



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

PAVEL FABÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JINDŘICH ŠPAČEK, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Pavel Fabík

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 2008/2009.

V Brně, dne 22.10.2008

L.S.

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

FABÍK Pavel: Návrh variant výroby ploché součásti z plechu s otvory

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru B2307-00, předkládá návrh technologie výroby součásti z plechu s otvory – dílce z ocelového plechu 11 320.1 (zadaného firmou INGE Opava). Na základě literární studie problematiky výroby této součásti byly navrženy a porovnány dva způsoby výroby. Stříhání na sloučeném stříhadle uchyceném v hydraulickém dvoustojanovém lisu značky Tleff (navržený firmou KIT Invest Trading s.r.o. pro dané stříhadlo) s lisovací silou 4000 kN. Střížník a střížnice jsou vyrobeny z materiálu 19 312 (navržených firmou Brano a.s.). Laserové řezání probíhá na stroji AMAD FO-3015 (ve firmě Dendera a.s.).

Klíčová slova: stříhání, laser, střížný nástroj

ABSTRACT

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

The project elaborated in frame of bachelor's study branch B2307-00 submits a design of technology components from sheet metal with holes - parts of steel 11 320.1 (specified by INGE Opava). On the basis of literary study problems of production of the components were designed and compared two methods of production. Cutting on the combined cutter attached to the double-stand hydraulic press type Tleff (designed by KIT Invest Ltd. for the Trading) with 4000 kN pressing power. The cut parts of cutting tool are made of material 19 312 (as designed by Brano). Laser cutting is done on a machine AMADO FO-3015 (in the company Dender).

Key words: cutting, laser, cutting tool

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FABÍK Pavel: *Návrh variant výroby ploché součásti z plechu s otvory*. Brno, 2009. 39 s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Jindřich Špaček, CSc.
Dostupný z WWW: <ust.fme.vutbr.cz/tvareni/publikace>.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 29. 5. 2009

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu doc. Ing. Jindřichu Špačkovi, CSc. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Panu RNDr. Liboru Mrňovi, Ph.D. za odbornou pomoc s laserovou technologií a panu Ing. Ladislavu Žákovi, Ph.D. za pomoc při návrhu střížného nástroje.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

1	ÚVOD	- 9 -
2	SPOLUPRÁCE FIREM	- 10 -
2.1	INGE OPAVA, SPOL. S R.O.	- 10 -
2.2	DENDERA A.S.	- 10 -
2.3	BRANO GROUP, A.S.	- 10 -
3	VÝROBA SOUČÁSTI STŘÍHÁNÍM	- 11 -
3.1	STŘÍHÁNÍ ZADANÉ SOUČÁSTI	- 11 -
3.1.1	<i>Zadaná součást</i>	- 11 -
3.1.2	<i>Varianty nástřihového plánu</i>	- 12 -
3.1.3	<i>Ekonomické využití plechu</i>	- 16 -
3.1.4	<i>Technologické výpočty</i>	- 18 -
3.1.4.1	Střižná síla.....	- 18 -
3.1.4.2	Střižná práce	- 19 -
3.1.4.3	Střižná vůle	- 19 -
3.1.4.4	Těžiště tělesa.....	- 20 -
3.1.4.5	Tolerance střižníků a střižnice:	- 21 -
3.1.5	<i>Funkce a volba stříhadla</i>	- 23 -
3.1.5.1	Volba stříhadla.....	- 23 -
3.1.5.2	Popis funkce stříhadla.....	- 25 -
3.1.6	<i>Volba stroje pro stříhadlo</i>	- 26 -
4	VÝROBA SOUČÁSTI LASEREM	- 26 -
4.1	LASEROVÉ TECHNOLOGIE ŘEZÁNÍ.....	- 26 -
4.1.1	<i>Laser</i>	- 26 -
4.1.2	<i>Druhy řezání laserem</i>	- 27 -
4.2	ŘEZÁNÍ ZADANÉ SOUČÁSTI	- 27 -
4.2.1	<i>Rozložení součásti na plechu</i>	- 29 -
4.2.2	<i>Ekonomické využití plechu</i>	- 30 -
5	CELKOVÉ EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	- 32 -
5.1	MOŽNOSTI ZHODNOCENÍ:.....	- 32 -
6	ZÁVĚR	- 35 -

Seznam literatury

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam příloh

1 Úvod

Pro splnění úkolů strojírenské výroby je nezbytné zavádět do výroby nové progresivní metody, zejména v oblasti tváření. Z tohoto důvodu se tato závěrečná práce zaměřuje především na technologie, které jsou vhodné pro středněsériové zpracování plechu a porovnání variant různých zpracování součásti z plechu s otvory. V této práci se jedná o součást těla svítidla. Práce je rozdělena do několika částí.

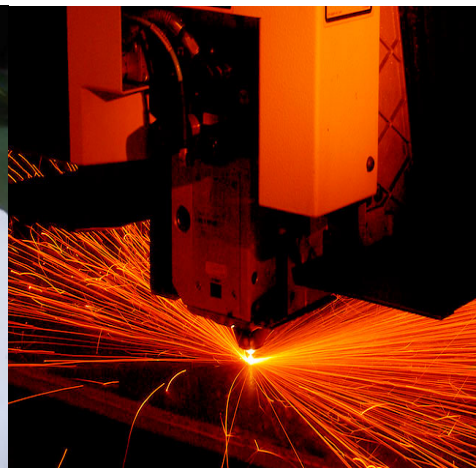
První část je zaměřena na technologii stříhání (vystřihování a děrování) součásti z plechu. Plošné stříhání je nejčastěji se vyskytující forma plošného tváření ve velkosériové a středněsériové výrobě. Jejím úkolem je rychlost a efektivnost výroby.

Druhá část se zaměřuje na metodu řezání (pálení) součásti z plechu laserem. Laser je velmi moderní metoda výroby součásti z plechu, která je částečně automatizovaná a značně přesná.

V třetí části se tyto dvě metody výroby součásti z plechu porovnávají jak technicky, tak ekonomicky a zhodnocuje se, která z těchto metod je pro tuto součást efektivnější.



Obr. 1 Střížný nástroj [5]



Obr. 2 Laser [5]

2 Spolupráce firem

2.1 INGE Opava, spol. s r.o. [6]

Společnost INGE Opava, spol. s r.o. je českým výrobcem zejména technického osvětlení. Specializuje se na výrobu zářivkových osvětlovacích systémů pro profesionální použití. Vyrábí svítidla pro osvětlování kanceláří, škol, nemocnic, církevních objektů, hotelů, supermarketů a dalších veřejných prostor a průmyslových provozů.

Spolupracuje s architekty, projektanty, obchodními a montážními firmami s cílem vyvinout, vyrobit a dodat osvětlovací soustavy dle požadavků a potřeb zákazníků. Mezi hlavní obchodní partnery patří obchodní a projekční firmy nejen v Čechách, ale i na Slovensku, v Rusku, Polsku, Německu, Francii a Anglii. Vyrábí však svítidla i pro zákazníky v jiných zemích, nejen v Evropě.

Firmou INGE Opava byl zadán výstřížek z plechu, který tvoří tělo světla typu VMR. Ve firmě je vyráběna na CNC vysekávacím zařízení. Výsledek bakalářské práce použijí pro porovnání cen a technologie se stávající.

2.2 DENDERA a.s. [7]

Firma Dendera a.s. vznikla v roce 2004 jako česká akciová společnost s cílem uspokojovat potřeby především menších zákazníků v oblasti výroby komponentů z plechu.

Využívá řezání laserem a CNC-ohýbání a doplňuje dalšími následnými technologiemi, jako vrtáním, vyhrubováním, vystružováním, zahlubováním děr a výrobou závitů. Dále byl sortiment služeb rozšířen o technologie frézování a soustružení. Pro komplexní zhotovení zakázek dle požadavků zákazníků byla vybudována pracoviště pro svařování pod ochrannou atmosférou a dále v případě požadavku na finální úpravu povrchu dílů je zajištěno zinkování nebo práškové lakování. Poslední technologickou novinkou je robotizované ohýbání dílů z tenkých plechů, které přesně bezobslužně a tedy s nízkými náklady, ohýbá především složité dílce v sérii od 25 ks.

Ve Firmě Dendera a.s. byla součást vypálena laserem. Také zde byla poskytnuta pomoc se zjišťováním technických a ekonomických požadavků na řezání laserem.

2.3 Brano Group, a.s. [8]

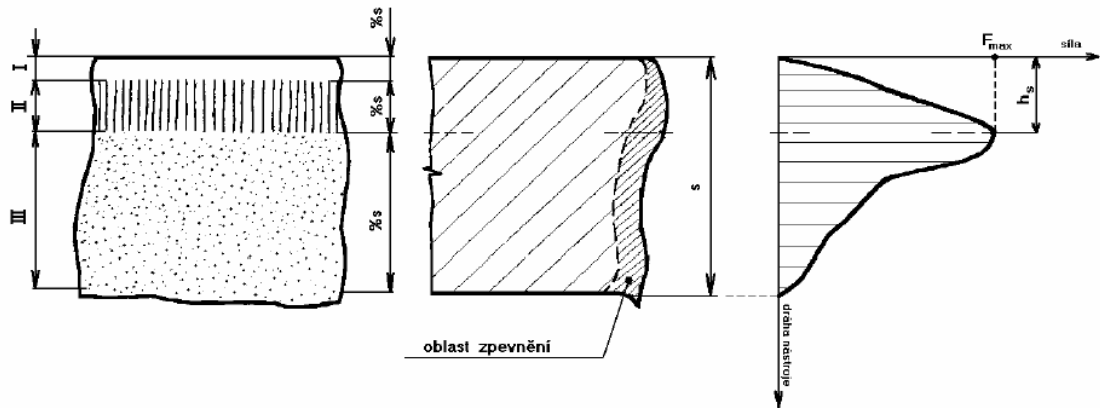
Firma BRANO se sídlem V Hradci nad Moravicí se zabývá výrobou součástí pro: dveřní systémy, užitkové vozy, zvedáky a zavírače.

V této firmě byly získány informace na konstrukci postupového stříhadla s odhadem cen střížné skříně a cenou výstřížku.

3 Výroba součásti stříháním [4]

Stříhání je základní operací dělení materiálu, která je u kovů zakončena porušením lomem v ohnisku deformace. K oddělování materiálu dochází pohybem dvou protilehlých břitů nože.⁴

Kvalita střížné plochy závisí zejména na těchto faktorech: velikosti střížné mezery, vlastnostech stříhaného materiálu, kvalitě střížného nástroje a způsobu stříhání⁴



Obr. 3 Tvar střížné plochy [4]

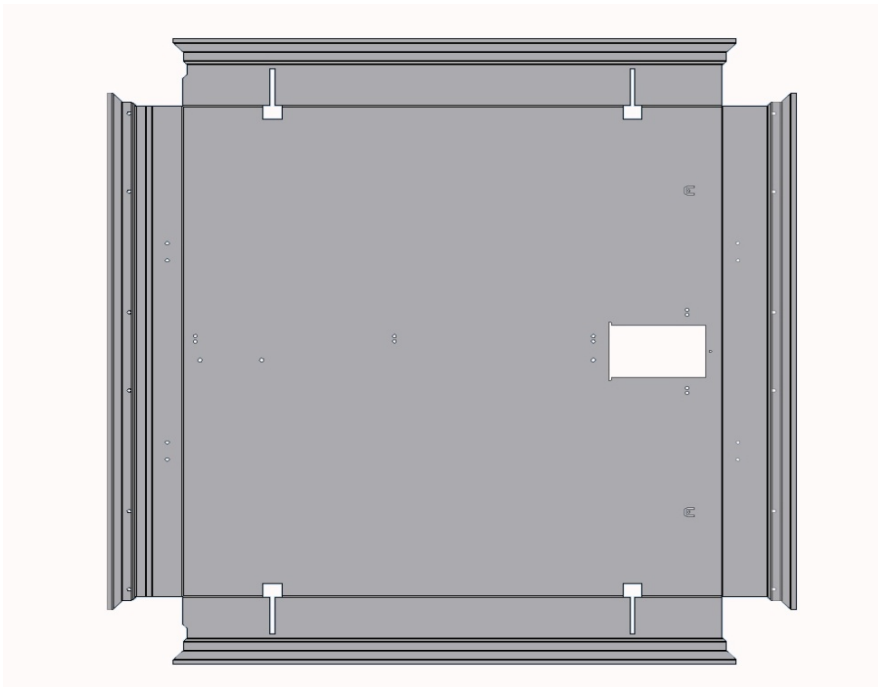
3.1 Stříhání zadané součásti [1] [2] [3] [4] [5] [6] [10] [11] [15] [16] [17]

3.1.1 Zadaná součást

Součást byla zadána firmou INGE Opava. Jedná se o tělo svítidla VMR, které se kromě stříhání také následně ohýbá. Proto jsou kladeny požadavky na přesnost. Přesnost ve firmě je nastavena normou pro všeobecné tolerance ČSN ISO 2768-m [9]. Vyrábí se přibližně 10 000 - 50 000 ks za rok, proto uvádím všechny výpočty pro nejmenší možný počet kusů za rok a pro nejvyšší možný počet kusů za rok. Výroba není dělena na čtvrtletní. Počítá se s ní jako s jednorázovou.



Obr. 4 Světlo VMR firmy INGE Opava [6]

**Obr. 5 Výstřižek**

Výkres součásti výstřižku viz příloha.

Součást je z materiálu 11 320.1 – Ocel obvyklých jakostí, vhodná ke tváření, žíhaná pro zlepšení mechanických vlastností.

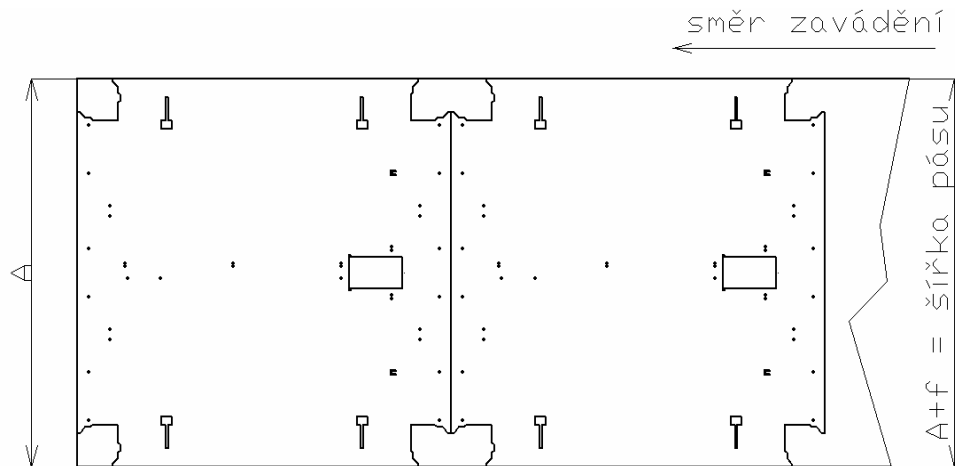
Vlastnosti materiálu: Rm 350 Mpa [10]
to 0,6 mm
Re (min.) 250 Mpa
m 0,339 Kg
Sv 0,5 m²

3.1.2 Varianty nástřihového plánu

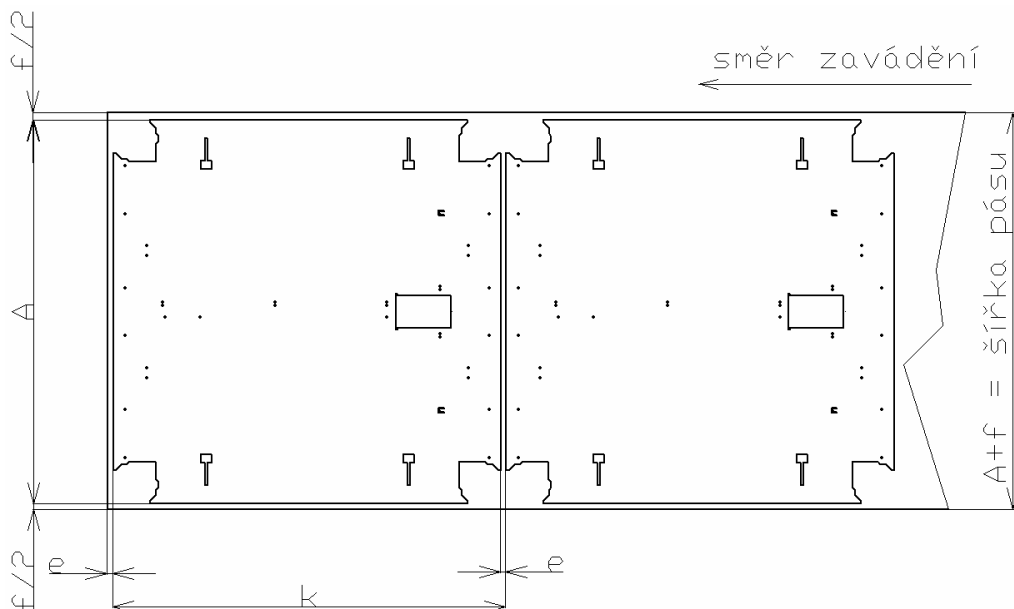
Stříháním se vyrábějí součásti buď přímo z pásů, ze svitků, nebo přístřihů z tabulí plechů. Při stříhání je velmi důležité výstřižky rozmístit na pásu plechu tak, aby odpad byl co nejmenší. Rozmístění výstřižků na pásu plechu je potom označováno jako nástřihový plán. Odpad (ať už technologický nebo konstrukční) je nedílnou součástí technologie stříhání, která patří mezi hromadné výrobní procesy, proto se musí rozmístění výrobků věnovat velká pozornost. Materiál tvoří zhruba 60 až 75 % celkových nákladů. Volba nástřihového plánu závisí na tvaru a konstrukci výrobku, na dodržování zásad konstrukce, na minimálních vzdálenostech mezi výrobky a od okraje pásu.

1. Varianta:

Bez můstků a okrajů. Díry a součást se vystřihnou na jeden zdvih najednou. Střížník má tvar součásti i děr. Střih součásti na 1 operaci.

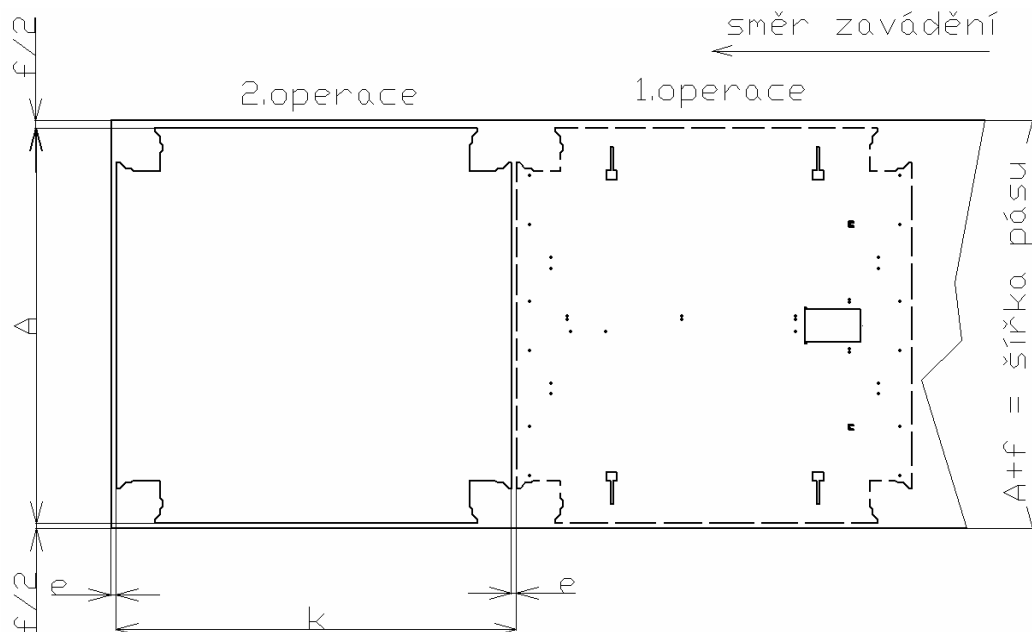
**Obr. 6 Varianta 1. nástřihového plánu****2. Varianta:**

S můstkem a okraji. Díry a součást se vystřihnou na jeden zdvih jedním střížníkem. Střížník má tvar součásti i děr. Střih součásti na 1 operaci.

**Obr. 7 Varianta 2. nástřihového plánu**

3. Varianta:

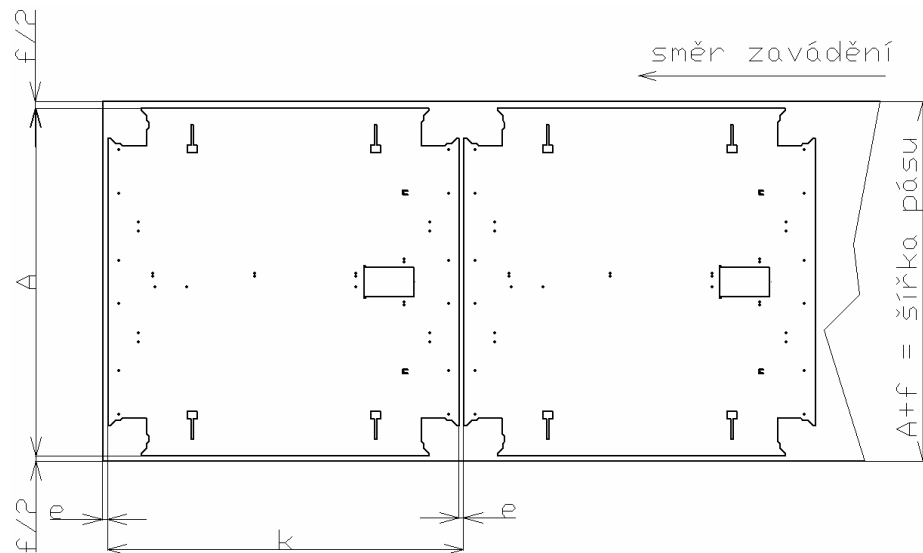
S můstkem a okraji. Díry a součást se vystříhnou na jeden zdvih jedním střížníkem. První část střížníku má tvar děr a druhá obrysu součásti. Střih na dvě po sobě jdoucí operace.



Obr. 8 Varianta 3. nástřihového plánu

Zvolená varianta nástřihového plánu:

Volím nástřihový plán varianty dvě s přístřihem, protože je neekonomičtější a její přesnost je vyšší než u jiných variant. Varianta jedna se nemůže použít, jelikož obvodové hrany jsou funkční a je kladen důraz na jejich přesnost. Varianta tři je značně neekonomická. Byla by významně nákladnější, co se týče výroby (střížná skříň) a volby stroje (obrovské předimenzování síly a obrovská potřebná úložná plocha). Také je možnost nezobrazených nástřihových plánů kde by součást byla potočena o 90° či 45° nebo střížena na dvou strojích či z přístřihů. Tyto varianty jsou ovšem buď nepřesné (přístřihy), nebo velmi neekonomické (potočené, na dvou strojích), a proto nebyly uvedeny ani zakresleny.



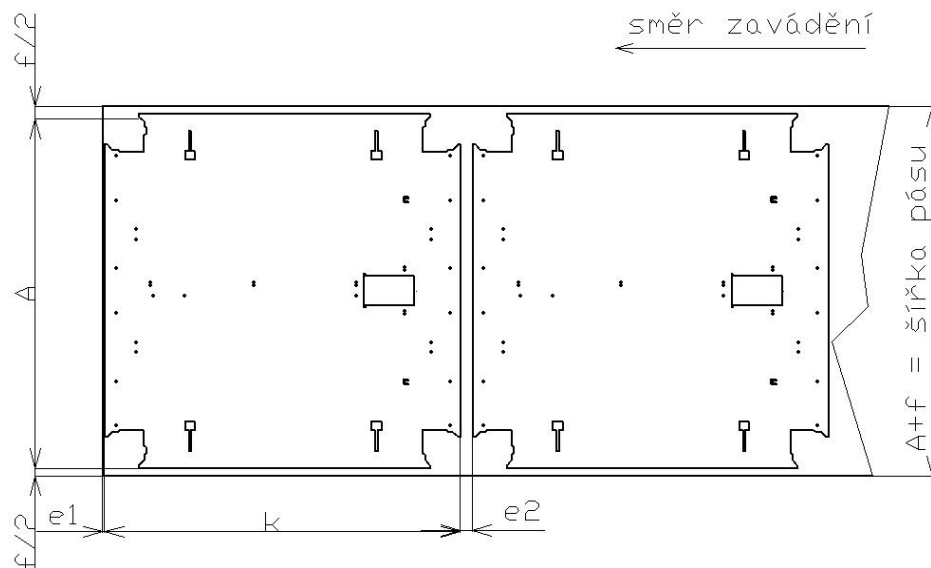
Obr. 9 Zvolená varianta nástřihového plánu

Přepážka odpadu: $f = 8,5 \text{ mm} - f/2 = 4,25 \text{ mm}$ [11]

Mezera (můstek): $e = 3,5 \text{ mm}$ [11]

Krok nástroje: $k = 727,69 \text{ mm}$ [11]

Vybraná varianta musela být poupravena z důvodu návrhu řešení střížníku a střížnice jako sloučeného stříhadla. Odpad materiálu je stejný, jen je rozmístěn jiným způsobem viz Obr. 10. Na něm je vidět zvětšení můstků a to až o 20 mm (nemá vliv na odpad). Z konstrukčního hlediska se nedají vyrobit tři díry $\text{Ø } 2,5 \text{ mm}$ pro jejich umístění. Tyto díry se musejí po operaci vrtat. Nejlépe přípravkem a několik součástí najednou.



Obr. 10 Konstrukčně upravená zvolená varianta nástřihového plánu

Přepážka odpadu: $f = 8,5 \text{ mm} - f/2 = 4,25 \text{ mm}$ [11]

Mezera (můstek) okraje: $e1 = 3,5 \text{ mm}$ [11]

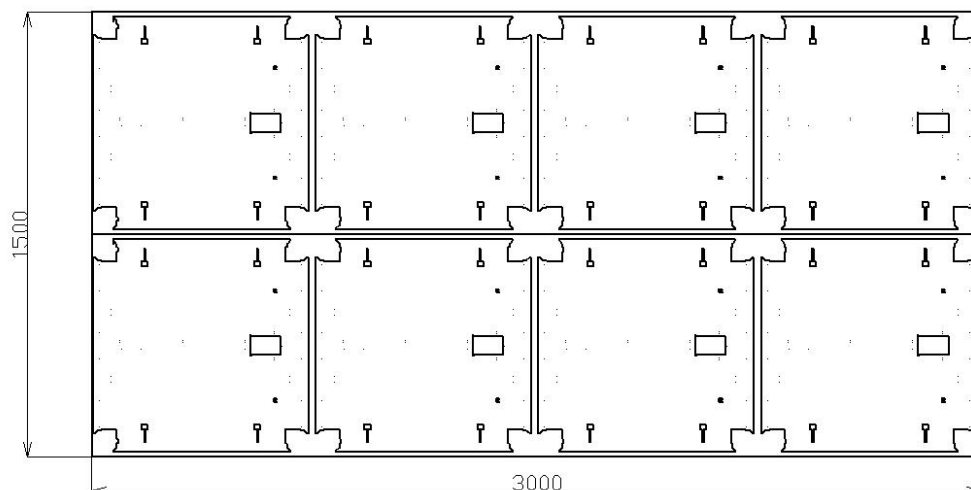
Mezera (můstek) mezi součástmi: $e2 = 23,5 \text{ mm}$ [11]

Krok 1 nástroje: $k1 = 749,99 \text{ mm}$ [11]

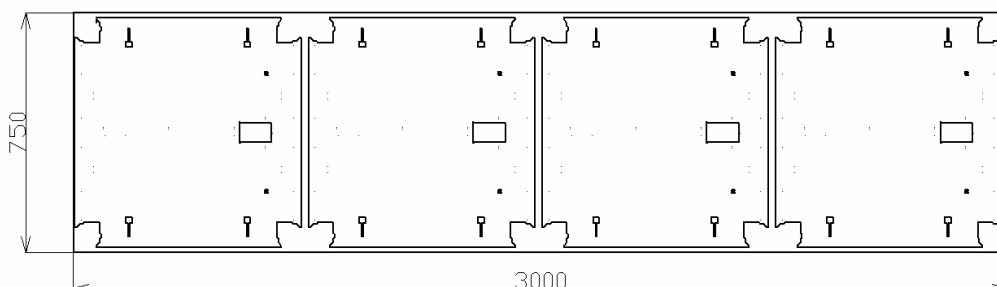
3.1.3 Ekonomické využití plechu

Pro ekonomické zhodnocení materiálu se vypočítává počet kusů výstřižku z pásu, počet pásů z tabule plechu a počet tabulí.

Nejvhodnější tabule pro stříhání zadané součásti je tabule ve svitku 3000 x 1500 mm tloušťky 0,6 mm, kterou nařezeme na dva pásy o rozměrech 3000 x 750 mm. Plech musí projít rovnačkou a teprve potom lze zavést do stříhadla.



Obr. 11 Rozložení na tabuli plechu



Obr. 12 Rozložení na pásu plechu

Počet celých výstřížků z pásu:

$$\text{délka pásu} / \text{délka kroku} = \frac{3000}{749,99} = \underline{4 \text{ výstřížků z pásu}} [4]$$

Počet celých pásů z tabule:

$$\text{šířka tabule} / \text{šířka pásu} = \frac{1500}{750} = \underline{2 \text{ pásy z tabule}} [4]$$

Počet výstřížků z tabule:

$$\text{výstřížků z pásu} \cdot \text{pásy} = 4 \cdot 2 = \underline{8 \text{ výstřížků z tabule}} [4]$$

Hmotnost tabule ocelového plechu:

$$m = S \cdot t \cdot \rho = 3000 \cdot 1500 \cdot 0,6 \cdot 7,85 = \underline{21,2 \text{ kg}} [4]$$

Spotřeba plechu:

Pro nižší hodnotu roční výroby (10 000 ks)

$$\text{počet všech výstřížků} / \text{počet výstřížků z 1 tabule} = \frac{10000}{8} = \underline{1250 \text{ ks tabulí plechu}} [4]$$

$$\text{tj. } 1250 \cdot 21,2 = \underline{26\,500 \text{ kg}}$$

Pro vyšší hodnotu roční výroby (50 000 ks)

$$\text{počet všech výstřížků} / \text{počet výstřížků z 1 tabule} = \frac{50000}{8} = \underline{6250 \text{ ks tabulí plechu}} [4]$$

$$\text{tj. } 6250 \cdot 21,2 = \underline{132\,500 \text{ kg}}$$

Ekonomické využití materiálu:

$$\text{Plocha jednoho výstřížku } S_v = \underline{0,499 \text{ m}^2}$$

$$\text{Plocha všech výstřížků z jedné tabule} = 8 \cdot 0,499887 = \underline{3,99 \text{ m}^2} [4]$$

$$\text{Plocha jedné tabule: } S_t = \underline{4,5 \text{ m}^2}$$

$$\% \text{ využití tabule: } \text{plocha výstřížků z 1 tabule} / \text{plocha tabule} \cdot 100 = \frac{3,99}{4,5} \cdot 100 = \underline{88,7 \%}$$

[4]

$$\text{Celková spotřeba plechu pro výrobu 10 000 kusů výstřížku: } 26\,500 \text{ kg} [4]$$

$$\text{Skutečná spotřeba: } 26\,500 \cdot 0,887 = 23\,505 \text{ kg} [4]$$

$$\text{Technologický odpad: } 26\,500 - 23\,505 = \underline{2995 \text{ kg}}$$

Celková spotřeba plechu pro výrobu 50 000 kusů výstřižku: 132 500 kg [4]

Skutečná spotřeba: $132\,500 \cdot 0,887 = 117\,527$ kg [4]

Technologický odpad: $132\,500 - 117\,527 = \underline{14\,973}$ kg

Roční cena za plech:

Na celkové roční nejnižší potřebné množství potřebujeme 1250 plechů pro 10 000 ks součástí.

Na celkové roční nejvyšší potřebné množství potřebujeme 6250 plechů pro 50 000 ks součástí.

Při ceně 1350,- Kč za kus (včetně nařezání na pásy), bude roční cena plechů při nejnižší kusové variantě stát:

1 687 500,- Kč.

Při ceně 1350 Kč za kus (včetně nařezání na pásy), bude roční cena plechu při nevyšší kusové variantě stát:

8 437 500,- Kč

Cena odpadu za rok:

Cena odpadu při nejnižší kusovitosti je 21,3% z celkové ceny.

Cena odpadu $n_k = \underline{359\,437,5,-}$ Kč

Cena odpadu při nejvyšší kusovitosti je 21,3% z celkové ceny.

Cena odpadu $v_k = \underline{1\,797\,187,5,-}$ Kč

3.1.4 Technologické výpočty

Tyto výpočty jsou důležité pro výběr stroje a kvalitu střížné plochy. Jedná se o výpočet střížné síly, práce, vůle, tolerancí střížníků a střížnice a těžiště pro určení uchycení stopky, která musí být středícím elementem horní části stříhadla.

3.1.4.1 Střížná síla

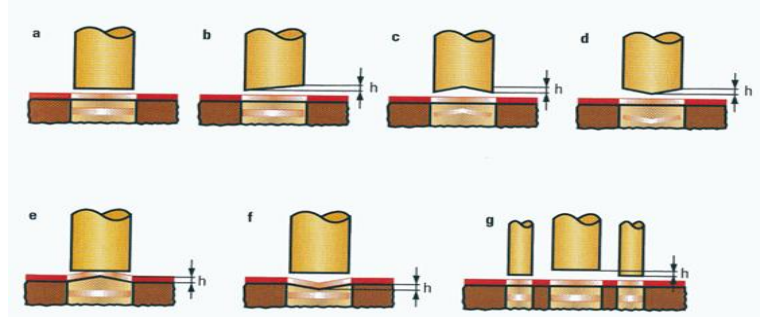
Střížná síla nám určuje, jakou silou musí lis působit na střížnou skříň, aby se prostříhl plech a kvalita stříhu byla co největší.

Pokud vyjde střížná síla příliš velká, dá se snížit např. změnou geometrie čela střížníku, změnou střížnice (zkosení), nebo odstupňováním střížníku, což nebylo v mém případě nutné z důvodu obrovských silových možností vybraného stroje.

Střížná síla F_s se může vypočítat:

$$F_s = L \cdot t \cdot \tau_{ps} \cdot n = L \cdot t \cdot 0,8 R_m \cdot n = 4576,8 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 350 \cdot 1,3 = \underline{999\,573,12\text{ N}} \quad [11]$$

$$F_s = \underline{0,1\text{ MN}}$$



Obr. 13 Snižování střížné síly [12]

3.1.4.2 Střížná práce

$$A_s = k \cdot F_s \cdot t / 1000 = \frac{0,7 \cdot 999\,579,12 \cdot 0,6}{1000} = \underline{420\text{ J}} \quad [11]$$

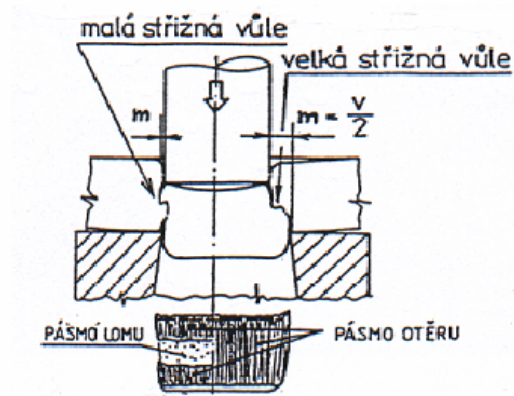
$$A_s = \underline{0,4\text{ KJ}}$$

3.1.4.3 Střížná vůle

Při jejím určení se přihlíží na tloušťku materiálu a k pevnosti ve stříhu. Střížná vůle má velký vliv na kvalitu střížné plochy.

$$v = 2 \cdot c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} = 2 \cdot c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{0,8 R_m} = 2 \cdot 0,02 \cdot 0,6 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{0,8 \cdot 350} = \underline{0,12\text{ mm}} \quad [11]$$

$$v/2 = \underline{0,06\text{ mm}}$$



Obr. 14 Velikost střížné vůle [6]

3.1.4.4 Těžiště tělesa

Při stříhání několika střížníky musí výslednice sil působit v ose lisu. Kdyby nepůsobila v ose, projevilo by se to nepřesností na součásti a předčasným opotřebením vedení beranu v lisu.

Do těžiště součásti nezapočítávám posun v ose **y**, jelikož obrys je podle osy **x** stejný a díry větší velikosti také. Malé díry mají na těžiště nepatrný vliv pro svou velikost, počet a vzdálenost k ose.

$$X = \frac{\sum F \cdot x}{F_c} = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 \dots + F_{12} \cdot x_{12}}{F_1 + F_2 \dots + F_{12}} =$$

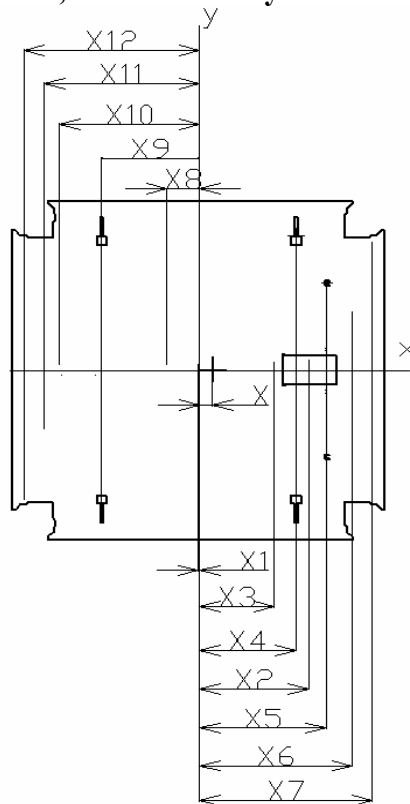
$$\frac{667080,96 \cdot 2,87 + 74256 \cdot 213,53 + 34210,176 \cdot 146 + 8190 \cdot 187,6 + 35380,8 \cdot 246,93}{667080,96 + 74256 + F_{12}} +$$

$$+ \frac{10920 \cdot 298,1 + 19110 \cdot 337,09 - 5460 \cdot 63,799 - 34210,176 \cdot 192,4 - 8190 \cdot 273,8}{667080,96 + 74256 + F_{12}} +$$

$$+ \frac{-10920 \cdot 303,42 - 19110 \cdot 343,62}{667080,96 + 74256 + F_{12}} = 25,33 \text{ mm}$$

[11]

Vzdálenost těžiště v ose **x** = **25,32 mm** a v ose **y** = **0**.



Obr. 15 Těžiště tělesa

3.1.4.5 Tolerance střížníků a střížnice:**Vystřihování: [17]****střížnice**

Pro rozměr 719,8 mm
 $TS = \pm 0,8 \text{ mm}$
 $REV = (JR + P) - TE$
 $REV = (719,8 + 0,620) - 0,250$
 $REV = \underline{\underline{720,42^{+0}_{-0,250} \text{ mm}}}$

Pro rozměr 726,5 mm
 $TS = \pm 0,8 \text{ mm}$
 $REV = (JR + P) - TE$
 $REV = (726,5 + 0,620) - 0,250$
 $REV = \underline{\underline{726,62^{+0}_{-0,25} \text{ mm}}}$

Pro rozměr 593,8 mm
 $TS = \pm 0,8 \text{ mm}$
 $REV = (JR + P) - TE$
 $REV = (593,8 + 0,62) - 0,250$
 $REV = \underline{\underline{594,42^{+0}_{-0,250} \text{ mm}}}$

střížník

Pro rozměr 719,8 mm
 $TS = \pm 0,8 \text{ mm}$
 $RAV = (REV + V - TA) + TA$
 $RAV = (720,42 + 0,12 - 0,160) + 0,160$
 $RAV = \underline{\underline{720,38^{+0,160}_{-0} \text{ mm}}}$

Pro rozměr 726,5 mm
 $TS = \pm 0,8 \text{ mm}$
 $RAV = (REV + V - TA) + TA$
 $RAV = (726,62 + 0,12 - 0,160) + 0,160$
 $RAV = \underline{\underline{726,58^{+0,160}_{-0} \text{ mm}}}$

Pro rozměr 593,8 mm
 $TS = \pm 0,8 \text{ mm}$
 $RAV = (REV + V - TA) + TA$
 $RAV = (593,88 + 0,12 - 0,160) + 0,160$
 $RAV = \underline{\underline{594,38^{+0,160}_{-0} \text{ mm}}}$

Děrování: [17]**střížník**

Pro rozměr $\varnothing 4 \text{ mm}$
 $TS = \pm 0,1 \text{ mm}$
 $RAD = (JR + P) - TA$
 $RAD = (4 + 0,1) - 0,025$
 $RAD = \underline{\underline{4,1^{+0}_{-0,025} \text{ mm}}}$

Pro rozměr $\varnothing 4,5 \text{ mm}$
 $TS = \pm 0,1 \text{ mm}$
 $RAD = (JR + P) - TA$
 $RAD = (4,5 + 0,1) - 0,025$
 $RAD = \underline{\underline{4,6^{+0}_{-0,025} \text{ mm}}}$

střížnice

Pro rozměr $\varnothing 4 \text{ mm}$
 $TS = \pm 0,1 \text{ mm}$
 $RED = (RAD + V - TE) + TE$
 $RED = (4,1 + 0,12 - 0,036) + 0,036$
 $RED = \underline{\underline{4,19^{+0,036}_{-0} \text{ mm}}}$

Pro rozměr $\varnothing 4,5 \text{ mm}$
 $TS = \pm 0,1 \text{ mm}$
 $RED = (RAD + V - TE) + TE$
 $RED = (4,6 + 0,12 - 0,036) + 0,036$
 $RED = \underline{\underline{4,69^{+0,036}_{-0} \text{ mm}}}$

Pro rozměr 5 mm
 $TS = \pm 0,1 \text{ mm}$

$$RAD = (JR + P) - TA$$

$$RAD = (5 + 0,1) - 0,025$$

$$RAD = \underline{\underline{5,1^{+0}_{-0,025} \text{ mm}}}$$

Pro rozměr 5 mm
 $TS = \pm 0,1 \text{ mm}$

$$RED = (RAD + V - TE) + TE$$

$$RED = (5,1 + 0,12 - 0,036) + 0,036$$

$$RED = \underline{\underline{5,19^{+0,036}_{-0} \text{ mm}}}$$

Pro rozměr 20 mm
 $TS = \pm 0,2 \text{ mm}$

$$RAD = (JR + P) - TA$$

$$RAD = (20 + 0,17) - 0,04$$

$$RAD = \underline{\underline{20,17^{+0}_{-0,04} \text{ mm}}}$$

Pro rozměr 20 mm
 $TS = \pm 0,2 \text{ mm}$

$$RED = (RAD + V - TE) + TE$$

$$RED = (20,17 + 0,12 - 0,063) + 0,063$$

$$RED = \underline{\underline{20,227^{+0,063}_{-0} \text{ mm}}}$$

Pro 10 mm
 $TS = \pm 0,2 \text{ mm}$

$$RAD = (JR + P) - TA$$

$$RAD = (10 + 0,17) - 0,04$$

$$RAD = \underline{\underline{10,17^{+0}_{-0,04} \text{ mm}}}$$

Pro 10 mm
 $TS = \pm 0,2 \text{ mm}$

$$RED = (RAD + V - TE) + TE$$

$$RED = (10,17 + 0,12 - 0,063) + 0,063$$

$$RED = \underline{\underline{10,227^{+0,063}_{-0} \text{ mm}}}$$

Pro 58,3 mm
 $TS = \pm 0,3 \text{ mm}$

$$RAD = (JR + P) - TA$$

$$RAD = (58,3 + 0,25) - 0,058$$

$$RAD = \underline{\underline{58,55^{+0}_{-0,058} \text{ mm}}}$$

Pro 58,3 mm
 $TS = \pm 0,3 \text{ mm}$

$$RED = (RAD + V - TE) + TE$$

$$RED = (58,55 + 0,12 - 0,1) + 0,1$$

$$RED = \underline{\underline{58,57^{+0,1}_{-0} \text{ mm}}}$$

Pro 67 mm
 $TS = \pm 0,3 \text{ mm}$

$$RAD = (JR + P) - TA$$

$$RAD = (67 + 0,25) - 0,058$$

$$RAD = \underline{\underline{67,25^{+0}_{-0,058} \text{ mm}}}$$

Pro 67 mm
 $TS = \pm 0,3 \text{ mm}$

$$RED = (RAD + V - TE) + TE$$

$$RED = (67,25 + 0,12 - 0,1) + 0,1$$

$$RED = \underline{\underline{67,27^{+0,01}_{-0} \text{ mm}}}$$

Pro 103 mm
 $TS = \pm 0,3 \text{ mm}$

$$RAD = (JR + P) - TA$$

$$RAD = (103 + 0,25) - 0,058$$

$$RAD = \underline{\underline{103,25^{+0}_{-0,058} \text{ mm}}}$$

Pro 103 mm
 $TS = \pm 0,3 \text{ mm}$

$$RED = (RAD + V - TE) + TE$$

$$RED = (103,25 + 0,12 - 0,1) + 0,1$$

$$RED = \underline{\underline{103,27^{+0,01}_{-0} \text{ mm}}}$$

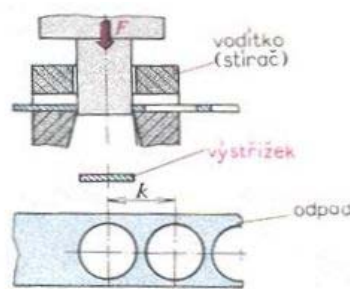
3.1.5 Funkce a volba stříhadla

Na stříhadlech se dá provozovat několik typů operací. Jsou to:

3.1.5.1 Volba stříhadla

1. Jednoduché střížné nástroje

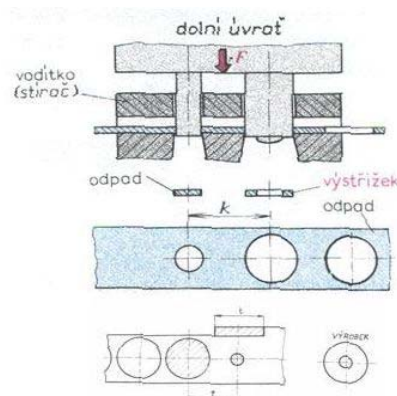
Prvním nástrojem je jednoduchý střížný nástroj, který je určen pro jednu operaci. Poloha je zajištěna pevným dorazem, posuv je o hodnotu kroku (velikost výrobku + přídavek).¹²



Obr. 16 Jednoduchý střížný nástroj [12]

2. Postupové střížné nástroje

Postupový střížný nástroj zhotovuje výstřížek v pořadí za sebou (postupně), na několik operací a na několik kroků. Používá se načínací doraz při vložení nového pásu, dále je poloha pásu zajištěna pevným koncovým dorazem. Funkci nástroje lze pochopit z obrázku. Jsou na něm šrafované 3 plochy, které se vystříhnou na 1 zdvih. Obdélníková plocha je odstřížena stranovým střížníkem a zajišťuje míru tzv. kroku, tj. posuvu pásu o rozteč t . Kruhové plochy různých průměrů patří různým výstřížkům. Posuv pásu je zprava doleva. Pravý (malý) kruhový výstřížek padá do odpadu, z levé části nástroje propadají hotové výrobky – podložky.¹²

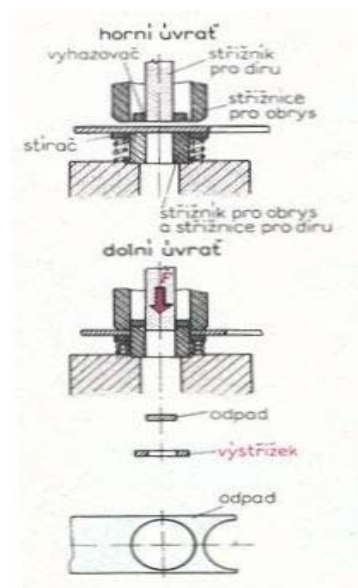


Obr. 17 Postupový střížný nástroj [12]

3. Sloučené a sdružené střížné nástroje

Sloučený střížný nástroj se konstruuje pro několik operací na jeden krok. Tak např. při stříhání dochází jak k děrování, tak i k vystřihování.¹²

Oproti tomu sdružený střížný nástroj se konstruuje pro sdružení různých pracovních úkonů na jeden krok (např. stříhání, ohýbání, tažení, atd.), resp. na více kroků. Potom mluvíme o sdruženém postupovém nástroji. Jednotlivé operace jsou zajištěny konstrukcí střížníku, resp. konstrukcí nástroje.¹²

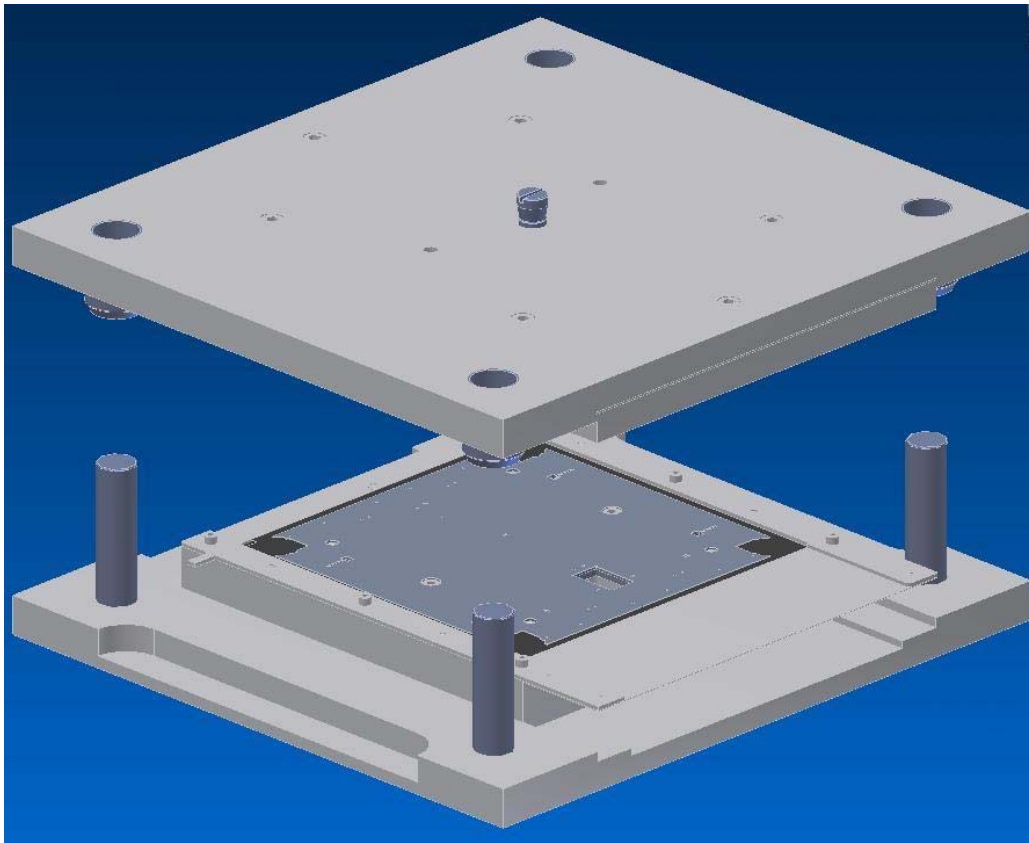


Obr. 18 Sloučený střížný nástroj [12]

Výběr použitého nástroje

Pro zadanou součást jsem navrhl sloučený nástroj. Jeho výhoda je ta, že je menší než postupové stříhadlo a to pro danou součást až o polovinu. Tím se ušetří množství materiálu a času pro jeho výrobu. Nevýhodou zvoleného nástroje je jeho složitost konstrukce, kterou se prodlouží čas návrhu nástroje. Tento nástroj má přes 30 střížníků pro otvory a obrysový střížník.

3.1.5.2 Popis funkce stříhadla



Obr. 19 Střížný nástroj

Střížný sloučený nástroj popis funkce:

Načínací doraz umístěný po levé straně střížnice se zasune. Pás plechu se položí na podpěrnou desku mezi vodící lišty, které budou zajišťovat polohu pásu. Plech se dorazí na načínací doraz, zkontroluje se umístění plechu a spustí se lis. Z vrchu sjede střížnice obrysu součásti a střížníky děr, které jsou vedeny přesnými kuličkovými pouzdry. Ty vystřihnou a vyděrují požadované tvary zároveň. Při návratu se plech setře o stěrače zobrazené na obrázku černě (horní není viditelný). Vysune se načínací doraz, kleštičkami se vyndá vyrobená součást a plech se popotáhne na koncový doraz. Po této operaci se již celá procedura opakuje bez načínacího dorazu až do konce pásu plechu.

Viz výkres sestavy a výrobní výkresy.

3.1.6 Volba stroje pro stříhadlo

Pro střížný nástroj se volí stroj podle potřeby vypočtené střížné síly 1000 kN a rozměru nástroje, volím lis:

Od firmy KIT Invest Trading s.r.o.
Dvou stojanový lis na zpracování dílů ze svitku.



Technické údaje:

Velikost stolu: 2000x1300 mm

Lisovací síla: 4000 kN

Zdvih beranu: 600 mm

Prostor: 900 mm

Obr. 20 Hydraulický Lis [15]

4 Výroba součásti Laserem [7] [13] [14]

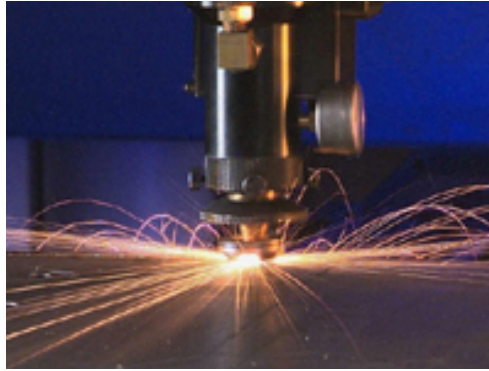
4.1 Laserové technologie řezání

4.1.1 Laser

Laser je kvantový generátor světelných paprsků.

Z praktického hlediska laserový paprsek koncentruje vysokou energii do velmi malé plochy, což umožňuje natavení, případně až odpaření, materiálu z plochy menší než 2 mm ve zlomcích sekundy. Zmíněné skutečnosti se využívá v praxi při technologiích dělení materiálu, obrábění, svařování, tepelného zpracování či vytváření speciálních povrchových vrstev. Laserové technologie umožňují řezat velmi tvrdé materiály při vysoké kvalitě a rychlosti řezu či vrtat otvory o velikosti setin milimetru. Jednotlivé aplikace však závisí na konstrukci laseru. ¹³

Řezání laserem je vhodné pro všechny typy konstrukčních materiálů s omezením jejich tloušťky. V případě obvyklých laserů u nelegovaných ocelí do cca 25 mm, korozivzdorných ocelí a slitin hliníku do cca 15 mm. Výhodou je velká rychlost řezání, prakticky nulové deformace plechů a vynikající kvalita řezu, nevýhodou snad jen vysoké investiční náklady. ¹⁴



Obr. 21 Řezání laserem [12]

4.1.2 Druhy řezání laserem

Metody řezání pomocí laseru lze rozdělit na tři druhy a to tavné, oxidační a sublimační.

Tavné řezání

U tohoto způsobu se materiál nataví a vzniklá tavenina se od základního materiálu oddělí proudem vysoce čistého inertního plynu. Ten je do místa řezu přiváděn, ale na procesu řezání se nepodílí. Způsob je vhodný k vytváření nezoxidovaných řezů kovových materiálů.

Oxidační řezání

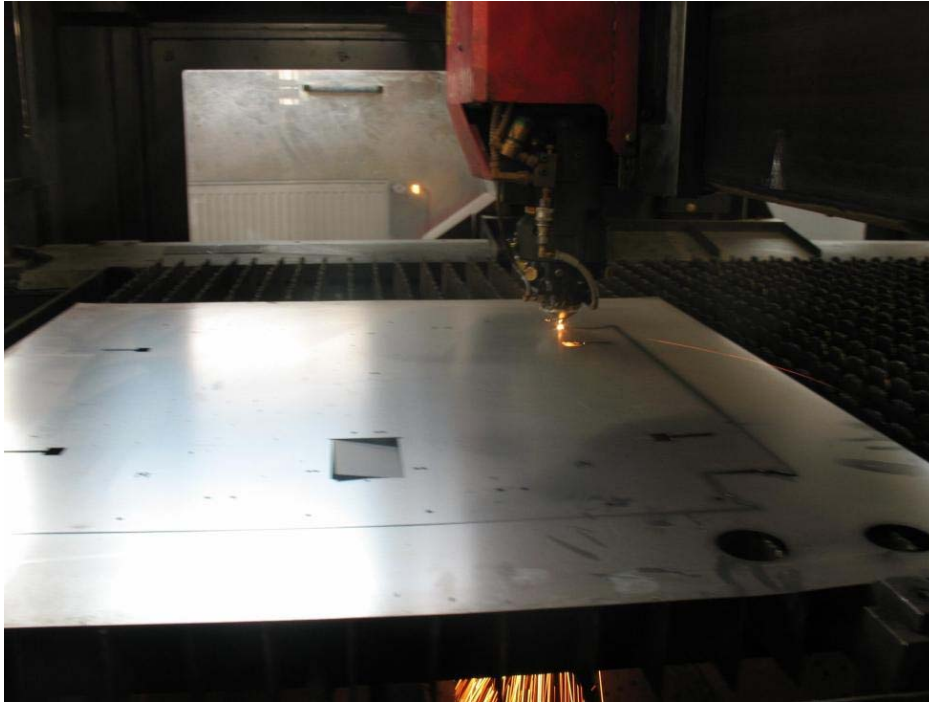
Oxidační řezání se liší od tavného tím, že kyslík použijeme jako řezný plyn. Díky exotermické reakci kyslíku a roztaveného povrchu se materiál dále ohřívá, v důsledku toho lze dosáhnout u konstrukčních ocelí vysokých rychlostí řezu.

Sublimační řezání

Materiál se při tomto způsobu řezání odpařuje, přímo z místa řezu. Je nutná vysoká hustota energie laserového paprsku, aby byla minimalizována tavná zóna, která vzniká na hraně řezu. Také je nutná kontrola tloušťky materiálu, která nesmí překročit průměr paprsku, aby páry materiálu nezkondenzovali a znovu nesvařili řez. Toto řezání je náročné na nastavení optiky a v dnešní době je málo používáno.

4.2 Řezání zadané součásti

Zadaná součást o velikosti 726 x 719 mm s nejmenšími otvory o \varnothing 2,5 mm a ostrými hranami, se pro řezání laserem nehodí. Řezání je náročné jak na čas, tak na spotřebu energie. Laser se musí při počtu 43 otvorů často vypínat a zapínat a přesunovat na velké vzdálenosti. Laseru vyhovují součásti spíše malé zaoblené bez ostrých hran. To zajišťuje efektivnost. Díky pracovníkům firmy Dendera a.s. se ovšem podařilo tuto součástku vyřezat a dokázat optimalizaci řezu tak, že se stala výhodnou pro výrobu.



Obr. 22 Řezání zadané součásti ve firmě Dendera [7]

Na Obr. 22 je vidět vyřezávání součásti na pracovním stole laserového stroje typu AMAD FO-3015 (obr. 23) oxidačním řezáním. Firma Dendera a.s. používá pro řezání laserem oxidační a tavné řezání. Pro zadanou součást jsme zvolili oxidační způsob řezání z důvodů ekonomických, jelikož do tavného svařování se musí přivádět více drahého vysoce čistého plynu. Díky tomu je povrch řezané části lesklejší a kvalitnější což není u zadané součásti potřeba. Tavné řezání by bylo o 15 – 20 % dražší.



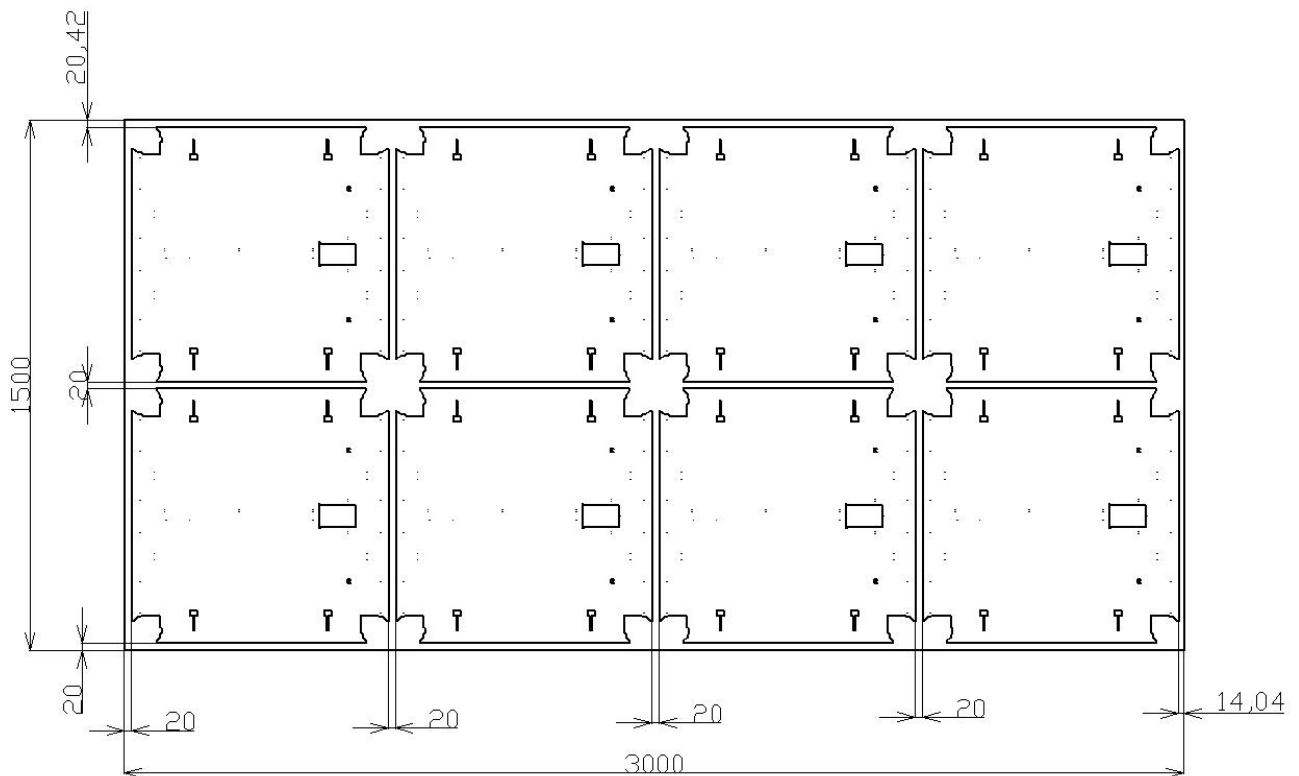
Obr. 23 Laserové zařízení AMAD FO-3015 [7]

4.2.1 Rozložení součásti na plechu

Na stroj AMAD FO-3015 je možné použití plechů max. 3000 x 1500 mm. Přepážka mezi jednotlivými vyřezanými součástmi musí být min. 10 mm z důvodu deformace plechu způsobené tepelným ovlivněním, jak rozmezí mezi součástmi, tak i u okrajů. Rozmístění také ovlivňují zkušební výřezy kruhového tvaru, které je možno vidět na obr. 21 v pravém dolním rohu. Tyto výřezy slouží ke zkoušce správné kalibrace laseru. Většinou se provádí jen u plechů velkých tloušťek, nebo na zkušebním plechu například na zbytku z jiné zakázky. Proto do rozkladu dílů na plech nejsou zakresleny tyto výřezy.

Nejvýhodnější co se týče rozmístění součásti na plechu, vyšel plech 3000 x 1500 mm. Rozmístění je zakresleno na obr. 24.

Na tento plech se dá rozmístit součást velmi výhodně, co se týče mezer mezi součástmi a vzdálenosti od okrajů. Rozpočítal jsem mezery na dvacet milimetrů, protože bychom jiným rozmístěním neušetřili místo na plechu ani materiál. Každá mezera i konečná, která se stala zbytkovou na obou stranách plechu, vychází přes 10 mm. Tím jsme splnili podmínky pro řezání laserovým paprskem ve firmě Dendera. Jiné rozložení součástí neuvádím, jelikož by vzhledem k jejím rozměrům bylo nesmyslné například natočení o úhel 45°.



Obr. 24 Rozmístění součástí na plechu

4.2.2 Ekonomické využití plechu

Pro ekonomické zhodnocení materiálu se vypočítává počet kusů výstřížku z tabule a z této hodnoty potřebné množství tabulí.

Nejvhodnější tabule pro stříhání zadané součásti je tabule plechu 3000 x 1500 mm tloušťky 0,6 mm.

Počet výstřížků z tabule:

$$= \underline{8 \text{ výstřížků}}$$

Hmotnost tabule ocelového plechu:

$$m = S \cdot t \cdot \rho = 3000 \cdot 1500 \cdot 0,6 \cdot 7,85 = \underline{21,2 \text{ kg}} [4]$$

Spotřeba plechu:

Pro nižší hodnotu roční výroby

$$\text{počet všech výstřížků} / \text{počet výstřížků z 1 tabule} = \frac{10000}{8} = \underline{1250 \text{ ks tabulí plechu}} [4]$$

$$\text{tj. } 1250 \cdot 21,2 = \underline{26\,500 \text{ kg}}$$

Pro vyšší hodnotu roční výroby

$$\text{počet všech výstřížků} / \text{počet výstřížků z 1 tabule} = \frac{50000}{8} = \underline{6250 \text{ ks tabulí plechu}} [4]$$

$$\text{tj. } 6250 \cdot 21,2 = \underline{132\,500 \text{ kg}}$$

Ekonomické využití materiálu:

$$\text{Plocha jednoho výstřížku } S_v = \underline{0,499 \text{ m}^2}$$

$$\text{Plocha všech výstřížků z jedné tabule} = 8 \cdot 0,499887 = \underline{3,99 \text{ m}^2} [4]$$

$$\text{Plocha jedné tabule: } S_t = \underline{4,5 \text{ m}^2}$$

$$\% \text{ využití tabule: plocha výstřížků z 1 tabule/plocha tabule} \cdot 100 = \frac{3,992}{4,5} \cdot 100 = \underline{88,7\%}$$

[4]

$$\text{Celková spotřeba plechu pro výrobu 10 000 kusů výstřížku: } 26\,500 \text{ kg} [4]$$

$$\text{Skutečná spotřeba: } 26\,500 \cdot 88,7 = 23\,505 \text{ kg} [4]$$

$$\text{Technologický odpad: } 26\,500 - 23\,505 = \underline{2995 \text{ kg}}$$

Celková spotřeba plechu pro výrobu 50 000 kusů výstřižku: 132 500 kg [4]

Skutečná spotřeba: $132\,500 \cdot 88,7 = 117\,527$ kg [4]

Technologický odpad: $132\,500 - 117\,527 = \underline{14\,973}$ kg

Roční cena za plech:

Na celkovou roční nejnížší spotřebu potřebujeme 1250 plechů pro 10 000 ks součástí.

Na celkovou roční nejvyšší spotřebu potřebujeme 6250 plechů pro 50 000 ks součástí.

Při ceně 1100,- Kč za kus (nepotřebujeme nařezání na pásy jako u stříhání => levnější), bude roční cena plech při nejnížší kusové variantě stát:

1 375 000,- Kč

Při ceně 1100,- Kč za kus (nepotřebujeme nařezání na pásy jako u stříhání => levnější), bude roční cena plechu při nejvyšší kusové variantě stát:

6 875 000,- Kč

Cena odpadu za rok:

Cena odpadu při nejnížší kusovitosti je 21.3% z celkové ceny.

Cena odpadu $n_k = \underline{292\,875,-}$ Kč

Cena odpadu při nejvyšší kusovitosti je 21,3% z celkové ceny.

Cena odpadu $v_k = \underline{1\,464\,375,-}$ Kč

5 Celkové ekonomické zhodnocení

5.1 Možnosti zhodnocení:

Výrobu součásti lze ekonomicky zhodnotit dvěma způsoby:

První možnost:

Nechat si vyrobit součástku na zakázku od jiných firem, které se zaměřují na tento druh výroby. K tomuto účelu mi jednotlivé firmy (Dendera a.s. a Brano a.s.) stanovily cenu výstřižku, po zahrnutí všech aspektů výroby od konstrukce až po výrobek.

Cena stříhání

Cena vyrobené součásti ve firmě Brano a.s. byla stanovena na rozmezí mezi 200 až 500,- Kč. Proto jsem se rozhodl udávat střední hodnotu 350,- Kč jako výslednou cenu výstřižku. Upřesnění ceny závisí na vnitřní politice firmy. Není do této ceny zahrnuta doprava. Pouze výroba, materiál a další aspekty.

Celková cena výstřižku = 350,- Kč

Cena pro 10 000 ks součástí = 3 500 000,- Kč

Cena pro 50 000 ks součástí = 17 500 000,- Kč

Cena řezání

Cena řezání byla stanovena ve firmě Dendera a.s. Jejich cena za kus včetně materiálu je 165,52,- Kč + příprava výroby pro celou sérii výrobků 25,- Kč + 25,- Kč pro cenu programu, jednorázově při první sérii. Celková cena je

Celková cena vyřezané součásti v první sérii je = 212,52,- Kč

Cena pro 10 000ks součástí = 2 125 200,- Kč

Cena pro 50 000ks součástí = 10 626 000,- Kč

Zhodnocení stříhání a řezání

Z výsledku jasně vyplývá, že laser je pro výrobu součásti na zakázku výhodnější než stříhadlo.

Při použití Laseru se ušetří při 10 000 ks za rok 1 374 800,- Kč za rok.

Při použití Laseru se ušetří při 50 000 ks za rok 6 874 000,- Kč za rok.

Z toho plyne, že se stříhadlo se pro výrobu takto velké součásti nevyplatí.

Druhá možnost:

Nakoupit přímo všechny součásti potřebné pro výrobu a sestavit si vlastní linku pro výrobu této součásti. Pro tuto možnost byli zjištěni ceny strojů, střížné skříně a dalších částí. Jedná se o hrubé porovnání.

Ceny pro stříhání

Cena střížného nástroje:

Firma Brano a.s. vypracovala souhrn všech finančních kritérií potřebných pro výrobu stříhadla.

Konstrukce	45 000,- Kč
Materiál	190 000,- Kč
Normálie	15 000,- Kč
Náklady na výrobu	
Konvenční obráběcí stroje+ nástrojař	191 290,- Kč
CNC stroje	243 950,- Kč
Elektroerosivní obrábění	92 850,- Kč
Kooperace kalení	30 000,- Kč
Vývoj	0,- Kč
Výsledek	808 100,- Kč
Výsledek +Předpokládaná KP - 1	985 500,- Kč

Tab. 1 Odhady cen výroby stříhadla [8]

Cena Lisu:

Cena lisu byla stanovena firmou KIT Invest Trading s.r.o. včetně zařízení pro tlumení rázu u stříhání a vyšla na **14 000 000,- Kč**. Jedná se o zcela nový lis dovezen z Německa a životností min 20 let.

Cena Plechu:

Podle výš uvedených výpočtů.

Při ceně 1350,- Kč za kus (včetně nařezání na pásy), bude roční cena plechů při nejnižší kusové variantě stát:

1 687 500,- Kč.

Při ceně 1350,- Kč za kus (včetně nařezání na pásy), bude roční cena plechu při nevyšší kusové variantě stát:

8 437 500,- Kč

Ceny pro Laser

Cena stroje:

Stroj používaný firmou Dendera a.s. se pohybuje v okolí **12 000 000,- Kč**.

K tomuto stroji se musí dokoupit náhradní součásti pro zpuštění provozu jako např. trysky, čočky a další. Cena komponentů je odhadnuta na **100 000,- Kč**.

Cena Plechu:

Při ceně 1100,- Kč za kus (nepotřebujeme nařezání na pásy jako u stříhání => levnější), bude roční cena plech při nejnižší kusové variantě stát:

1 375 000,- Kč

Při ceně 1100,- Kč za kus (nepotřebujeme nařezání na pásy jako u stříhání => levnější)., bude roční cena plechu při nejvyšší kusové variantě stát:

6 875 000,- Kč

Zhodnocení druhé možnosti je provedeno součtem všech uvedených cen.

Hrubý součet střížné linky je 16 663 000,- Kč

Hrubý součet řezné (laserové) linky je 12 100 000,- Kč

Cena tabulí plechu za rok pro stříhání

1 687 500,- Kč při 10 000 ks výstřížků

8 437 500,- Kč při 50 000 ks výstřížků

Cena tabulí plechu za rok pro řezání

1 375 000,- Kč při 10 000 ks výstřížků

6 875 000,- Kč při 50 000 ks výstřížků

Podle hrubého (orientačního) součtu ceny linky pro stříhání a pro řezání (laserem) vychází levněji laser a to až o **4 563 000,- Kč**.

Podle ceny plechu vychází levněji varianta řezání na laseru a to pro 10 000 ks součásti za rok o **312 000,- Kč** a pro 50 000 ks součástí za rok o **1 562 500,- Kč**.

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vypracování technologického postupu, výkresové dokumentace postupového střížného nástroje a návrh jiné vhodné technologie výroby zadané součásti dělením (laserové řezání). Následně vybrat vhodnější technologii na základě technicko-ekonomických kritérií.

Součást zadaná firmou Inge Opava je tělo svítidla typu VMR. Pro její nemalé rozměry bylo navrženo sloučené stříhadlo, jelikož postupové stříhadlo by bylo ekonomicky a prakticky velmi nevyhovující co se týče ceny stroje a množství materiálu použitého na výrobu střížného nástroje. Ve stříhadle bylo třeba pro značné množství střížníků zaručit přesné vedení, aby nedocházelo k otěru střížnice a střížníků. To bylo vyřešeno použitím přesného kuličkového vedení doporučeného firmou Brano a.s., které zajišťuje dostatečnou přesnost vedení pro vyloučení těchto kolizí. Dalším problémem, který bylo nutné vyřešit, je tloušťka materiálu výstřížku 0,6 mm, pro kterou je třeba použít stěrač střížníku. Jako stěrač byl použit pružný materiál polyuretan. Pro malé rozměry a nevhodné umístění nebylo možno konstrukčně vyřešit výrobu tří děr $\varnothing 2,5$ mm, které musí být následně po stříhání vyvrtány.

Při řezání laserem ve firmě Dendera a.s. bylo možné zvolit mezi řezáním oxidačním a tavným, které firma používá pro běžnou výrobu. Pro výrobu součásti jsme nakonec použili řezání oxidační, jelikož tavné řezání by vyšlo o 15 – 20 % dražší a pro zadané rozměry a přesnost je dostačující řezání oxidační. Řezání laserem proběhlo bez problémů. Po vyřezání zůstávají na obráběných plochách zbytky roztaveného kovu, a proto je třeba dalšího opracování pro odstranění těchto přebytků.

Z ekonomického hlediska, je pro variantu výroby linky i pro variantu zpracování součástí v externí firmě laserové řezání výhodnější. A to při výrobě linky o 4 563 000,- Kč. Při externě zadané výrobě 10 000 ks ročně o 1 374 800,- Kč a pro 50 000 ks ročně o 6 874 000,- Kč. Cena tabulí plechu je pro laser také ekonomicky výhodnější a to pro nutnost u stříhání na sloučeném stříhadle nařezat tabule plechu na pásy.

SEZNAM LITERATURY

- [1] 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.
- [2] FOREJT, Milan. *Teorie tváření a nástroje*. 1. vyd. Nakladatelství VUT v Brně. Brno : Rekrorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6.
- [3] MAKARIUS, Miroslav, POUL, Oldřich, HAŠEK, Vladimír. *Výroba a zpracování kovů*. 2. uprav. vyd. Praha : SNTL, 1970. 300 s. L 14-C2B-IV-31/44683/V.
- [4] FOREJT, Milan. *Ročníkový projekt I* [online]. 2006 [cit. 2009-04-12]. Dostupný z WWW:
<http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/rocnikovy_projekt_I_forejt.pdf>..
- [5] *Vyhledávač : GOOGLE* [online]. 2006 [cit. 2009-04-12]. Dostupný z WWW:
<<http://www.google.cz/>>.
- [6] *INGE Opava : firma* [online]. [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW:
<<http://www.inge.cz/>>.
- [7] *DENDERA Brno : firma* [online]. [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW:
<<http://www.dendera.cz/>>.
- [8] *BRANO Hradec nad Mor. : firma* [online]. [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW:
<<http://www.brano.cz/>>.
- [9] *VŠEOBECNÉ TOLERANCE* [online]. [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW:
<<http://www.janca-konstrukce.cz/iso2768.htm>>.
- [10] LEINVEBR, Jan, ŘASA, Jaroslav, VÁVRA, Pavel. *STROJNICKÉ TABULKY*. Uprav. a dopln. vyd. Praha : SNTL, 1999. 900 s. ISBN 80-7183-164-6
- [11] NOVOTNÝ, J., LANGER, Z. *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.
- [12] *TECHNOLOGIE 2 Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní* [online]. [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW:
< http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm#063 >.
- [13] *ŘEZÁNÍ LASER Air products* [online]. [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW:
<http://www.airproducts.cz/metalfabrication/svarovani/pdf/Lasery_clanek-MJ.pdf>.
- [14] *ŘEZÁNÍ LASER airliquide* [online]. [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW:
< <http://www.airliquide.cz/file/otherelement/pj/roubicek49122.pdf>>.
- [15] *KIT INVEST stroje* [online]. [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW:
< http://www.kit-invest.cz/neff_dvoj.htm>

- [16] *PROTON hutní materiál* [online]. [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW:
< <http://www.pronton.cz/plechy.html> >
- [17] *ČSN 22 6015 stříhadla a střižné vřle* listopad 1975 [cit. 2009-04-14]. Směrnice pro výpočet konstrukcí.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
F_s	Střížná síla	[N]
n	Koeficient zahrnující vliv vnějších podmínek	[-]
t_0	Tloušťka plechu	[mm]
A_s	Střížná práce	[J]
$L_{sou.}$	Obvod stříhané součásti	[mm]
$L_{děr}$	Obvod stříhaných děr	[mm]
$L_{celk.}$	Obvod celkový	[mm]
v	Střížná vůle	[mm]
c	Koeficient závislý na stupni stříhu	[-]
S_v	Obsah plochy výstřížku	[mm ²]
TS	Tolerance součástky	[mm]
P	Přípustná míra opotřebení	[mm]
TE	Výrobní tolerance střížnice	[mm]
TA	Výrobní tolerance střížníku	[mm]
ks	Kusy	[-]
Rm	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
τ_{ps}	Střížný odpor	[MPa]
m	Hmotnost	[kg]
A	Šířka pásu	[mm]
f	Přepážka odpadu	[mm]
e	můstek	[mm]
k	krok	[mm]
S_t	Plocha jedné tabule	[mm ²]
n_k	Nejnižší kusovitost	[-]
v_k	Nejvyšší kusovitost	[-]
X	Vzdálenost těžiště v ose x	[mm]
Y	Vzdálenost těžiště v ose y	[mm]
REV	Rozměr střížnice při vystřihování	[mm]
RAV	Rozměr střížníku při vystřihování	[mm]
RAD	Rozměr střížníku při děrování	[mm]
RED	Rozměr střížnice při děrování	[mm]
ρ	hustota	[kg/m ³]

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Leták firmy Dendera a.s.

Příloha č. 2 – 0-3P2-03/01

Příloha č. 3 – 0-3P2-03/05

Příloha č. 4 – 0-3P2-03/15

Příloha č. 5 – 0-3P2-03/00

Příloha č. 6 – 4-3P2-03/00-kusovník A

Příloha č. 7 – 4-3P2-03/00-kusovník B

Příloha č. 8 – 4-3P2-03/11