

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

LUCIE CHALOUPKOVÁ

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): Lucie Chaloupková

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**

CHALOUPKOVÁ Lucie: Návrh variant výroby ploché součásti z plechu s otvory.

Závěrečná práce zpracovaná v rámci bakalářského studia oboru B2307-00 předkládá návrh variant výroby ploché součásti z plechu s otvory. V projektu jsou zpracovány dvě varianty výroby jedné součásti a to: výroba na postupovém střížném nástroji a výroba pomocí CNC plazmového zařízení. Série součásti je 120 000 kusů za rok. Pro postupový střížný nástroj byl zvolen výstředníkový lis S250 (výrobce Šmeral, a.s. Brno) se jmenovitou střížnou silou 2 500 kN. V práci jsou zahrnuty potřebné výpočty pro obě varianty výroby včetně ekonomického zhodnocení a kriteria pro jejich využití v praxi.

Klíčová slova: postupové stříhání, střížný nástroj, plazmové řezání

## **ABSTRACT**

CHALOUPKOVÁ Lucie: Proposal for the production of variants of flat sheet metal parts with holes.

The final work elaborated in the scope of bachelor studies of the branch B2307-00 submitted variants of production for flat sheet metal parts with holes. In work there are two variants of production of one particular part namely: Production on sequence shearing tool and production by means of plasma CNC machine. Particular part is designed for quantity 120 000 pieces per year. Shearing machine S250 with shearing force 2500 kN is selected (manufacturer Smeral a.s.Brno). In the work there are implied necessary calculations for both variants including economical evaluation and criteria for practically implementation.

Keywords: rolling shear, shear tool, plazma cutting

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

CHALOUPKOVÁ, L. *Návrh variant výroby ploché součásti z plechu s otvory*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 54 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 Brně dne 22.5.2009

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych ráda poděkovala panu doc. Ing. Jindřichu Špačkovi, CSc. za cenné rady a pomoc při zpracování bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala firmě R+W Ferra s.r.o. za ochotnou spolupráci při získávání informací.

## OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

<b>1. ÚVOD</b>	10
<b>2. TECHNOLOGIE PLOŠNÉHO STŘÍHÁNÍ</b>	11
<b>2.1. Všeobecně o střížném procesu</b>	11
2.1.1. Střížný proces	11
2.1.2. Kvalita střížné plochy	12
2.1.3. Zpevnění v okolí střížné plochy	12
<b>2.2. Nástřihový plán</b>	12
2.2.1. Možné způsoby kombinace výstřížků	13
<b>2.3. Síly a práce při stříhání</b>	13
2.3.1. Střížná síla	13
2.3.2. Střížná práce	14
2.3.3. Střížná vůle	14
<b>2.4. Těžiště střížných sil</b>	15
<b>3. TECHNOLOGIE PLOŠNÉHO TVÁŘENÍ</b>	17
<b>3.1. Pravidla technologičnosti</b>	17
<b>4. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY</b>	22
<b>4.1. Nástřihový plán</b>	22
<b>4.2. Technologické výpočty</b>	22
4.2.1. Výpočet spotřeby materiálu	22
4.2.2. Využití tabule plechu	23
4.2.3. Výpočet střížné síly	23
4.2.4. Výpočet střížné práce	24
4.2.5. Výpočet střížné vůle	24
4.2.6. Výpočet střížníku na vzpěr	24
4.2.7. Těžiště střížných sil	25
4.2.8. Stanovení rozměrů střížnice a střížníku	28



<b>4.3. Návrh sestavy střížného nástroje</b>	<b>31</b>
4.3.1. Návrh střížné skříně	32
4.3.2. Návrh hlavice	33
<b>5. VOLBA STROJE</b>	<b>34</b>
<b>6. ŘEZÁNÍ PLAZMOU</b>	<b>35</b>
<b>6.1. Řez kovu plazmou</b>	<b>35</b>
<b>6.2. Postup činnosti řezání plazmou</b>	<b>35</b>
<b>6.3. Varianty řezání plazmou</b>	<b>37</b>
6.3.1. Konvenční řez	37
6.3.2. Plazmový řez dvěma plyny	37
6.3.3. Vodou stíněné řezání plazmou	37
6.3.4. Řezání s injekcí vody	37
6.3.5. Přesné plazmové řezy	38
<b>6.4. Výhody a nevýhody plazmového řezání</b>	<b>38</b>
<b>7. R+W FERRA</b>	<b>39</b>
<b>8. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ</b>	<b>41</b>
<b>8.1. Ekonomické zhodnocení postupového střížného nástroje</b>	<b>41</b>
<b>8.2. Ekonomické zhodnocení řezání plazmou</b>	<b>44</b>
<b>9. ZÁVĚR</b>	<b>45</b>

**Seznam literatury**  
**Seznam symbolů**  
**Seznam příloh**

## 1. ÚVOD

V naší republice jsme při nedostatku vlastních nerostných surovin závislí na exportu. Při exportu rozhoduje schopnost dodání konkurence schopného kvalitního výrobku v požadovaném čase s co nejlepším ekonomickým výsledkem. U výrobce je proto důležitá nejen kvalitní technická příprava, ale i optimální zhodnocení všech nákladů. Přední místo v exportu České Republiky zaujímá strojírenství.

V bakalářské práci jsem měla posoudit technologii plošného stříhání oproti dělení laserem nebo vodním paprskem. Po domluvě s vedoucím bakalářské práce bylo zadání změněno na posouzení technologie plošného stříhání oproti řezání plazmou. Toto posouzení má být nejen z hlediska technických možností, ale i ekonomického vyhodnocení pro danou sérii součásti zemědělského stroje. Takové vyhodnocení je nutné v obchodních aktivitách, kde rozhoduje kvalitní řízení výroby pro růst firmy. Práce je provedena pro jeden konkrétní výrobek ve spolupráci s firmou R+W Ferra s.r.o., tak aby se minimalizovalo i následné úpravy součásti. Pro realizaci výroby je navržen postupový střížný nástroj a jsou navrženy i konkrétní výrobní stroje pro stříhání i dělení plazmou.

Obecně by výsledky technicko-ekonomického hodnocení měly být zařazeny systémově do podnikové databáze se zahrnutím nákupu zboží či materiálu, režijních nákladů, vybavení, služeb a průzkumem trhu pro správné rozhodování podnikového managementu. Je to důležité, protože i dokonalý technický výrobek, který nesplní parametry ekonomické, se nemůže na trhu trvale umístit.

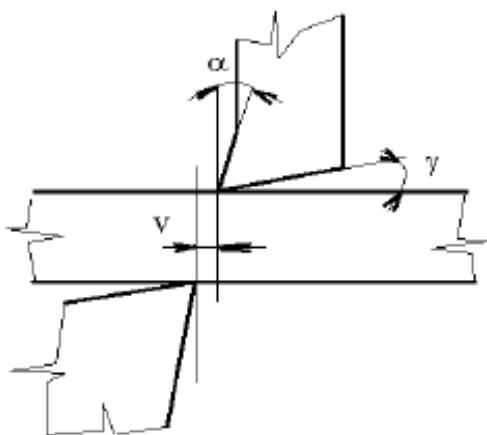
## 2. TECHNOLOGIE PLOŠNÉHO STŘÍHÁNÍ [1]

Při stříhání se působí na materiál vhodně upravenými noži tak, aby se materiál ustříhl v určité ploše. Pro dosažení kvalitního stříhu – bez ostřin – se musí zachovat určité podmínky, to je ostří nožů, vůli mezi noži atd. Nedodržení podmínek může mít za následek nejen nekvalitní střížnou plochu, ale i vylomení břitů nožů nebo zničení celého nástroje.

### 2.1 Všeobecně o střížném procesu [2]

Stříhání je postupné nebo současné oddělování částic materiálu stříhadly podél křivky stříhu. Křivku stříhu tvoří obvod výstřížku, střížníku a střížnice.

#### 2.1.1 Střížný proces [1], [2]

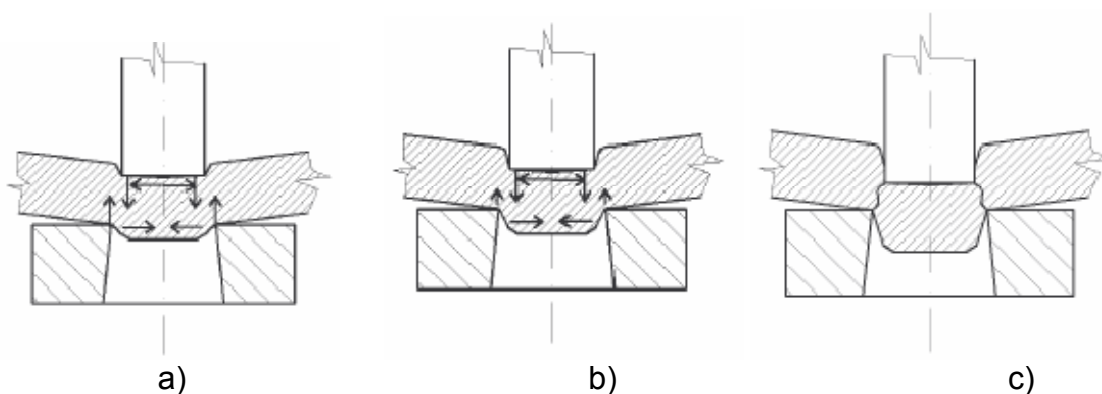


Při stříhání zatlačujeme stříhací nože do materiálu dvojicí sil  $F$  tak, aby nastalo oddělení materiálu v tzv. střížné rovině, podél níž se nože pohybují.

Tlak ve stříhaném materiálu se šíří od místa styku noži.

Nože přesunou části stříhaného materiálu proti sobě podél střížné plochy, kde začne vznikat tahové napětí. Přetvoření stříhaného materiálu vznikne kolem střížné plochy.

Obr. 2.1 Princip stříhání bez přidržovače



Obr. 2.2 Průběh stříhání  
a) první fáze, b) druhá fáze, c) třetí fáze

Průběh stříhání lze rozdělit do tří základních fází. V první fázi stříhání dochází k pružné deformaci stříhaného materiálu (obr. 2.2 a).

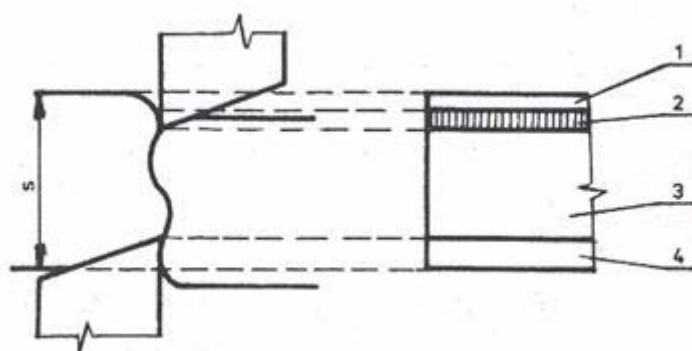
Ve druhé fázi je napětí větší než mez kluzu stříhaného materiálu a dochází k jeho trvalé deformaci (obr. 2.2 b).

V třetí fázi je materiál namáhán nad mez pevnosti ve stříhu (obr. 2.2 c). Nejdříve vzniknou u hran střížnice a střížníku trhlinky. Vzniklé trhlinky se rychle prodlužují, až dojde k oddělení výstřížku od výchozího materiálu. Rychlost vzniku a postupu trhlinek je závislá na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a na velikosti střížné vůle mezi střížnicí a střížníkem. Tvrdý a křehký materiál se oddělí téměř okamžitě a naopak u měkkých a houževnatých materiálů dochází k vzniku nástřihu – trhlinek – poměrně pomalu.

### 2.1.2 Kvalita střížné plochy [1], [7]

Kvalita střížné plochy závisí především na těchto faktorech:

- velikosti střížné mezery
- vlastnostech stříhaného materiálu
- kvalitě střížného nástroje
- způsobu stříhání



1 – zaoblení vstupní hrany plechu

2 – zatlačení nože do vzniku trhliny

3 – vlastní střížná plocha

4 – zatlačení spodního nože

Obr. 2.3 Kvalita střížné plochy

### 2.1.3 Zpevnění v okolí střížné plochy [1]

V okolí střížné plochy se stříhaný materiál trvale deformuje, a proto zde dochází i ke zpevnění a ke snížení tvárnosti. Maximální hodnoty přetvoření je dosaženo v těsné blízkosti střížné plochy (plocha, kde se od sebe stříhané části oddělí). Zpevnění způsobené stříhem zasahuje do hloubky stříhaného materiálu.

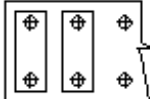



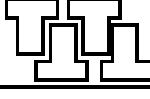
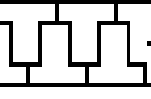
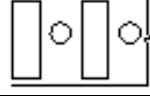


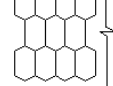
## 2.2 Nástřihový plán [1]

Stříháním se vyrábějí součásti buď přímo z pásů (ze svitků), nebo se pásy připraví rozstřížením tabulí plechu. Způsob uspořádání výstřížků na tabuli plechu se předepisuje do tzv. střížného plánu. Po zarovnání okraje lze potom stříhat potřebné pásy i dílce s nejlepším využitím materiálu.

Při vystřihování z pásu se opět výstřížky uspořádají tak, aby využití materiálu bylo co nejvhodnější.

## 2.2.1 Možné způsoby kombinace výstřížků [1]

Výstřížky můžeme kombinovat při stanovení stříhacího plánu mnoha způsoby. Při tvoření stříhacího plánu se někdy vychází z více druhů výstřížků, takže se kombinuje na tentýž výchozí materiál několik výstřížků společně.

Typ stříhu	S můstkem	Bez můstku
Přímý		
Nakloněný		
Střídavý		
Kombinovaný		
Víceřadý		

Obr. 2.4 Způsoby kombinace výstřížků

## 2.3 Síly a práce při stříhání

### 2.3.1 Střížná síla [4], [5]

Je to síla, která je potřebná k vystřížení výstřížku z pásu nebo z tabule plechu, ze svitku.

Střížnou sílu ovlivňují následující faktory:

- střížná vůle
- naostření střížných hran
- úhel sklonu střížných hran
- hloubka vniknutí střížníku do materiálu

$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \quad [\text{N}]$$

Kde	$F_s$	... střížná síla	[N]
	$n$	... koeficient zahrnující opotřebení (otupení) nástroje ( $n = 1,2 \div 1,55$ )	[-]
	$S$	... plocha stříhu ( $S = l \cdot t$ )	[mm <sup>2</sup> ]
	$\tau_s$	... střížný odpor ( $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ )	[MPa]
	$l$	... délka stříhu	[mm]
	$t$	... tloušťka stříhaného materiálu	[mm]
	$R_m$	... mez pevnosti v tahu	[MPa]

### 2.3.2 Střížná práce [4], [5]

Střížnou práci lze definovat jako plochu pod křivkou střížné síly. Střížnou práci ovlivňují:

- střížná síla
- třecí síly vznikající při vystřihování

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot F_s \cdot h \quad [\text{J}]$$

$$h = x \cdot t$$

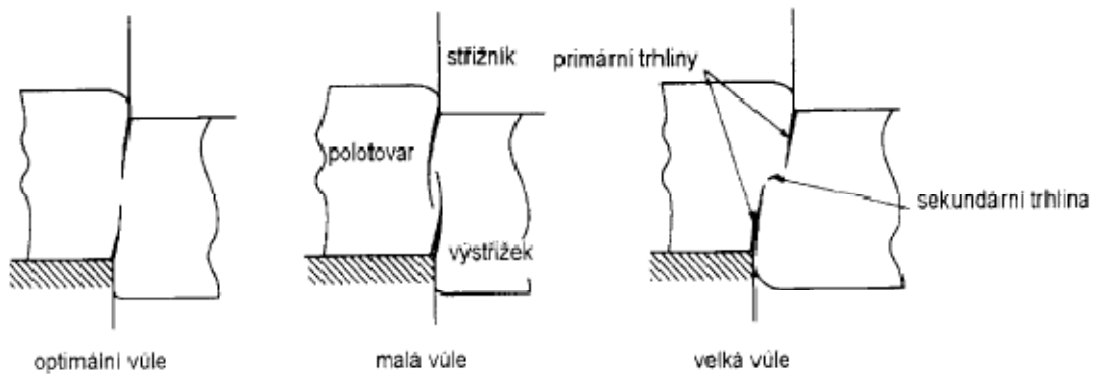
Kde	A	...	střížná práce	[J]
	$F_s$	...	střížná síla	[N]
	h	...	hloubka vniknutí pohyblivé střížné hrany do materiálu do okamžiku přerušení	[m]
	x	...	součinitel vniknutí nože	[-]
	t	...	tloušťka stříhaného materiálu	[m]

Materiál	Tloušťka materiálu [mm]			
	do 1	1 až 2	2 až 4	nad 4
oceli o pevnosti 250 až 350 MPa	0,70 až 0,65	0,65 až 0,60	0,60 až 0,50	0,45 až 0,35
oceli o pevnosti 350 až 500 MPa	0,60 až 0,55	0,55 až 0,50	0,50 až 0,42	0,40 až 0,30
oceli o pevnosti 500 až 700 MPa	0,45 až 0,40	0,40 až 0,35	0,35 až 0,30	0,30 až 0,15
Al, Cu žíhané	0,75 až 0,70	0,70 až 0,65	0,65 až 0,55	0,50 až 0,40

Tab. 2.1 Hodnoty součinitele X

### 2.3.3 Střížná vůle [5]

Střížná vůle je rozdíl mezi rozměrem pracovních částí střížníku a střížnice. Střížná mezera je polovina střížné vůle. U optimální střížné vůle se trhlínky od střížných hran setkají a tím se materiál oddělí při minimální střížné síle.



Obr. 2.5 Vliv střížné vůle na tvorbu střížné plochy

- Malá vůle → menší trvanlivost nástroje, horší jakost výstřížku
- Velká vůle → otvor kuželovitý, materiál je vytržený, při okraji se ohýbá
- Optimální vůle → obvod čistě ostřížen

Pro materiál tloušťky  $t \leq 3$  mm

$$v/2 = m_s = 0,32 \cdot c \cdot t \cdot \sqrt{T_s} \quad [\text{mm}]$$

Pro materiál tloušťky  $t > 3$  mm

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

Kde	v	...	střížná vůle	[mm]
	$m_s$	...	střížná mezera	[mm]
	c	...	součinitel, nižší hodnoty se volí, pokud chceme lepší střížnou plochu, při vyšších hodnotách lze dosáhnout minimální střížné síly ( $c = 0,005 - 0,035$ )	[-]
	t	...	tloušťka stříhaného materiálu	[mm]
	$T_s$	...	střížný odpor	[MPa]

## 2.4 Těžiště střížných sil [1], [3]

Stříhá-li se současně několika střížníky na lisu, musí výslednice všech střížných sil působit v ose lisu. Kdyby tato síla působila mimo osu, byl by beran velmi zatížen, a proto je nutné, aby stopka byla umístěna v této výslednici. Protože stopka je upínacím a zároveň i středícím elementem, vznikal by při jejím nevhodném umístění klopný moment na beranu lisu, který by namáhal vedení beranu a současně negativně ovlivňoval funkci nástroje (menší přesnost výrobků, snížení životnosti nástroje a předčasné opotřebení beranu lisu).

Umístění stopky lze zjistit graficky nebo početně tak, že se najde výslednice sil od všech střížníků v obou směrech a do průsečíku obou výslednic se stopka umístí. Střížné síly na jednotlivých střížnících jsou úměrné obvodu střížníků.

→ **Počtení řešení**

Při počtením řešení se vychází z podmínky, která platí pro rovnovážný stav, tj. že součet momentů sil ke zvolené přímce je roven nule.

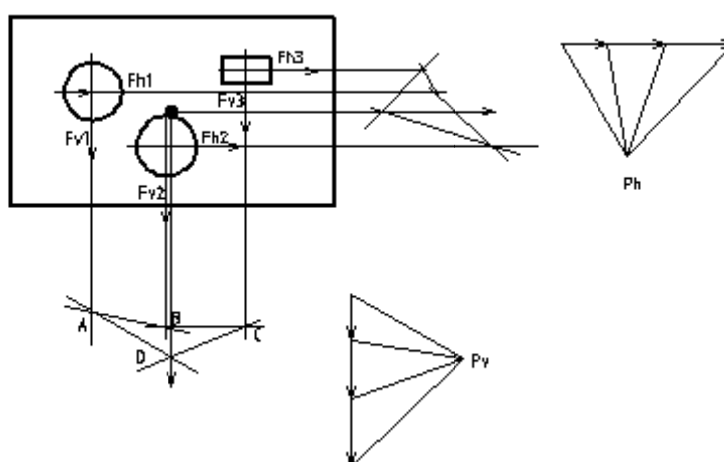
$$x_T = \frac{\sum F_i \cdot x_i}{\sum F_i} \quad [\text{mm}]$$

$$y_T = \frac{\sum F_i \cdot y_i}{\sum F_i} \quad [\text{mm}]$$

Kde	$x_T$	... vzdálenost od počátku v ose x odpovídající těžišti střižných sil	[mm]
	$y_T$	... vzdálenost od počátku v ose y odpovídající těžišti střižných sil	[mm]
	$F_i$	... střižná síla pro vystřižení i-tého prvku	[N]
	$x_i$	... vzdálenost od počátku v ose x odpovídající těžišti i-tého prvku	[mm]
	$y_i$	... vzdálenost od počátku v ose y odpovídající těžišti i-tého prvku	[mm]

→ **Grafické řešení**

Z těžiště tvaru příslušného střižníku stačí vynést jeho obvod v libovolném měřítku jako úsečku a pomocí pólového obrazce najít výslednici sil v ose x a y.



Obr. 2.6 Grafické řešení těžiště



### 3. TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE SOUČÁSTI [2]

Technologičností konstrukce součásti rozumíme možnost zhotovit tuto součást při nejnižších výrobních nákladech při nejkratší výrobní době.

Technologičnost konstrukce je vlastnost relativní a lze se o ni přesvědčit jen vzájemným porovnáním konstrukčních alternativ. Technologičnost závisí na výrobních poměrech jako např. na velikosti série, na zařízení výrobního závodu, organizaci výroby apod.

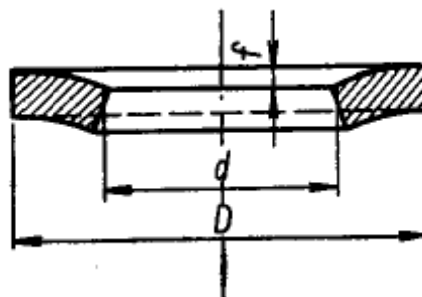
Technologičnosti konstrukce výstřižků se dosáhne respektováním některých nedokonalostí procesu stříhání. Jsou to:

- a) drsnost střížné plochy, jež vzniká z větší části lomem materiálu;
- b) malé zešíkmení střížné plochy vlivem mezery mezi břity, jež se opotřebením stříhadla zvětšuje;
- c) zeslabení tloušťky plechu podíl střížné plochy;
- d) zpevnění materiálu do hloubky asi (0,1 až 0,2) t;
- e) odchytky v rozměrech výstřižků způsobené výrobou a hlavně opotřebením stříhadla a v malé míře i odpružením;
- f) prohnutí některých výstřižků ohybovým momentem obou složek střížné síly.

Zabránit uvedeným nedokonalostem je samozřejmě možné (např. tzv. přesným stříháním, přistřihováním, kalibrováním apod.), ovšem za cenu zvýšení výrobních nákladů (dražší nástroj, přídatné operace).

#### 3.1 Pravidla technologičnosti

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. Při obvyklé jakosti stříhu má část střížné plochy odpovídající drsnost  $R_a = 3,2$  až  $0,8$ . Drsnost částí střížné plochy vytvořené lomem je  $R_a = 3,6$  až  $6,3$  a je zkosená o  $1^\circ$  až  $6^\circ$  v závislosti na velikosti střížné vůle, otupení a opotřebením nástroje.
3. Rovinnost malých výstřižků z tlustých plechů větší tvárnosti se může porušit vlivem ohybového momentu dvojice střížných sil.



Obr. 3.1 Deformace výstřižků ohybovým momentem

4. Nejmenší velikost otvorů, jež lze běžným nástrojem prostříhnout, závisí na tloušťce a druhu materiálu.

Materiál	Obvyklé děrování		Děrování vedeným střížníkem a s přidržovačem	
	A <sub>A</sub>	B <sub>B</sub>	A <sub>A</sub>	B <sub>B</sub>
textid, apod. pertinax	0,40	0,35	0,30	0,25
hliník	0,80	0,60	0,30	0,25
měkká ocel	0,80	0,60	0,30	0,25
mosaz	1,00	0,80	0,35	0,30
tvrdá ocel	1,50	1,20	0,50	0,40

Rozměry jsou udány v násobku tloušťky:

A<sub>A</sub> – průměr kruhového otvoru,

B<sub>B</sub> – šířka obdélníkového otvoru.

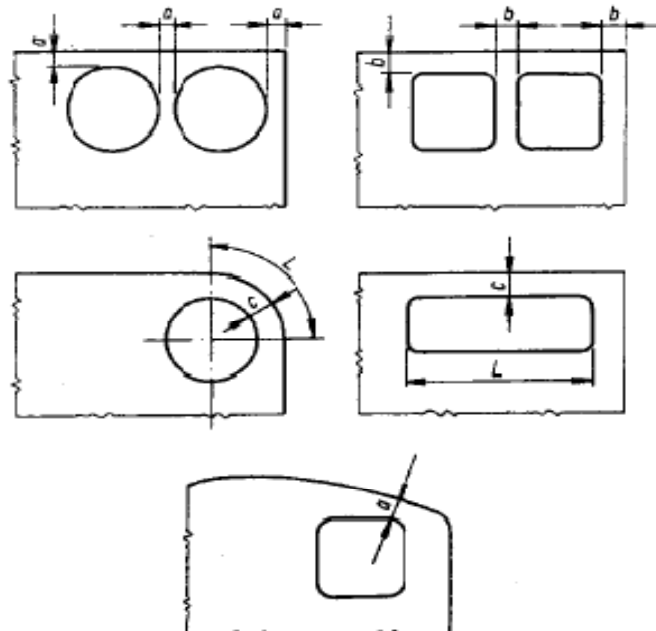
Tab. 3.1 Nejmenší velikost otvorů

5. Otvorům kruhového průřezu je třeba vždy dát přednost  
6. Vzdálenost mezi otvory nebo otvorů od okraje výstřižků má být:

$$a \geq 0,8 t,$$

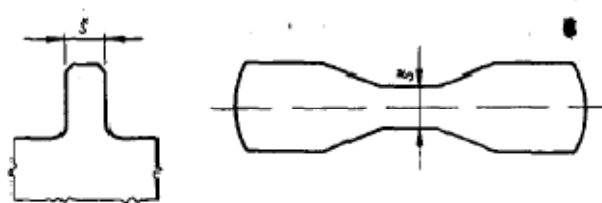
$$b \geq t,$$

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



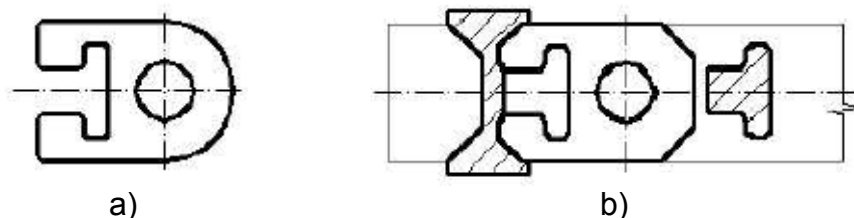
Obr. 3.2 Vzdálenost mezi otvory

7. Šířka vyčnívajících částí nebo nejmenší šířka štíhlých výstřížků má být  $\bar{s} = 1,5 t$ .



Obr 3.3 Šířka součástí

8. Rohy na výstřížku mají být sražené nebo zaobleny. Sražení pod  $45^\circ$  je nezbytné, vzniká-li obrys postupovým 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  $r > 0,5 t$  nebo zkosen  $k > t$ .

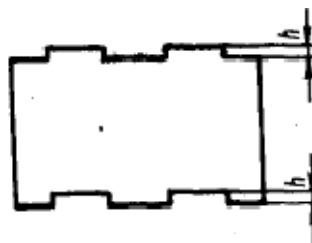


a) b)  
a - vhodný tvar, b - nevhodný tvar

Obr. 3.4 Úprava rohů výstřížků

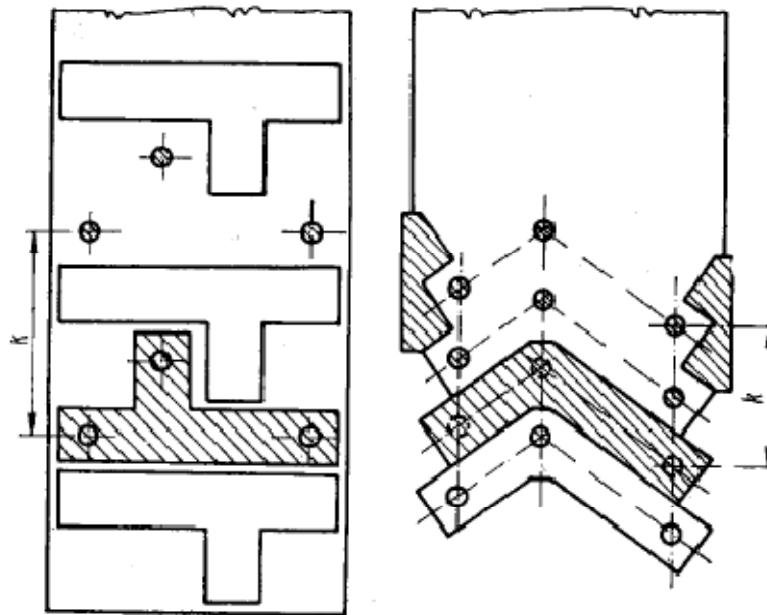
9. Není správné měnit na výstřížku poloměr zaoblení rohů, střídat ostré a zaoblené rohy.
10. Plynulé přechody oblouků do přímých částí obrysu apod. zdražují nástroj a vyžadují uzavřený stříh.
11. Vystupující, delší části obrysu výstřížku nebo jim podobná zaoblení mají mít výšku:

$$h_z \geq 1,2 t.$$



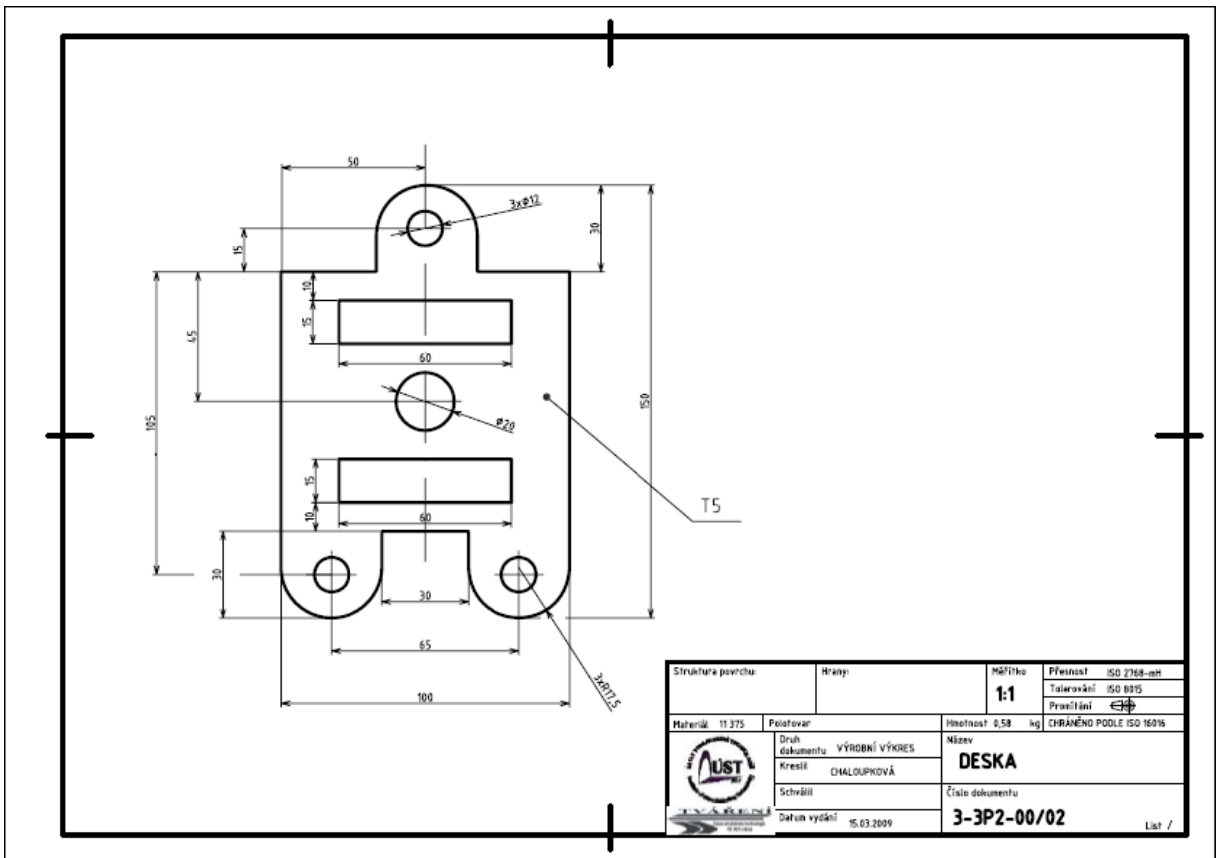
Obr. 3.5 Úprava výšky zaoblení

12. Při stříhání na nůžkách volíme tvary vyžadující nejmenší počet stříhů.
13. Nejvhodnější tvar výstřížků je rovnoběžník, jehož protější strany jsou stejně tvarovány jako negativ a pozitiv.
14. Kruhový obrys výstřížku je obecně nevýhodný, ztráta materiálu tu bývá průměrně 30%.
15. Rozvětvené tvary výstřížku jsou velmi neúspěšné, třeba hledat tvary spojitě. Čím je jednodušší obrys, tím je snazší a levnější výroba nástroje a jeho údržba, zvláště u malých výstřížků.



Obr. 3.6 Úprava výstřížku pro stříhání bez přepážky

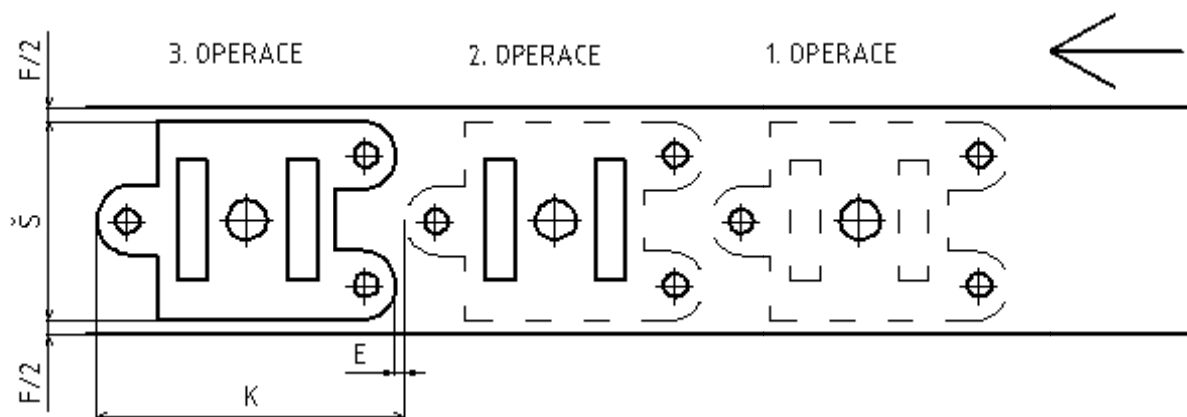
Podle technologičnosti lze součást vyrobit bez dalších úprav.



## 4. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

### 4.1 Nástřihový plán

Výstřižky se vyrábějí z pásu plechu. Pás plechu se stříhá z tabule plechu o rozměrech 1 250 x 2 500 mm z materiálu 11 375.



Obr. 4.1 Nástřihový plán

→ Velikost můstku	$E_m$ ... určen z přílohy č.1	6 mm
→ Velikost okraje	F ... určen z přílohy č.1	13 mm
→ Šířka součásti	š ... dle výkresu 3-3P2-00/02	100 mm
→ Délka součásti	D ... dle výkresu 3-3P2-00/02	150 mm
→ Šířka pásu	š <sub>p</sub> ... šířka pásu plechu	100 mm
→ Krok	K ... velikost kroku	153 mm

<u>Krok</u>	$K = D + E_m = 150 + 6 = 156$ mm
<u>Šířka pásu</u>	$š_p = š + F = 100 + 13 = 113$ mm

### 4.2 Technologické výpočty

#### 4.2.1 Výpočet spotřeby materiálu [7]

- Počet pásů z jedné tabule:

$$P_p = 1\,250 / š_p = 1\,250 / 113 = 11,06 = 11 \text{ ks pásů}$$

Kde  $P_p$  ... počet pásů z jedné tabule [ks]

- Počet kusů výstřižků z jednoho pásu:

$$P_{k_p} = 2\,500 / K = 2\,500 / 156 = 16,02 = 16 \text{ ks}$$

Kde  $P_{k_p}$  ... počet kusů výstřižků z jednoho pásu [ks]

- Počet kusů výstřížků z jedné tabule:

$$P_{K_t} = P_{K_p} \cdot P_p = 11 \cdot 16 = 176 \text{ ks}$$

Kde  $P_{K_t}$  ... počet kusů výstřížků z jedné tabule [ks]

- Počet tabulí na zhotovení 120 000 ks:

$$V_{\text{tab}} = 120\,000 / P_{K_t} = 120\,000 / 176 = 681,8 = 682 \text{ ks}$$

Kde  $V_{\text{tab}}$  ... počet tabulí na zhotovení série [ks]

#### 4.2.2 Využití tabule plechu [12]

→ Obsah výstřížku byl zjištěn v programu Autodesk Inventor Professional 11  
Obsah :  $S_v = 11\,755,7 \text{ mm}^2$

$$[(S_v \cdot P_{K_t}) / S_t] \cdot 100 = [(11\,755,7 \cdot 176) / (1\,250 \cdot 2\,500)] \cdot 100 = 66,2 \%$$

Kde  $S_v$  ... obsah výstřížku [mm<sup>2</sup>]  
 $S_t$  ... obsah tabule [mm<sup>2</sup>]

#### 4.2.3 Výpočet střížné síly

- Střížná síla pro otvor  $\varnothing 12$ :

$$F_{s1} = n \cdot S \cdot T_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m = 1,3 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 6) \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 400$$

$$F_{s1} = 78\,414,2 \text{ N} = 78,4 \text{ kN}$$

- Střížná síla pro otvor  $\varnothing 20$ :

$$F_{s2} = n \cdot S \cdot T_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m = 1,3 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 10) \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 400$$

$$F_{s2} = 130\,690,3 \text{ N} = 130,7 \text{ kN}$$

- Střížná síla pro otvor 15x60:

$$F_{s3} = n \cdot S \cdot T_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m = 1,3 \cdot [2 \cdot (15 + 60)] \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 400$$

$$F_{s3} = 312\,000 \text{ N} = 312 \text{ kN}$$

- Střížná síla pro tvar:

$$F_{s4} = n \cdot S \cdot T_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m = 1,3 \cdot 514,9 \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 400$$

$$F_{s4} = 1\,071\,061,9 \text{ N} = 1\,071,1 \text{ kN}$$

$$l = 2 \cdot 90 + 6 \cdot 12,5 + 3 \cdot [(2 \cdot \pi \cdot 17,5) / 2] + 2 \cdot 32,5 + 30 = 514,9 \text{ mm}$$

- Celková střížná síla:

$$F_{\text{scel}} = 3 \cdot F_{S_1} + F_{S_2} + 2 \cdot F_{S_3} + F_{S_4}$$

$$F_{\text{scel}} = 78,4 + 78,4 + 78,4 + 130,7 + 312 + 312 + 1\,071,1$$

$$F_{\text{scel}} = 2\,061 \text{ kN}$$

#### 4.2.4 Výpočet střížné práce

- Střížná práce:

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot F_{\text{scel}} \cdot h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2\,061 \cdot 1,75 = 2\,832,7 \text{ J}$$

$$x = 0,4 \div 0,3 \quad \dots \text{ volím } 0,35$$

$$h = x \cdot t = 0,35 \cdot 5 = 1,75 \text{ mm}$$

#### 4.2.5 Výpočet střížné vůle

- Střížná vůle:

$$v = (7\% \div 10\%) \cdot t = 0,08 \cdot 5 = 0,4 \text{ mm}$$

$$v = (0,35 \div 0,5) \text{ mm}$$

střížná vůle viz příloha č. 2

#### 4.2.6 Výpočet střížníku na vzpěr [3]

- Kontrola střížníku na vzpěr:

Uvedený vzorec platí pro vedený střížník  $\varnothing 12$ , nejmenší průměr na výstřižku.

$$l_{\text{krit}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{\mu \cdot d \cdot t \cdot \tau_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1\,036,8}{1,8 \cdot 12 \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 400}} = 498,7 \text{ mm}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^5$$

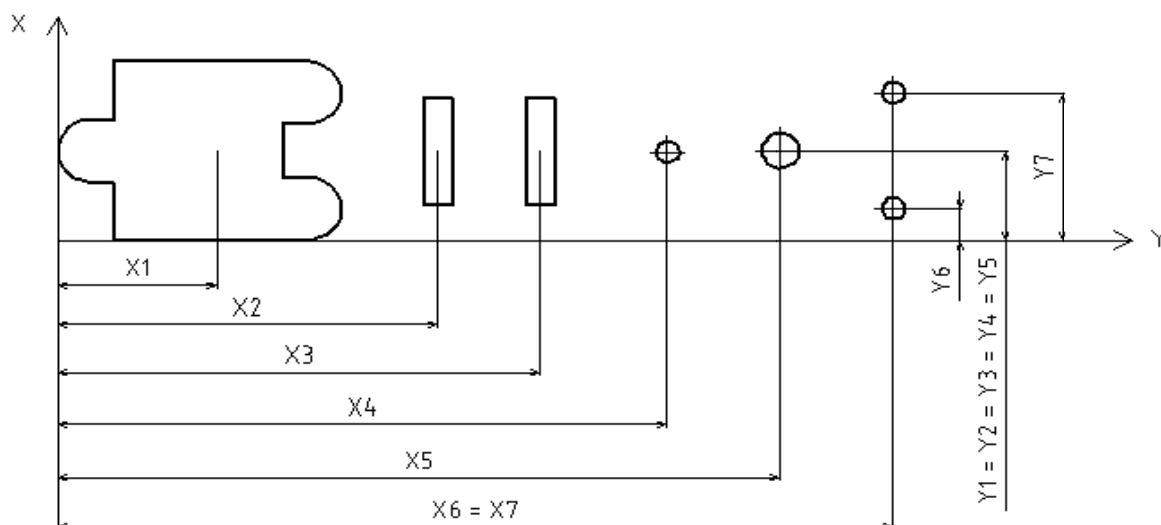
$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = 0,05 d^4$$

Kde	$l_{\text{krit}}$	...	kritická délka střížníku	[mm]
	$E$	...	modul pružnosti v tahu ( $E = 2,1 \cdot 10^5$ )	[MPa]
	$I$	...	moment setrvačnosti průřezu	[mm <sup>4</sup> ]
	$\mu$	...	koeficient bezpečnosti ( $\mu = 1,5 \div 2$ )	[-]
	$d$	...	průměr střížníku	[mm]
	$t$	...	tloušťka materiálu	[mm]
	$\tau_s$	...	střížný odpor ( $\tau_s = 0,8 \cdot 400$ )	[MPa]

Střížník by neměl být delší než 498,7 mm.



## 4.2.7 Těžiště střížných sil



Obr. 4.2 Souřadnice os

### Souřadnice osy x

$$\begin{aligned} x_1 &= 85,1 \text{ mm} & x_5 &= 385 \text{ mm} \\ x_2 &= 202,5 \text{ mm} & x_6 &= 445 \text{ mm} \\ x_3 &= 257,5 \text{ mm} & x_7 &= 445 \text{ mm} \\ x_4 &= 325 \text{ mm} & & \end{aligned}$$

### Souřadnice osy y

$$\begin{aligned} y_1 &= 50 \text{ mm} & y_5 &= 50 \text{ mm} \\ y_2 &= 50 \text{ mm} & y_6 &= 17,5 \text{ mm} \\ y_3 &= 50 \text{ mm} & y_7 &= 82,5 \text{ mm} \\ y_4 &= 50 \text{ mm} & & \end{aligned}$$

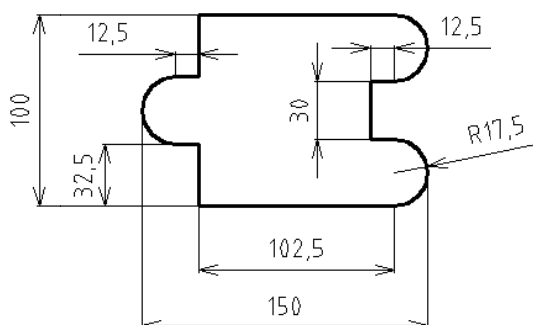
### Střížná síla a těžiště pro tvar

Pro složitost tvaru výstřížku je celkové těžiště vypočítáno níže:

#### – Střížná síla pro tvar

$$F_1 = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m = 1,3 \cdot 514,9 \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 400$$

$$F_1 = 1\,071\,061,9 \text{ N} = 1\,071,1 \text{ kN}$$



Obr. 4.3 Otvor 100 x 150

	l	x	y
1	54,98	10,07	50,00
2	12,50	23,75	67,50
3	32,50	30,00	83,75
4	102,50	81,25	100,00
5	54,98	139,93	82,50
6	12,50	126,25	65,00
7	30,00	120,00	50,00
8	12,50	126,25	35,00
9	54,98	139,93	17,50
10	102,50	81,25	0,00
11	32,50	30,00	16,25
12	12,50	23,75	32,50

Tab. 4.1 Souřadnice os x a y

$$F_{Ti} = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m$$

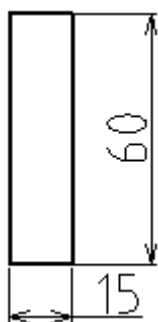
$F_{T1} =$	228,7 kN	$F_{T7} =$	62,4 kN
$F_{T2} =$	26 kN	$F_{T8} =$	26 kN
$F_{T3} =$	67,6 kN	$F_{T9} =$	228,7 kN
$F_{T4} =$	213,2 kN	$F_{T10} =$	213,2 kN
$F_{T5} =$	228,7 kN	$F_{T11} =$	67,6 kN
$F_{T6} =$	26 kN	$F_{T12} =$	26 kN

– *Těžiště pro tvar*

$$x_T = \frac{\sum F_{Ti} \cdot x_i}{\sum F_{Ti}} = \frac{120\,296}{1\,414,1} = 85,1 \text{ mm}$$

$$y_T = \frac{\sum F_{Ti} \cdot y_i}{\sum F_{Ti}} = \frac{70\,705}{1\,414,1} = 50 \text{ mm}$$

#### Střížná síla pro otvor 15 x 60



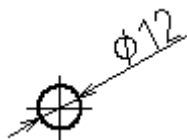
$$F_2 = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m$$

$$F_2 = 1,3 \cdot [2 \cdot (15 + 60)] \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 400 = 312 \text{ kN}$$

$$F_2 = F_3$$

Obr. 4.4 Otvor 15 x 60

#### Střížná síla pro průměr 12



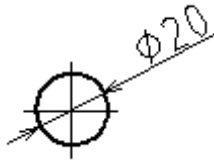
$$F_4 = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m$$

$$F_4 = 1,3 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 6) \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 400 = 78,4 \text{ kN}$$

$$F_4 = F_6 = F_7$$

Obr. 4.5 Otvor průměr 12

### Střížná síla pro průměr 20

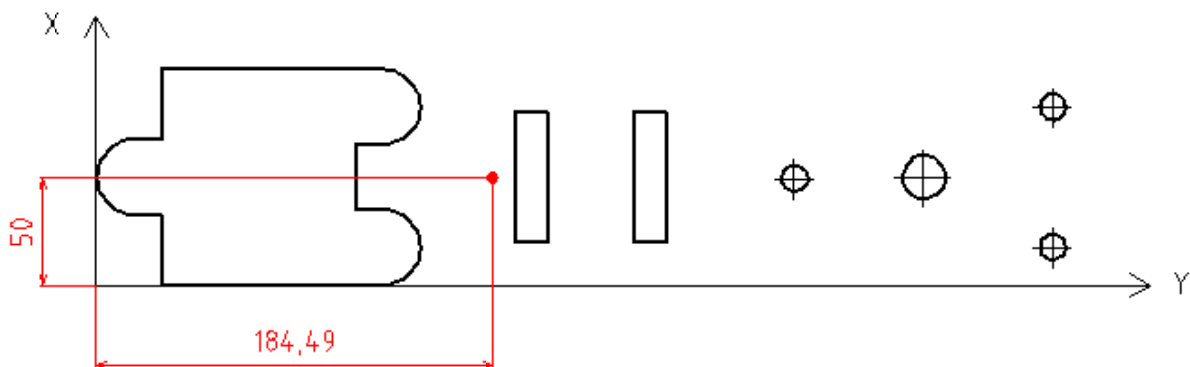


$$F_5 = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m$$
$$F_5 = 1,3 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 10) \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 400 = 130,7 \text{ kN}$$

Obr. 4.6 Otvor průměr 20

### Těžiště střížných sil

T [184,49 ; 50]



Obr. 4.7 Těžiště střížných sil

$$x_T = \frac{\sum F_i \cdot x_i}{\sum F_i}$$

$$x_T = \frac{85,1 \cdot 1071,1 + 202,5 \cdot 312 + 257,5 \cdot 312 + 325 \cdot 78,4 + 385 \cdot 130,7 + 2 \cdot (445 \cdot 78,4)}{1\ 071,1 + 312 + 312 + 78,4 + 130,7 + 78,4 + 78,4}$$

$$x_T = \frac{380\ 246,11}{2\ 061} = 184,49 \text{ mm}$$

$$y_T = \frac{\sum F_i \cdot y_i}{\sum F_i}$$

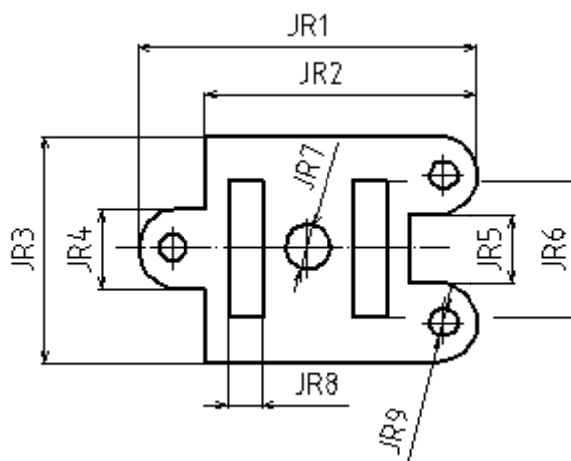
$$y_T = \frac{50 \cdot 1071,1 + 50 \cdot 312 + 50 \cdot 312 + 50 \cdot 78,4 + 50 \cdot 130,7 + 17,5 \cdot 78,4 + 82,5 \cdot 78,4}{1\ 071,1 + 312 + 312 + 78,4 + 130,7 + 78,4 + 78,4}$$

$$y_T = \frac{103\ 050}{2\ 061} = 50 \text{ mm}$$

#### 4.2.8 Stanovení rozměrů střížnice a střížníku [2]

K tomu, aby žádané množství výstřížků mělo požadované tolerance, je třeba navrhnout rozměry stříhadla s přihlédnutím na jeho opotřebením během jeho pracovní činnosti. Ve většině případů způsobuje opotřebením činných částí nástroje zvětšení nebo zmenšení rozměrů výstřížků či stříhaných otvorů.

Při oddělování materiálu se obě činné části nástroje (střížník a střížnice) opotřebovávají. Střížník se během stříhání zmenšuje a střížnice zvětšuje.



JR1 = 150 mm	JR6 = 60 mm
JR2 = 120 mm	JR7 = 20 mm
JR3 = 100 mm	JR8 = 15 mm
JR4 = 35 mm	JR9 = 12 mm
JR5 = 30 mm	

Obr. 4.8 Jmenovité rozměry

#### A. Vystřihování:

Jmenovitý rozměr JR [mm]	Tolerance součástky TS [mm]	Přípustná míra opotřebení P [mm]	Výrobní tolerance střížnice TE [mm]	Výrobní tolerance střížníku TA [mm]
JR1 = 150	± 0,5	0,41	0,16	0,1
JR2 = 120	± 0,3	0,25	0,1	0,062
JR3 = 100	± 0,3	0,25	0,1	0,062
JR4 = 35	± 0,3	0,25	0,1	0,062
JR5 = 30	± 0,2	0,17	0,063	0,040

- Rozměry střížnice

$$REV = (JR - P)^{+TE}$$

$$REV = (150 - 0,41)^{+0,16} = 149,59^{+0,16} \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{REV} &= (120 - 0,25)^{+0,1} = 119,75^{+0,1} \text{ mm} \\ \text{REV} &= (100 - 0,25)^{+0,1} = 99,75^{+0,1} \text{ mm} \\ \text{REV} &= (35 - 0,25)^{+0,1} = 34,75^{+0,1} \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{REV} &= (\text{JR} + \text{P})_{-\text{TE}} \\ \text{REV} &= (30 + 0,17)_{-0,063} = 30,17_{-0,063} \text{ mm} \end{aligned}$$

- Rozměry střížníku

$$\begin{aligned} \text{RAV} &= (\text{REV} - \text{V} + \text{TA})_{-\text{TA}} \\ \text{RAV} &= (149,59 - 0,4 + 0,1)_{-0,1} = 149,29_{-0,1} \text{ mm} \\ \text{RAV} &= (119,75 - 0,4 + 0,062)_{-0,062} = 119,412_{-0,062} \text{ mm} \\ \text{RAV} &= (99,75 - 0,4 + 0,062)_{-0,062} = 99,412_{-0,062} \text{ mm} \\ \text{RAV} &= (34,75 - 0,4 + 0,062)_{-0,062} = 34,412_{-0,062} \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RAV} &= (\text{REV} + \text{V} - \text{TA})_{+\text{TA}} \\ \text{RAV} &= (30,17 + 0,4 - 0,04)^{+0,04} = 30,53^{+0,04} \text{ mm} \end{aligned}$$

Kde	REV	...	rozměr střížnice při vystřihování	[mm]
	RAV	...	rozměr střížníku při vystřihování	[mm]
	JR	...	jmenovitý rozměr součásti	[mm]
	V	...	střížná vůle	[mm]
	TS	...	tolerance jmenovitého rozměru	[mm]
	P	...	přípustná míra opotřebení	[mm]
	TE	...	výrobní tolerance střížnice	[mm]
	TA	...	výrobní tolerance střížníku	[mm]

## B. Děrování:

Jmenovitý rozměr JR [mm]	Tolerance součástky TS [mm]	Přípustná míra opotřebení P [mm]	Výrobní tolerance střížnice TE [mm]	Výrobní tolerance střížníku TA [mm]
JR6 = 60	± 0,3	0,25	0,1	0,062
JR7 = 20	± 0,2	0,17	0,063	0,040
JR8 = 15	± 0,2	0,17	0,063	0,040
JR9 = 12	± 0,2	0,17	0,063	0,040

- Rozměry střížníku

$$\begin{aligned} \text{RAD} &= (\text{JR} + \text{P})_{-\text{TA}} \\ \text{RAD} &= (60 + 0,25)_{-0,062} = 60,3_{-0,062} \text{ mm} \\ \text{RAD} &= (20 + 0,17)_{-0,04} = 20,17_{-0,04} \text{ mm} \\ \text{RAD} &= (15 + 0,17)_{-0,04} = 15,17_{-0,04} \text{ mm} \\ \text{RAD} &= (12 + 0,17)_{-0,04} = 12,17_{-0,04} \text{ mm} \end{aligned}$$

- Rozměry střížnice

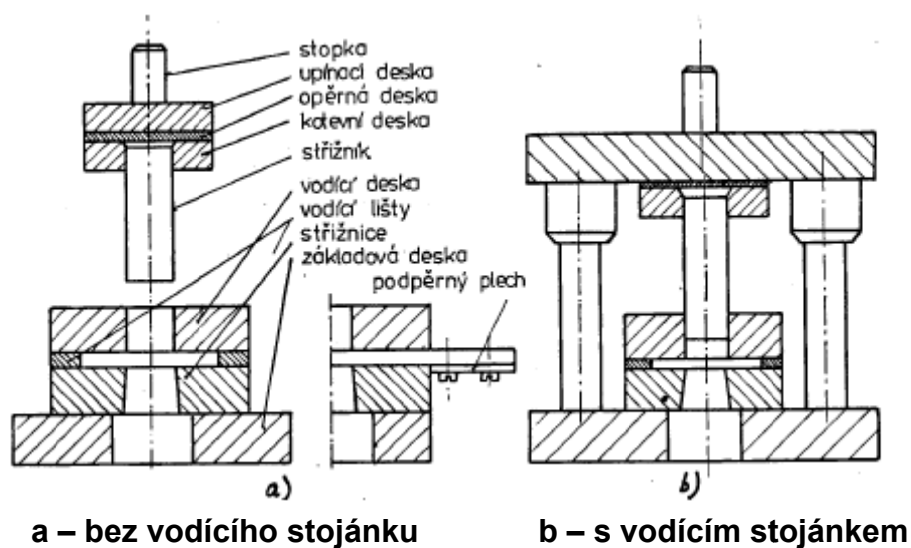
$$\begin{aligned} \text{RED} &= (\text{RAD} + \text{V} - \text{TE})^{+\text{TE}} \\ \text{RED} &= (60,3 + 0,4 - 0,1)^{+0,1} = 60,6^{+0,1} \text{ mm} \\ \text{RED} &= (20,17 + 0,4 - 0,063)^{+0,063} = 20,507^{+0,063} \text{ mm} \\ \text{RED} &= (15,17 + 0,4 - 0,063)^{+0,063} = 15,507^{+0,063} \text{ mm} \\ \text{RED} &= (12,17 + 0,4 - 0,063)^{+0,063} = 12,507^{+0,063} \text{ mm} \end{aligned}$$

Kde	RED	...	rozměr střížnice při děrování	[mm]
	RAD	...	rozměr střížníku při děrování	[mm]
	JR	...	jmenovitý rozměr součásti	[mm]
	V	...	střížná vůle	[mm]
	TS	...	tolerance jmenovitého rozměru	[mm]
	P	...	přípustná míra opotřebení	[mm]
	TE	...	výrobní tolerance střížnice	[mm]
	TA	...	výrobní tolerance střížníku	[mm]

Rozměr	Jmenovitý rozměr JR [mm]	Rozměr střížnice REV/RED [mm]	Rozměr střížníku RAV/RAD [mm]
JR1	150	149,59 <sup>+0,16</sup>	149,29 <sub>-0,1</sub>
JR2	120	119,75 <sup>+0,1</sup>	119,412 <sub>-0,062</sub>
JR3	100	99,75 <sup>+0,1</sup>	99,412 <sub>-0,062</sub>
JR4	35	34,75 <sup>+0,1</sup>	34,412 <sub>-0,062</sub>
JR5	30	30,17 <sub>-0,063</sub>	30,53 <sup>+0,04</sup>
JR6	60	60,6 <sup>+0,1</sup>	60,3 <sub>-0,062</sub>
JR7	20	20,507 <sup>+0,063</sup>	20,17 <sub>-0,04</sub>
JR8	15	15,507 <sup>+0,063</sup>	15,17 <sub>-0,04</sub>
JR9	12	12,507 <sup>+0,063</sup>	12,17 <sub>-0,04</sub>

Tab. 4.2 *Rozměry střížnice a střížníku*

#### 4.3 Návrh sestavy střížného nástroje [6]

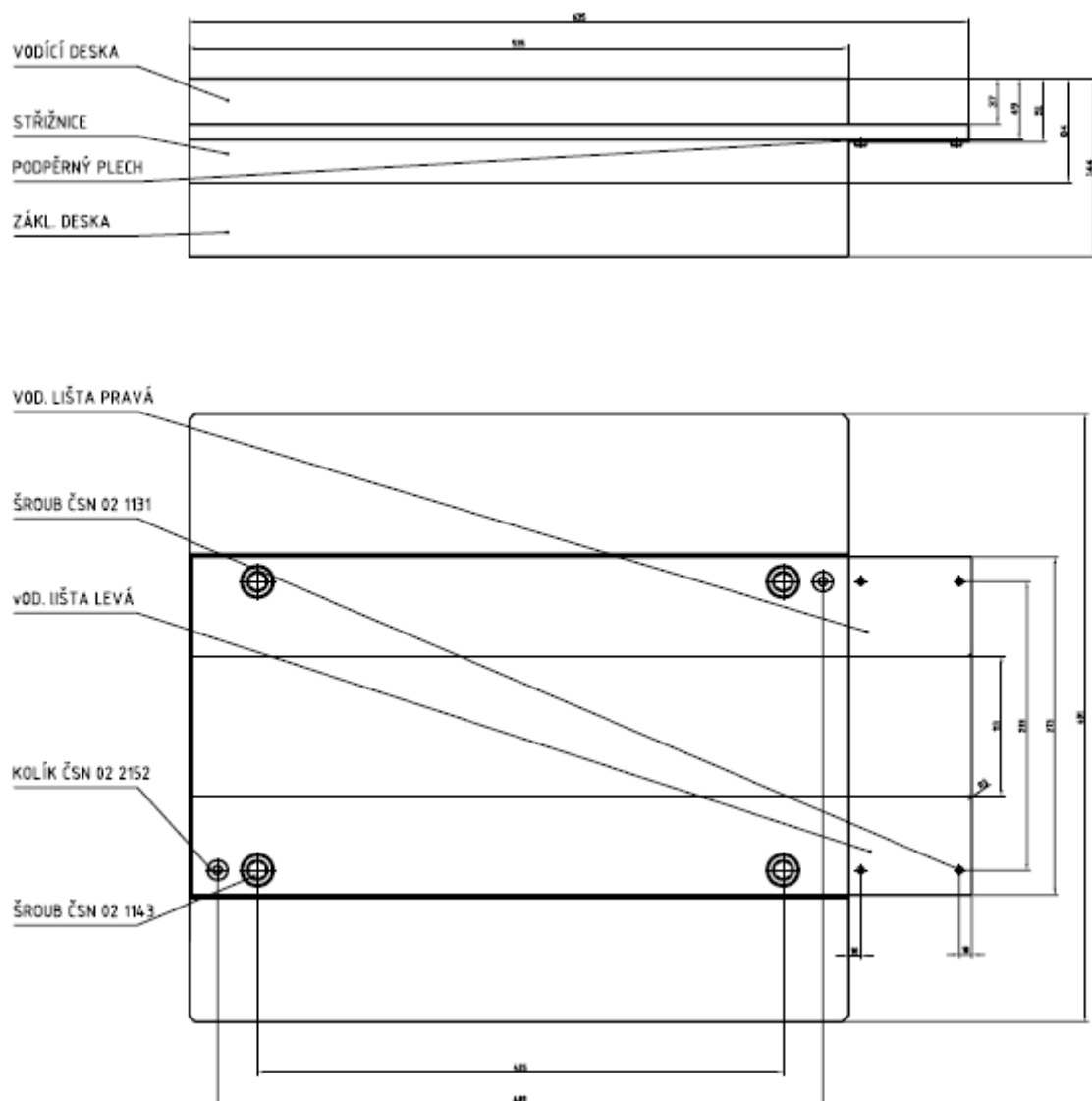


Obr 4.9 Střížný nástroj

- **Střížnice**
  - střížnice je nejnákladnější část střížného nástroje. Tloušťka střížnice se většinou pohybuje mezi 18 až 30 mm.
- **Střížníky**
  - u střížníků je možné se setkat s různými konstrukcemi. Všechny konstrukce by měly splňovat několik základních předpokladů, které jsou nutné ke kvalitní výrobě střížníku. Jsou to: tuhost, kolmé upevnění, neotupené ostří.
- **Základová deska**
  - pomocí základové desky je nástroj přichycen k lisu.
- **Opěrná deska**
  - o tuto desku mohou být opřeny střížníky nebo střížnice. Tuto desku je vhodné vyrábět z materiálů, které mají větší tvrdost.
- **Vodící deska**
  - vodící deska má za úkol vést střížníky přesně na místo stříhu. Také napomáhá dlouhým a tenkým střížníkům aby nebyly namáhány na vzpěr.
- **Kotevní deska**
  - zde jsou ukotveny střížníky.
- **Upínací deska**
  - na upínací desce je připevněna stopka, která se přichytí do beranu lisu.
- **Vodící lišty**
  - vodící lišty jsou pevně přichyceny na nástroji a mají funkci pouze vést pás plechu ve střížném nástroji.

- **Stopka**  
- upínací stopkou je střížný nástroj připevněn k lisu.
- **Dorazy**  
- posouvání pásu plechu je v nástroji omezováno dorazy.
- **Hledáčky**  
- hledáčky se musí do střížného nástroje zakomponovat zejména, když se vyžaduje přesné středění pásů.

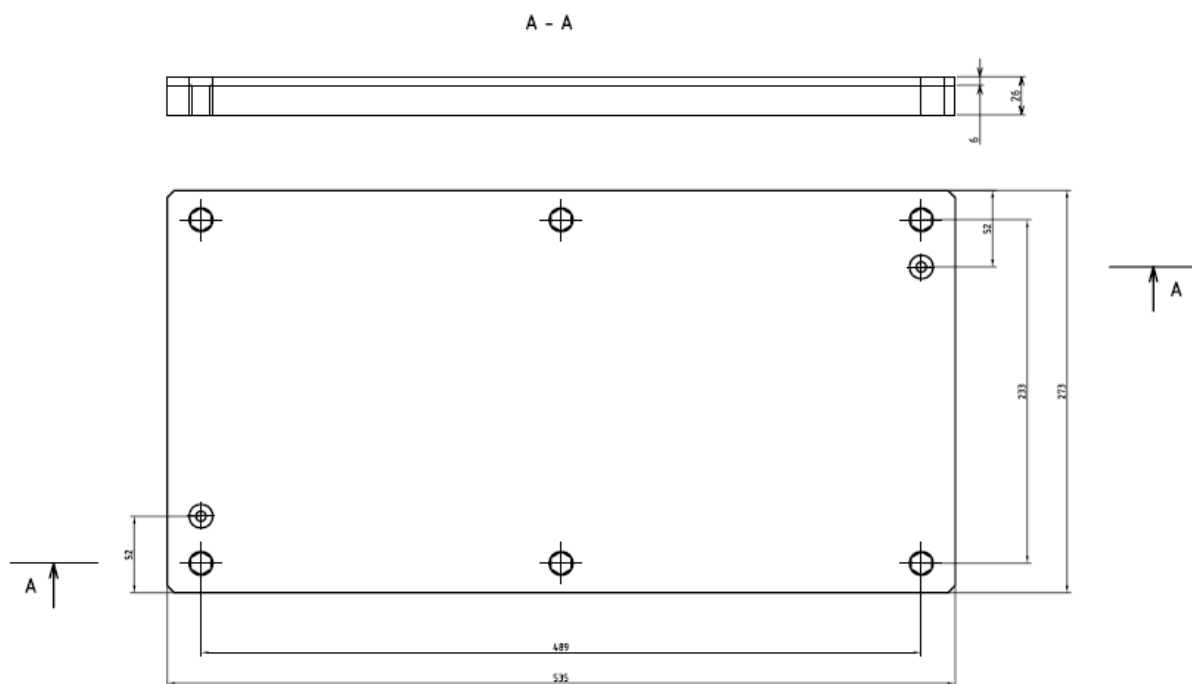
#### 4.3.1 Návrh střížné skříně



Obr. 4.10 Střížná skříň 535 x 273



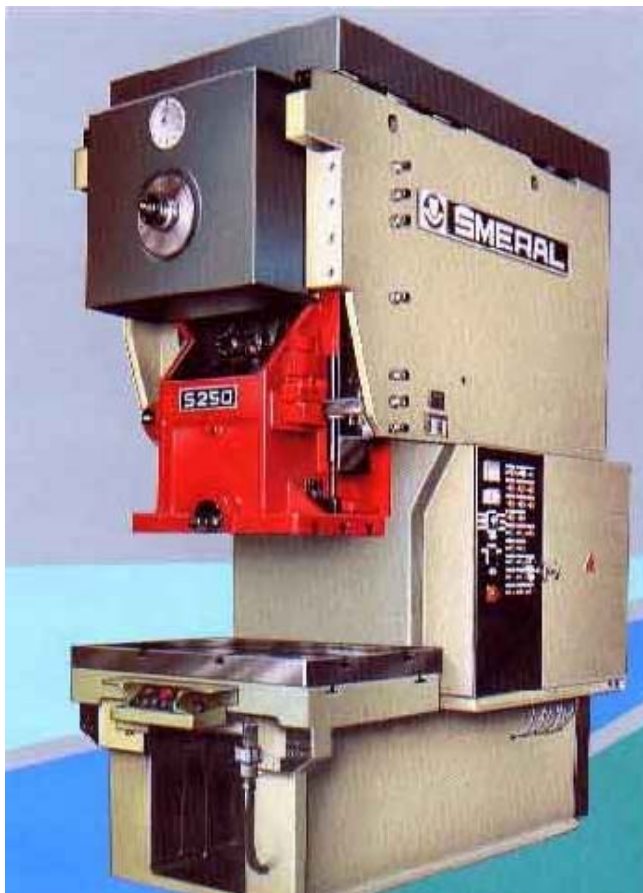
### 4.3.2 Návrh hlavice



Obr. 4.11 Hlavice 535 x 273

## 5. VOLBA STROJE [10]

Vzhledem k velikosti celkové střížné síly  $F_{s_{cel}} = 2\,061\text{ kN}$  byl zvolen výstředníkový lis S 250.



Obr. 5.1 Výstředníkový lis S 250

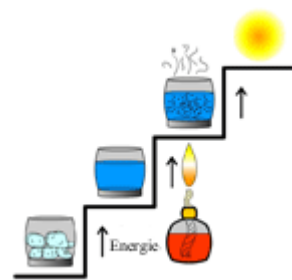
### Technické parametry lisu S 250

<b>Technické parametry</b>		
Jmenovitá síla	kN	2 500
Zdvih	mm	30 - 200
Sevření	mm	600
Přestavení beranu	mm	125
Počet zdvihů	min <sup>-1</sup>	50
Počet využitelných zdvihů	mm <sup>-1</sup>	30
Rozměr stolu	mm	1 400 x 1 000
Rozměr beranu	mm	1 000 x 650
Výška lisu	mm	3 815
Výkon elektromotoru	kW	18,5
Systém řízení		SIEMENS – SIMATIC S 7
Mazací systém		DELIMON
Hydraulický / pneumatický systém		REXROTH
Ovládání stroje		Elektro hydraulické

Tab. 5.1 Technické parametry lisu S 250

## 6. ŘEZÁNÍ PLAZMOU [9]

Fyzikální pojem plazma je někdy označován jako čtvrtý stav hmoty. Normálně uvažujeme o třech stavech hmoty a to o: pevné látce, kapalině a plynu. Pro jeden společný prvek, např. vodu, jsou tyto tři stavy: led, voda a pára. Rozdíly mezi těmito stavy jsou vztaženy k jejich energetickým hladinám. Když zvýšíme energii ve formě tepla do ledu, stane se z něj voda, dalším zvýšením teploty se z vody stane pára. Když přidáme další energii do páry, tyto plyny se ionizují. Ionizační proces způsobí, že se plyn stane elektricky vodivým. Takto elektricky vodivému, ionizovanému plynu se říká plazma.



Obr. 6.1 Stavby hmoty

### 6.1 Řez kovu plazmou

Plazmatický řezací proces, jaký se užívá k řezání elektricky vodivých kovů, využívá elektricky vodivý plyn k přenosu energie z elektrického zdroje přes plazmový hořák, čímž řeže materiál.

Základní plazmový oblouk řezacího systému se skládá z napájecího zdroje, pilotního obvodu oblouku a hořáku. Tento systém zajistí elektrickou energii, ionizační schopnost a řízení procesu, které jsou nutné k vytvoření vysoce kvalitního a produktivního řezu různých materiálů.

Konstantní proud stejnosměrného elektrického zdroje je silovým zdrojem. Typické napětí je v rozsahu od 240 do 400 V (při otevřeném obvodu). Rychlost řezání je závislá na výkonu zdroje, tloušťce a druhu řezaného materiálu a jeho fyzikálních vlastnostech. Hlavní funkcí napájecího zdroje je zajistit energii k udržení plazmového oblouku po ionizaci.

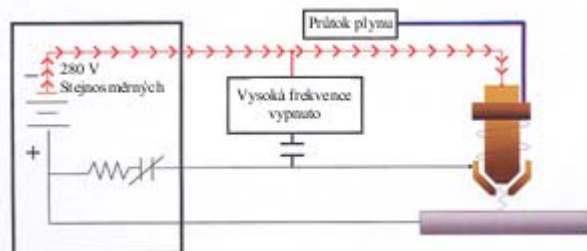
Pilotní obvod oblouku je vysokofrekvenční generátor produkující střídavé napětí od 5 000 do 10 000 V s frekvencí přibližně 2 Mhz. Toto napětí se použije k ionizaci plynu, tedy k vytvoření plazmatu.

Hořák slouží jako držák pro trysky a elektrody, a také zajišťuje chlazení (buď plynové, nebo vodní).

### 6.2 Postup činnosti řezání plazmou

Zdroj energie a pilotní obvod oblouku jsou připojeny k hořáku přes vedení a kabely. Tyto kabely a napájecí vedení zajišťují správný průtok plynu, elektrického proudu a vysoké frekvence do hořáku k nastartování a udržení procesu.

1. Vstupní signál zapne silové napájení. To současně aktivuje obvod napětí a spustí proud plynu do hořáku (viz obr. 2).

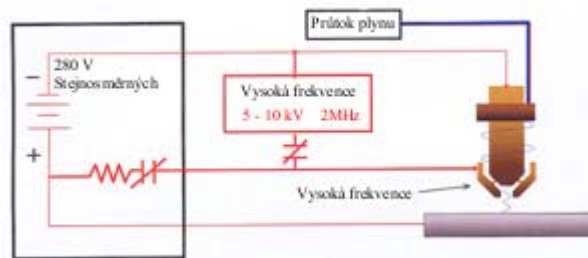


Obr. 6.2 Obvod stejnosměrného napětí

spustí proud plynu do hořáku (viz obr. 2). Napětí otevřeného obvodu se měří mezi elektrodou (-) a tryskou (+). Tryska je spojena s kladným pólem zdroje přes odpor a relé (pilotní relé oblouku), zatímco materiál je napojen na kladný pól napřímo. Plyn proudí přes trysku a vytéká přes výstupní zúžení (trysku).

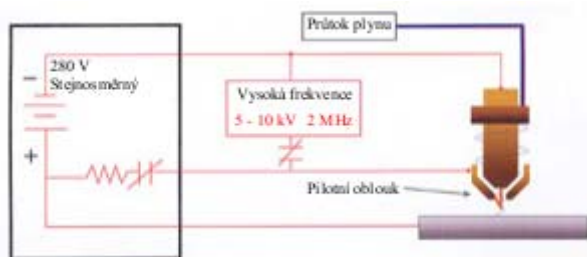
V tomto čase ještě není aktivován oblouk a není vytvořena proudová cesta pro stejnosměrné napětí.

- Po stabilizaci průtoku plynu se aktivuje obvod vysoké frekvence. Vysoká frekvence překlene elektrodu a trysku uvnitř hořáku takovým způsobem, že plyn musí protékat přes tento oblouk před výstupní tryskou (zúžením). Energie přenesená přes vysokofrekvenční oblouk do plynu způsobí ionizaci plynu, tedy jeho elektrickou vodivost. Tento vodivý plyn způsobí průtok elektrického proudu mezi elektrodou a tryskou a výsledkem je plazmový oblouk.



Obr. 6.3 Aktivace obvodu vysoké frekvence

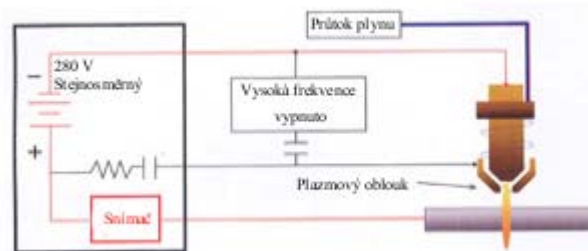
- Za předpokladu, že tryska je blízko materiálu, pilotní oblouk se připojí k řezanému materiálu jako kladné části zdroje. Není tedy omezen odporem kladného pólu trysky. Proud řezané části je snímán elektronicky v napájecím zdroji.



Obr. 6.4 Pilotní oblouk

Jakmile je tento proud zjištěn, je vysokofrekvenční zdroj odpojen a řídicí relé vysokofrekvenční části oblouku je odpojeno. Ionizace plynu a oblouku je nyní zajištěna energií z hlavního stejnosměrného zdroje.

- Teplota plazmového oblouku taví kov a proniká přes řezaný materiál. Vysoká rychlost plynu odstraňuje tavený materiál ze spodní části řezu. Ve stejném čase je zahájen řezací proces a pohybem hořáku začíná řezání.

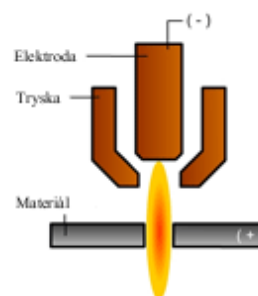


Obr. 6.5 Plazmový oblouk

## 6.3 Varianty řezání plazmou

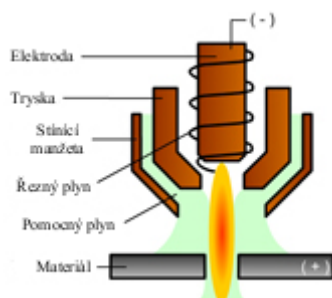
### 6.3.1 Konvenční řez

Při tomto řezání se používá jen jeden plyn (obvykle vzduch nebo dusík), který je současně použit jak k chlazení, tak i k tvorbě plazmatu. Většina těchto systémů je navržena se zdroji pod 100 A a pro řezání materiálu do tloušťky 16mm. Tento způsob se primárně používá pro ruční řezání.



Obr. 6.6 Konvenční řez

### 6.3.2 Plazmový řez dvěma plyny

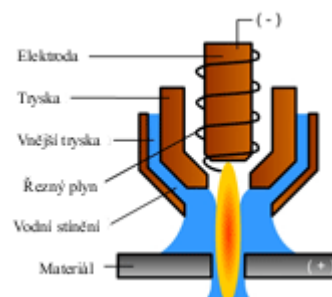


Obr. 6.7 Plazmový řez dvěma plyny

Při tomto řezání se využívají dva plyny. Jeden pro tvorbu plazmatu a druhý jako pomocný plyn. Tento plyn se využívá k ochraně řezaného místa před okolní atmosférou a vytváří čistý ostrý řez. Toto je pravděpodobně nejpobulárnější varianta. Pro daný řezaný materiál můžeme použít různé kombinace plynů k vytvoření nejlepší možné kvality řezu.

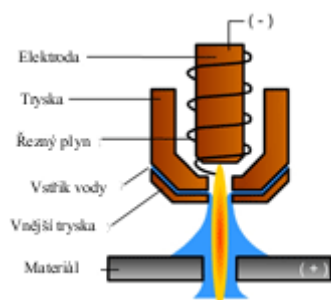
### 6.3.3 Vodou stíněné řezání plazmou

Toto je variace předchozího dvojího plynu, kde místo druhého plynu se používá voda. Voda zajistí vylepšené chlazení trysky a řezaného materiálu, současně s lepší kvalitou řezu při řezání nerezové oceli. Tento proces se hodí jen pro mechanizované aplikace.



Obr. 6.8 Vodou stíněné řezání plazmou

### 6.3.4 Řezání s injekcí vody

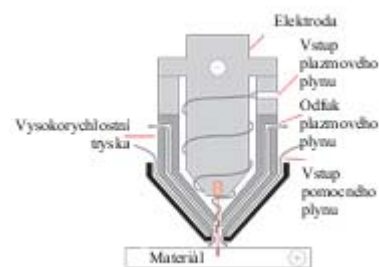


Obr. 6.9 Řezání s injekcí vody

Tento proces využívá jednoho plynu pro plazmu. Voda, která je vstříkována radikálně nebo turbulentně přímo do oblouku, zlepšuje seškrcení oblouku a zvýší hustotu energie a teplotu oblouku. Tento řezací proces používá 260 A až 750 A pro vysoce kvalitní řezy rozličných materiálů a tloušťek. Používá se jen pro mechanizované aplikace.

### 6.3.5 Přesné plazmové řezy

Tento proces zajišťuje dokonalou kvalitu řezu tenčích materiálů (méně než 12 mm) při pomalých rychlostech posunu. Tato zvýšená kvalita je výsledkem využití posledních technologií k zúžení oblouku při dramatickém zvýšení hustoty energie. Menší rychlost je vyžadovaná proto, aby se pohybové ústrojí navádělo mnohem přesněji. Tento proces je pouze pro mechanizované aplikace.



Obr. 6.10 Přesné plazmové řezy

## 6.4 Výhody a nevýhody plazmového řezání [11]

### VÝHODY

- provoz jednoho a více hořáků podle série
- řezání všech elektricky vodivých materiálů
- bez alternativy při řezání vysokolegované oceli a hliníkových materiálů ve střední a větší tloušťce
- vynikající schopnost u slabých a středních tloušťek konstrukční oceli (do 30 mm)
- řezání vysoce pevné konstrukční oceli s menším tepelným příkonem
- vysoká rezná rychlost
- libovolné zpracování kvalitního řezu u středních a silných rozměrů plechů s technologií vířivého plynu ve spojení s technickými plyny
- velmi dobrá automatizace
- řezání plazmou pod vodou pro velmi malé tepelné ovlivnění řezaného materiálu a malou hladinou hluku v okolí pracoviště

### NEVÝHODY

- použití omezeno do 160 mm (180 mm) u suchého řezání a 120 mm u řezání pod vodou
- poněkud širší rezná spára



## 7. R+W FERRA [12]

Společnost R+W Ferra s.r.o. vznikla v roce 2007 jako společný projekt firem Wirpo s.r.o. a rapid trade, s.r.o. Tato společnost sídlí v prostorách společnosti rapid trade, s.r.o.

- Služby

- technologická příprava výroby
- tvarové výpalky a výpalky s úkosy
- pálení z vlastního nebo dodaného materiálu
- cenové kalkulace na kompletní zakázky
- dokončovací práce tvarových výpalků (svařování, ohýbání, povrchové úpravy, atd.)



Obr. 7.1 Pálení plazmou

- Strojní vybavení

- vysoce precizní CNC zařízení od firmy MicroStep MG
- plazma Kjellberg Fine Focus 800 a Fine Focus 1 600
- hořák 300 A s 3D rotátorem pro uhlové řezání a úkosy
- hořák 600 A pro výpalky z černého a nerez materiálu až do tloušťek 120 mm
- dělicí řezy až do síly materiálu 150 mm
- tvarové řezání pod úhlem, řezání pro přípravu V, X a Y svarů
- možnost pálení s předehřevem
- velmi dobrá kvalita řezu, ostré úhly a rohy, přesné zachování kontur řezaných dílů
- rozměry pálícího stolu 2,5 x 12 m



Obr. 7.2 CNC zařízení MicroStep MG



Obr. 7.3 Ukázka výpalků

- CNC Tvarové pálení na plazmě Kjellberg Fine Focus

- plechy z konstrukčních, uhlíkatých, nízko a středně legovaných ocelí
- černý a nerez materiál

- jemnozrnné oceli
- hliník a jeho slitiny
- přesné řezy 3 – 120 mm jak pro černý, tak nerez materiál
- pálení průniků klenbových den



Obr. 7.4 CNC Tvarové pálení na plazmě Kjellberg Fine Focus

- plazma Kjellberg Fine Focus 800 a Fine Focus 1 600 využívá přenesený plasmový oblouk. Samotné zapálení vzniká zapálením pilotního oblouku a po ionizaci atomů plazmového plynu dochází k přenesení a vzniku hlavního oblouku mezi elektrodou a řezaným materiálem.
- řezací plamen je směsí argonu a vodíku
- na černý materiál do tloušťky 60 mm je používána plazma kyslíková



## 8. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ [12]

### 8.1 Ekonomické zhodnocení postupového střížného nástroje

#### a) Materiál

- Série – 120 000 ks/rok
- Zmetkovitost – voleno 1% (1 200 ks/rok) - 121 200 ks/rok
- Počet tabulí – 682 ks
- Cena jedné tabule plechu – 3 565,57Kč

- Cena materiálu na 682 kusů tabulí  
→  $C_m = 682 \cdot 3\,565,57 = 2\,431\,718,8$  Kč

Kde  $C_m$  ... cena materiálu na celou sérii [Kč]

- Cena materiálu na jeden kus výstřižku  
→  $C_k = C_m / \text{série} = 2\,431\,718,8 / 120\,000 = 20,3$  Kč

Kde  $C_k$  ... cena materiálu na jeden kus výstřižku [Kč]

- Využití tabule plechu: 66,2 %

- cena využitého materiálu  
→  $C_m \cdot 0,662 = 2\,431\,718,8 \cdot 0,662 = 1\,609\,797,9$  Kč

- cena odpadu  
→  $C_m \cdot 0,338 = 2\,431\,718,8 \cdot 0,338 = 821\,920,9$  Kč

#### b) Přímé mzdy

- Počet využitelných zdvihů – 30 min-1
- Hodinová mzda – 180 Kč

- Za hodinu se vyrobí 600 ks (10 ks . min-1)
- Mzda na cenu výstřižku →  $180 / 600 = 0,3$  Kč
- Přímé mzdy pro celou sérii  
→  $P_m = 0,3 \cdot 120\,000 = 36\,000$  Kč

Kde  $P_m$  ... přímé mzdy [Kč]

#### c) Režie

- Režie z přímých mezd 250 %
- Sociální a zdravotní - 25 % + 9 % = 34 %

- Režie z přímých mezd →  $36\,000 \cdot 2,5 = 90\,000$  Kč
- Sociální a zdravotní z režie přímých mezd →  $0,34 \cdot 90\,000 = 30\,600$  Kč
- Celková režie  
→  $R_c = 90\,000 + 30\,600 = 120\,600$  Kč

Kde  $R_c$  ... celková reže [Kč]

- Reže na jeden výstřížek  $\rightarrow 120\,600 / 120\,000 = 1,01$  Kč

Celkové vlastní náklady na celou sérii

$$N_v = C_m + P_m + R_c = 2\,431\,718,8 + 36\,000 + 120\,600 = 2\,588\,318,8 \text{ Kč}$$

Kde  $N_v$  ... vlastní náklady na celou sérii [Kč]

Celkové vlastní náklady na jeden výstřížek

$$N_{vk} = N_v / \text{série} = 2\,588\,318,8 / 120\,000 = 21,6 \text{ Kč / ks}$$

Kde  $N_{vk}$  ... vlastní náklady na jeden výstřížek [Kč/ks]

#### d) Zisk

$\rightarrow$  Celkové náklady bez nákladů za materiál  
 $Z_N = R_c + P_m = 120\,600 + 36\,000 = 156\,600$  Kč

Kde  $Z_N$  ... celkové náklady bez nákladů na materiál [Kč]

- Zisk z celé série

$$\rightarrow Z_c = (Z_N \cdot \rho) / 100 = (156\,600 \cdot 13) / 100 = 20\,358 \text{ Kč}$$

Kde  $Z_c$  ... celkový zisk z celé série [Kč]  
 $\rho$  ... rentabilita ( $\rho = 10 - 15\%$ ) [%]

- Zisk z jednoho výstřížku

$$\rightarrow Z_v = Z_c / \text{série} = 20\,358 / 120\,000 = 0,17 \text{ Kč/ks}$$

Kde  $Z_v$  ... zisk z jednoho výstřížku [Kč/ks]

#### e) Velkoobchodní cena

- Pro celou sérii

$$\rightarrow V_c = C_m + Z_N \cdot [1 + (\rho / 100)] = 2\,431\,718,8 + 156\,600 \cdot [1 + (13 / 100)]$$
$$V_c = 2\,608\,676,8 \text{ Kč}$$

Kde  $V_c$  ... Velkoobchodní cena pro celou sérii [Kč]

- Pro jeden kus

$$\rightarrow V_{cv} = V_c / \text{série} = 2\,608\,676,8 / 120\,000 = 21,8 \text{ Kč}$$

Kde  $V_{cv}$  ... Velkoobchodní cena pro jeden kus [Kč]

f) Koeficient efektivity

→ Cena nástroje od AB Tool, s.r.o. - 295 000 Kč

$$e = V_c / N = 2\,608\,676,8 / 2\,903\,676,8 = 0,89$$

Kde e ... koeficient efektivity [-]  
N ... celkové vlastní náklady zvětšeny o cenu nástroje [Kč]

g) Návratnost investic na nástroj

$$T = 1/e = 1/0,89 = 1,12 \text{ roků}$$

Kde T ... návratnost nástroje [rok]

→ Návratnost investic na nástroj je 1,12 roků

## 8.2 Ekonomické zhodnocení řezání plazmou

- Série – 120 000 ks/rok
- Hodinová mzda – 300 Kč/hod
- Počet kusů z jedné tabule plechu – 117 ks
- Počet tabulí na jednu sérii – 1 026 ks
- Cena jedné tabule plechu – 1 760 Kč
  - Cena využitelného materiálu jedné tabule plechu – 973,06 Kč
  - Cena odpadu jedné tabule plechu – 786,94 Kč

- Cena materiálu na 1 026 kusů tabulí
  - $C_{mp} = 1\,026 \cdot 1\,760 = 1\,805\,760$  Kč

Kde  $C_{mp}$  ... cena materiálu na celou sérii výpalků [Kč]

- Cena materiálu na jeden kus výpalku
  - $C_{kv} = 1\,805\,760 / 120\,000 = 15,04$  Kč

Kde  $C_{kv}$  ... cena materiálu na jeden kus výpalku [Kč]

- Cena řezu – 50 Kč/m
- Cena řezu výpalku (délka řezu 1,09 m) – 55 Kč/m
- Cena výpalku (cena řezu + materiál) – 73,04 Kč
- Cena výpalku – 142,87 Kč

- Cena výpalků na celou sérii
  - $C_{vs} = 73,04 \cdot 120\,000 = 8\,764\,800$  Kč

Kde  $C_{vs}$  ... cena výpalků na celou sérii [Kč]

## 9. ZÁVĚR

Práce seznamuje s vybranými technologiemi, které jsou vhodné pro středněsériovou výrobu určené součásti z plechu s otvory. Práce vychází ze současných technických poznatků v oboru.

V části technologie plošného stříhání je popsán střížný proces s návrhem nástřihového plánu, potřebnými výpočty střížné síly a návrhem sestavy střížného nástroje. Přílohou práce jsou výrobní výkresy postupového střížného nástroje. S ohledem na velikost celkové střížné síly byl zvolen výstředníkový lis Šmeral S250.

V následující části jsou popsány varianty řezání plazmou s rozbohem jejich výhod a nevýhod. Porovnávaný výrobek byl realizován u firmy R+W Ferra na stroji Kjellberg Fine Focus 800. Přednosti plazmového řezání na takto výkonném stroji se zhodnotí u materiálů tvarově složitých a větších tloušťek.

Závěrečná část se zabývá detailním technicko-ekonomickým zhodnocením varianty postupového střížného nástroje oproti řezání plazmou. Správné technicko-ekonomické hodnocení je důležitým nástrojem managementu v rozhodovacím procesu. V případě rozboru pro danou sérii, materiál a typ výrobku padla jednoznačná volba na realizaci pomocí postupového střížného nástroje.

## Seznam literatury

- [1] NOVOTNÝ, Josef, LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Vladimír Pešl. 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 I. - tváření*. 2. vyd. Praha : SNTL, 1985. 179 s.
- [4] FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. 2. vyd. VUT v Brně : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2004. 167 s.
- [5] PETRUŽELKA, Jiří, BŘEZINA, Richard. *Úvod do tváření II*. [s.l.] : [s.n.], 2001. 2 sv. (161, 115 s.).
- [6] SRP, Karel, et al. *Základy lisování*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1965. 248 s.
- [7] *Odbor technologie tváření kovů a plastů, ÚST, FSI VUT v Brně* [online]. 2005 [cit. 2009-03-01]. Dostupný z WWW: <[ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory\\_soubory/rocnikovy\\_projekt\\_I\\_\\_forejt.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/rocnikovy_projekt_I__forejt.pdf)>.
- [8] *Technická univerzita v Liberci : Katedra strojírenské technologie - Oddělení tváření kovů a plastů* [online]. 2005 [cit. 2009-03-20]. Dostupný z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm)>.
- [9] *Hypertherm - Plasma Cutters - Plasma Cutting Equipment - Metal Cutting Equipment* [online]. 2009 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <[http://www.hypertherm.com/en/Information\\_Center/What\\_is\\_Plasma/index.jsp](http://www.hypertherm.com/en/Information_Center/What_is_Plasma/index.jsp)>.
- [10] *ŠMERAL BRNO a.s.* [online]. - [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <[http://www.smeral.cz/data.php?data=program1\\_5](http://www.smeral.cz/data.php?data=program1_5)>.
- [11] *PLAZMA CZ s.r.o.* [online]. 2008 [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.plazmacz.cz/prednosti.htm>>.
- [12] *R+W Ferra s.r.o.* [online]. 2007 [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.rwferra.cz/>>.

## Seznam symbolů

A	střížná práce	[J]
A <sub>A</sub>	průměr kruhového otvoru	[mm]
B <sub>B</sub>	šířka obdélníkového otvoru	[mm]
c	součinitel, nižší hodnoty se volí, pokud chceme lepší střížnou plochu, při vyšších hodnotách lze dosáhnout minimální střížné síly (c = 0,005 – 0,035)	[-]
C <sub>k</sub>	cena materiálu na jeden kus výstřížku	[Kč]
C <sub>kv</sub>	Cena materiálu na jeden kus výpalku	[Kč]
C <sub>m</sub>	cena materiálu na celou sérii	[Kč]
C <sub>mp</sub>	cena materiálu na celou sérii výpalků	[Kč]
C <sub>vs</sub>	Cena výpalků na celou sérii	[Kč]
d	průměr střížníku	[mm]
D	délka součásti	[mm]
e	koeficient efektivnosti	[-]
E	modul pružnosti v tahu	[MPa]
E <sub>m</sub>	velikost můstku	[mm]
F <sub>i</sub>	střížná síla pro vystřížení i-tého prvku	[N]
F <sub>s</sub>	střížná síla	[N]
F <sub>scel</sub>	celková střížná síla	[N]
h	hloubka vniknutí pohyblivé střížné hrany do materiálu do okamžiku přerušení	[-]
h <sub>z</sub>	výška vystupujících částí	[mm]
I	moment setrvačnosti průřezu	[mm <sup>4</sup> ]
JR	jmenovitý rozměr součásti	[mm]
k	zkosení	[mm]
K	krok	[mm]
l	délka stříhu	[mm]
l <sub>krit</sub>	kritická délka střížníku	[mm]
m <sub>s</sub>	střížná mezera	[mm]
n	koeficient zahrnující opotřebení (otupení) nástroje	[-]
N	celkové vlastní náklady zvětšeny o cenu nástroje	[Kč]
N <sub>v</sub>	vlastní náklady na celou sérii	[Kč]
N <sub>vk</sub>	vlastní náklady na jeden výstřížek	[Kč]
P	přípustná míra opotřebení	[mm]
P <sub>c</sub>	celková režie	[Kč]
PK <sub>p</sub>	počet kusů výstřížků z jednoho pásu	[Ks]
PK <sub>t</sub>	počet kusů výstřížků z jedné tabule	[Ks]
P <sub>m</sub>	přímé mzdy	[Kč]
P <sub>p</sub>	počet pásů z tabule	[Ks]
r	poloměr	[mm]
RAD	rozměr střížníku při děrování	[mm]
RAV	rozměr střížníku při vystřihování	[mm]
RED	rozměr střížnice při děrování	[mm]
REV	rozměr střížnice při vystřihování	[mm]
R <sub>m</sub>	mez pevnosti v tahu	[MPa]
S	plocha stříhu	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>t</sub>	obsah tabule	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>v</sub>	obsah výstřížků	[mm <sup>2</sup> ]

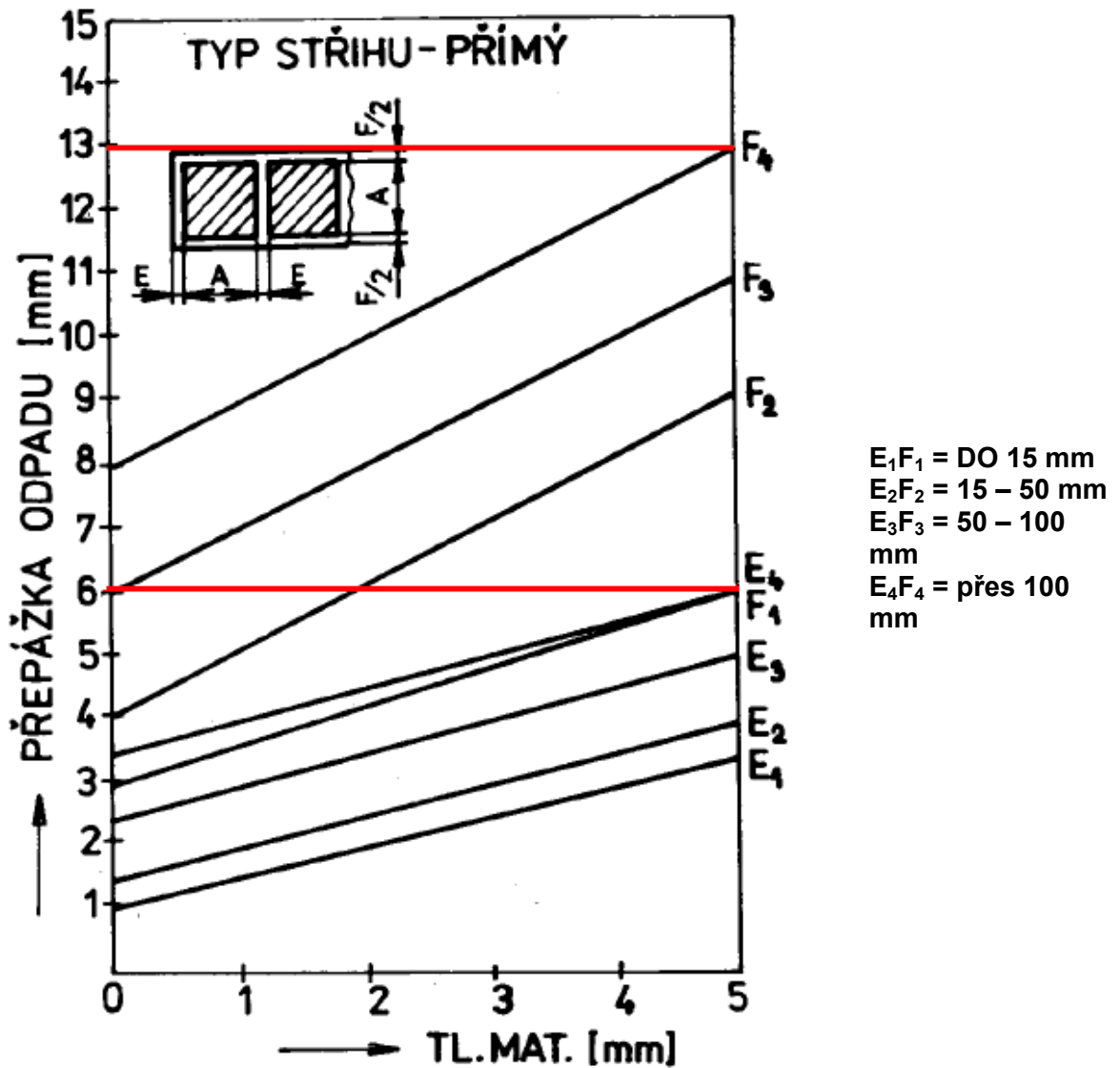
š	šířka součásti	[mm]
š <sub>p</sub>	šířka pásu plechu	[mm]
t	tloušťka stříhaného materiálu	[mm]
T	návratnost stroje	[rok]
TA	výrobní tolerance střížníku	[mm]
TE	výrobní tolerance střížnice	[mm]
TS	tolerance jmenovitého rozměru	[mm]
v	střížná vůle	[mm]
V <sub>c</sub>	velkoobchodní cena pro celou sérii	[Kč]
V <sub>cv</sub>	velkoobchodní cena pro jeden kus výstřížku	[Kč]
V <sub>tab</sub>	počet tabulí na jednu sérii	[Ks]
x	součinitel vniknutí nože	[-]
x <sub>i</sub>	vzdálenost od počátku v ose x odpovídající těžišti i-tého prvku	[mm]
x <sub>T</sub>	vzdálenost od počátku v ose x odpovídající těžišti střížných sil	[mm]
y <sub>i</sub>	vzdálenost od počátku v ose y odpovídající těžišti i-tého prvku	[mm]
y <sub>T</sub>	vzdálenost od počátku v ose y odpovídající těžišti střížných sil	[mm]
Z <sub>c</sub>	celkový zisk z celé série	[Kč]
Z <sub>n</sub>	celkové náklady bez nákladů na materiál	[Kč]
Z <sub>v</sub>	zisk z jednoho výstřížku	[Kč/ks]
μ	koeficient bezpečnosti	[-]
ρ	rentabilita	[%]
T <sub>s</sub>	střížný odpor	[MPa]



## **Seznam příloh**

- Příloha č. 1 – Určení velikosti můstků a okrajů
- Příloha č. 2 – Velikost střížné vůle pro kovové materiály
- Příloha č. 3 – Pálící plán
- Příloha č. 4 – Cenová nabídka (ekonomické zhodnocení)
- Příloha č. 5 – Technologické zhodnocení pálení plazmou
- Příloha č. 6 – 0-3P2-00/00
- Příloha č. 7 – 0-3P2-00/01
- Příloha č. 8 – 3-3P2-00/02
- Příloha č. 9 – 3-3P2-00/03
- Příloha č. 10 – 4-3P2-00/04
- Příloha č. 11 – 4-3P2-00/05
- Příloha č. 12 – 4-3P2-00/06
- Příloha č. 13 – 4-3P2-00/07
- Příloha č. 14 – 4-3P2-00/08

Příloha č. 1

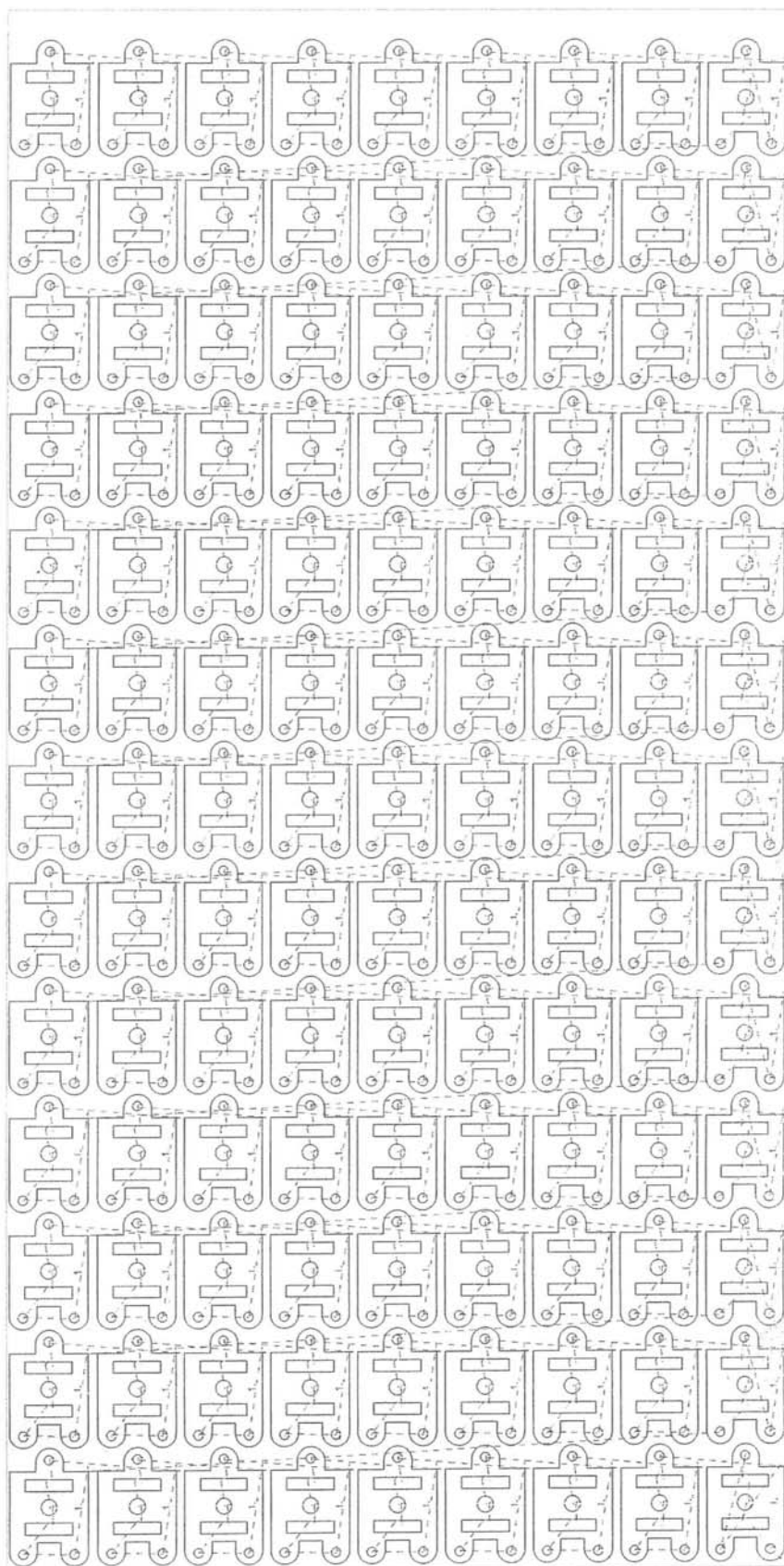


Příloha č1 – Určení velikosti můstků a okrajů

Příloha č. 2

Tloušťka materiálu s (mm)	Mez pevnosti											
	do 400 MPa				400 až 600 MPa				nad 600 MPa			
	Z (%)	Z (mm)	Z (%)	Z (mm)	Z (%)	Z (mm)	Z (%)	Z (mm)	Z (%)	Z (mm)	Z (%)	Z (mm)
0,1		0,003 – 0,005		0,005 – 0,007		0,007 – 0,009		0,007 – 0,009				0,007 – 0,009
0,2		0,006 – 0,010		0,010 – 0,014		0,014 – 0,018		0,014 – 0,018				0,014 – 0,018
0,3	3 až 5	0,009 – 0,015	5 až 7	0,015 – 0,021	7 až 9	0,021 – 0,027		0,021 – 0,027				0,021 – 0,027
0,4		0,012 – 0,020		0,020 – 0,028		0,028 – 0,036		0,028 – 0,036				0,028 – 0,036
0,5		0,015 – 0,025		0,025 – 0,035		0,035 – 0,045		0,035 – 0,045				0,035 – 0,045
0,6		0,024 – 0,036		0,036 – 0,048		0,048 – 0,060		0,048 – 0,060				0,048 – 0,060
0,8		0,032 – 0,048		0,048 – 0,064		0,064 – 0,080		0,064 – 0,080				0,064 – 0,080
1,0	4 až 6	0,040 – 0,060	6 až 8	0,060 – 0,080	8 až 10	0,080 – 0,100		0,080 – 0,100				0,080 – 0,100
1,2		0,048 – 0,072		0,072 – 0,096		0,096 – 0,120		0,096 – 0,120				0,096 – 0,120
1,5		0,060 – 0,090		0,090 – 0,120		0,120 – 0,150		0,120 – 0,150				0,120 – 0,150
1,8		0,090 – 0,126		0,126 – 0,162		0,162 – 0,198		0,162 – 0,198				0,162 – 0,198
2,0		0,100 – 0,140		0,140 – 0,180		0,180 – 0,220		0,180 – 0,220				0,180 – 0,220
2,5	5 až 7	0,125 – 0,175	7 až 9	0,175 – 0,225	9 až 11	0,225 – 0,275		0,225 – 0,275				0,225 – 0,275
3,0		0,150 – 0,210		0,210 – 0,270		0,270 – 0,330		0,270 – 0,330				0,270 – 0,330
3,5		0,245 – 0,350		0,315 – 0,420		0,385 – 0,490		0,385 – 0,490				0,385 – 0,490
4,0		0,280 – 0,400		0,360 – 0,480		0,440 – 0,560		0,440 – 0,560				0,440 – 0,560
4,5	7 až 10	0,315 – 0,450	9 až 12	0,405 – 0,540	11 až 14	0,495 – 0,630		0,495 – 0,630				0,495 – 0,630
5,0		0,350 – 0,500		0,450 – 0,600		0,550 – 0,700		0,550 – 0,700				0,550 – 0,700
6,0		0,60 – 0,78		0,72 – 0,90		0,84 – 1,02		0,84 – 1,02				0,84 – 1,02
7,0		0,70 – 0,91		0,84 – 1,05		0,98 – 1,19		0,98 – 1,19				0,98 – 1,19
8,0	10 až 13	0,80 – 1,04	12 až 15	0,96 – 1,20	14 až 17	1,12 – 1,36		1,12 – 1,36				1,12 – 1,36
9,0		0,90 – 1,17		1,08 – 1,35		1,26 – 1,53		1,26 – 1,53				1,26 – 1,53
10,0		1,00 – 1,30		1,20 – 1,50		1,40 – 1,70		1,40 – 1,70				1,40 – 1,70

**Příloha č. 3**



Příloha č. 4

### Výpalky - cenová nabídka

Zákazník: Chaloupková

Poptávka č.: 0

Objed. č.: 0

Materiál - plech P= 5mm

Jakost mat.: S235J2

Výkres č. / polotovár: 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
1,09	55	7	10	0	300	0	300	0,38	78,95	0,68001	19
délka úhlového řezu	cena za metr řezu	počet propalů									

Za řez přímý	59,95
Za řez úhlový	0
Za propaly	70
Za manipulaci	0
Za tvorbu programu	0
Za materiál	12,92019

Cena celkem za kus [Kč/ks]	142,8702
----------------------------	----------

Počet kusů výpalku [ks]	1
Cena celková [Kč]	142,87019

Příloha č. 5

### EcoInfo Report

Jméno: \\Rwferra\RW FERRA\POPTÁVKY VÝPALKU\2009\VUT - BC práce\5mm - Chaloupková,PLA Stroj: - Přesunová rychlost 3 000,0 [mm/min] = 50,00[mm/s]		Datum: 30.3.2009 Hodinová sazba [Kč/h] 300,00																																							
Rozměry: 2000mmx1000mmx5mm Materiál: -		Cena polotovaru [Kč/kg] 22,00 Cena polotovaru [Kč] 1760,00																																							
Nástroj Plasma Rychlost[mm/min] 2 500		Cena řezu[Kč/m] 50,00 Startovací čas[s]																																							
Množství 117 Čas [s] 3 082 Délka [m] 128,42		Hmotnost polotovaru 80,00 Důlky 1,11 Odpad 0,89 Polotovary 2,00 Hmotnost [kg] 44,23 Cena materiálu [Kč] 973,06																																							
Startování 819 Čas [s] 0 Délka [m] 64,7		Polotovary 80,00 Hmotnost [kg] 35,77 Cena materiálu [Kč] 786,94																																							
Celkový čas 1:12:56		Polotovary 80,00 Hmotnost [kg] 80,00 Cena materiálu [Kč] 1760,00																																							
Využitelnost[%]: 55,29																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Díl</th> <th rowspan="2">Počet</th> <th rowspan="2">Plocha [m2]</th> <th rowspan="2">Váha [nt kg /bt kg]</th> <th rowspan="2">Cena materiálu [Kč]</th> <th rowspan="2">Délka [m]</th> <th rowspan="2">Čas řezu [s]</th> <th colspan="2">Startování</th> <th rowspan="2">Čas spolu [h:m:s]</th> <th rowspan="2">Cena řezu (čas+délka) [Kč]</th> <th rowspan="2">Celková cena (materiál + řez)</th> </tr> <tr> <th>Počet</th> <th>Čas [s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Chaloupková</td> <td>117</td> <td>0,0094</td> <td>0,387068</td> <td>15,04</td> <td>1,09</td> <td>26,3</td> <td>7</td> <td>11,0</td> <td>0:0:37</td> <td>58,00</td> <td>73,04</td> </tr> <tr> <td></td> <td>117</td> <td>1,11</td> <td>44,23</td> <td>1 760,00</td> <td>128,42</td> <td>3 082</td> <td>819</td> <td>1 294,0</td> <td>1:12:56</td> <td>6 785,45</td> <td>8 545,45</td> </tr> </tbody> </table>				Díl	Počet	Plocha [m2]	Váha [nt kg /bt kg]	Cena materiálu [Kč]	Délka [m]	Čas řezu [s]	Startování		Čas spolu [h:m:s]	Cena řezu (čas+délka) [Kč]	Celková cena (materiál + řez)	Počet	Čas [s]	1 Chaloupková	117	0,0094	0,387068	15,04	1,09	26,3	7	11,0	0:0:37	58,00	73,04		117	1,11	44,23	1 760,00	128,42	3 082	819	1 294,0	1:12:56	6 785,45	8 545,45
Díl	Počet	Plocha [m2]	Váha [nt kg /bt kg]								Cena materiálu [Kč]	Délka [m]				Čas řezu [s]	Startování		Čas spolu [h:m:s]	Cena řezu (čas+délka) [Kč]	Celková cena (materiál + řez)																				
				Počet	Čas [s]																																				
1 Chaloupková	117	0,0094	0,387068	15,04	1,09	26,3	7	11,0	0:0:37	58,00	73,04																														
	117	1,11	44,23	1 760,00	128,42	3 082	819	1 294,0	1:12:56	6 785,45	8 545,45																														