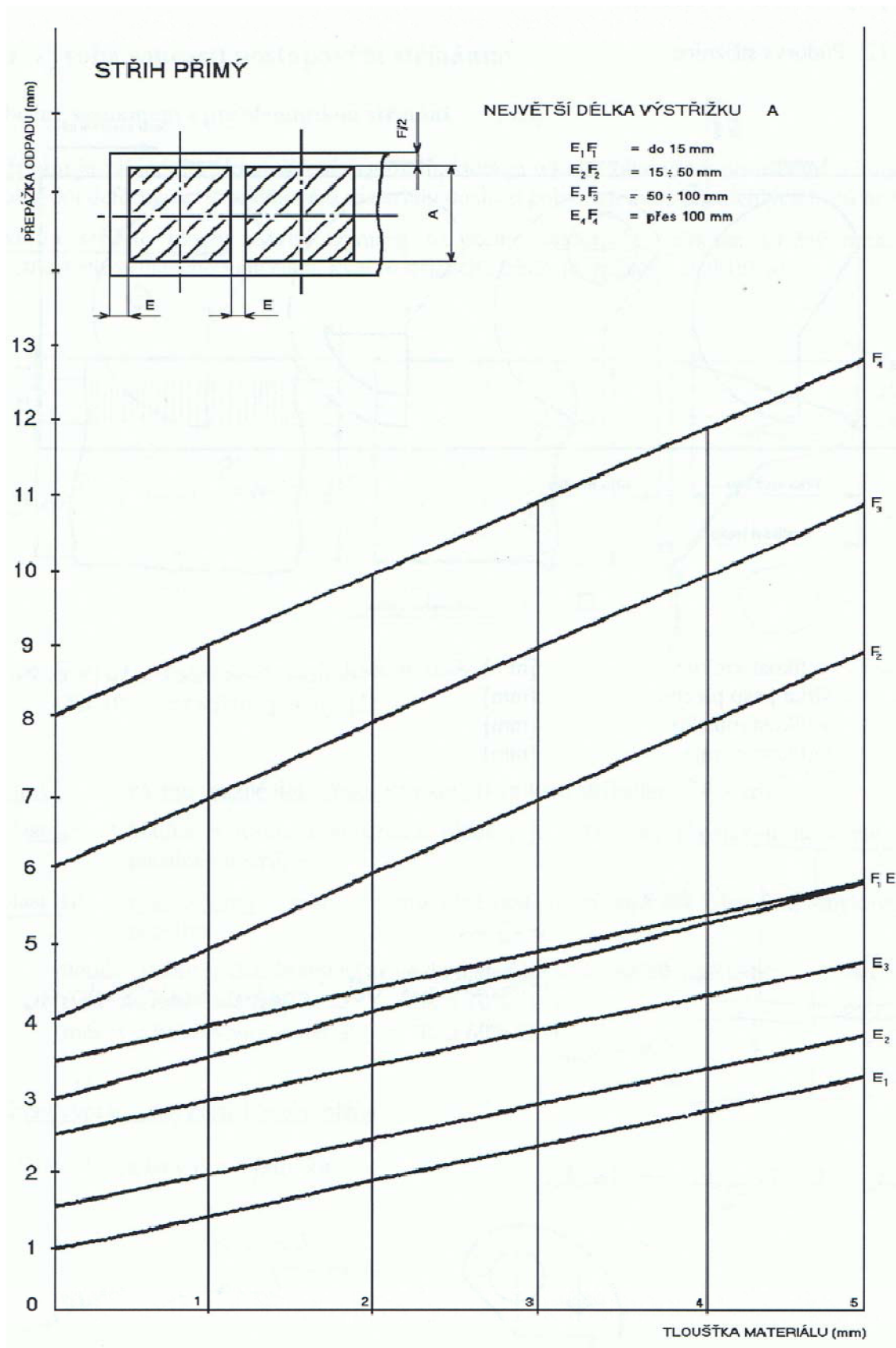
Příloha č. 3 - Ekonomické zhodnocení řezání na plazmovém CNC zařízení MicroStep
MG. [16]

Příloha č. 4 - Technologické zhodnocení řezání na plazmovém CNC zařízení MicroStep
MG. [16]

Příloha č. 5 - Pálicí plán plazmového zařízení. [16]

Příloha č. 6 – Výkresová dokumentace postupového střížného nástroje a jeho částí.

Příloha č. 1 – Určení okraje a můstku. [11]



Příloha č. 2 - Mezní úchytky jmenovitých rozměrů, toleranční třída 2. [6]

Rozměry v mm

Tloušťka řezaného materiálu	Jmenovité rozměry							
	> 0 < 3	≥ 3 < 10	≥ 10 < 35	≥ 35 < 125	≥ 125 < 315	≥ 315 < 1000	≥ 1000 < 2000	≥ 2000 < 4000
Mezní úchytky								
> 0 ≤ 1	± 0,1	± 0,3	± 0,4	± 0,5	± 0,7	± 0,8	± 0,9	± 0,9
> 1 ≤ 3,15	± 0,2	± 0,4	± 0,5	± 0,7	± 0,8	± 0,9	± 1	± 1,1
> 3,15 ≤ 6,3	± 0,5	± 0,7	± 0,8	± 0,9	± 1,1	± 1,2	± 1,3	± 1,3
> 6,3 ≤ 10	-	± 1	± 1,1	± 1,3	± 1,4	± 1,5	± 1,6	± 1,7
≥ 10 ≤ 50	-	± 1,8	± 1,8	± 1,8	± 1,9	± 2,3	± 3	± 4,2
> 50 ≤ 100	-	-	± 2,5	± 2,5	± 2,6	± 3	± 3,7	± 4,9
> 100 ≤ 150	-	-	± 3,2	± 3,3	± 3,4	± 3,7	± 4,4	± 5,7
> 150 ≤ 200	-	-	± 4	± 4	± 4,1	± 4,5	± 5,2	± 6,4
> 200 ≤ 250	-	-	-	-	-	± 5,2	± 5,9	± 7,2
> 250 ≤ 300	-	-	-	-	-	± 6	± 6,7	± 7,9

Výpalky - cenová nabídka

Zákazník: Kohoutová

Poptávka č.: 0

Objed. č.: 0

Materiál - plech P= 5mm

Jakost mat.: S235J2

Výkres č. / polotovar: v.č. deska

L [m]	Kč/m	Propal [ks]	Kč/propal	Man.[hod./ks]	Kč/hod	Program [m]	Kč/hod	Materiál [kg]	Odpad [%]	Materiál [kg]	Kč/kg
délka přímého řezu	cena za metr řezu	počet propalů	cena za propal	doba na manipulaci	cena za manipulaci	doba na tvorbu programu	cena za tvorbu programu	čistá hmotnost výpalku	zbytek materiálu po výpalku	spotřeba mat. na výpalek	cena za materiál
1,05	55	6	10	0	300	0	300	0,6	41,67	0,85002	19

délka úhlového řezu	cena za metr řezu	počet propalů

Za řez přímý	57,75
Za řez úhlový	0
Za propaly	60
Za manipulaci	0
Za tvorbu programu	0
Za materiál	16,15038

Cena celkem za kus [Kč/ks]	133,9004
----------------------------	----------

Počet kusů výpalku [ks]	1
Cena celková [Kč]	133,90038

Příloha č. 5 – Pálící plán součásti na plazmovém zařízení. [16]

