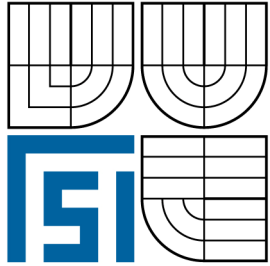


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE VÝROBY RÁMU SKŘÍNĚ
TECHNOLOGY OF PRODUCTION FRAME OF CASE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN TVARŮŽEK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL OSIČKA, Ph.D.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tvarůžek Martin

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:

Technologie výroby rámu skříně

v anglickém jazyce:

Technology of Production Frame of Case

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Řešení technologie výroby rámu indukční skříně za použití nekonvenčních technologií.

Cíle bakalářské práce:

Rozbor technologičnosti konstrukce dílu.

Výrobní možnosti firmy Arenia s.r.o.

Návrh technologie výroby formou kooperace nekonvenčních technologií.

Technicko-ekonomické vyhodnocení.

Seznam odborné literatury:

1. BARCAL, J. Nekonenční metody obrábění, Skriptum FSI ČVUT, Praha : Vydavatelství ČVUT, 1989.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. MAŇKOVÁ, I. Progresivní technologie, 1 vyd. Košice: Viena, 2000. 275 s. ISBN 80-7099-430-4.
4. OBERG, E., JONES, F.D., HORTON, H.L., RYFFEL, H.H. Machinery's hand-book. 25th Edition. New York: Industrial Press Inc., 1996. 2547 s. ISBN 0-8311-2595-0.


Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Osička, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

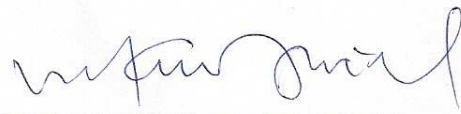
V Brně, dne 29.10.2009

L.S.





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

V bakalářské práci se porovnává a vyhodnocuje nejvýhodnější technologie výroby součásti rámu skříně. Jedná se o skříně sloužící k indukčnímu ohřevu materiálu. Porovnávána je technologická stránka dělení materiálu pomocí plazmového paprsku, vodního paprsku a laseru a také je hodnoceno ekonomické hledisko pro využití dané technologie.

Klíčová slova

Plasma, laser, vodní paprsek, nekonvenční technologie

ABSTRACT

The bachelor Thesis compares and evaluates the most advanced production technology of components frame of case. These cases are used for induction heating of material. The thesis compares technological features of the material division by means of plasma jet, water jet and laser. It also evaluates the using of the given technology from the economic point of view.

Key words

Plasma jet, laser, water jet, unconventional technology

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TVARŮŽEK, M. *Technologie výroby rámu skříně*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 44 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Karel Osička, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Technologie výroby rámu skříně vypracoval samostatně a použil jsem jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém soupisu literatury.

V Brně dne 24. května 2010

.....
Martin Tvarůžek

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Karlovi Osičkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a trpělivost při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt	3
Prohlášení.....	4
Poděkování.....	5
Obsah.....	6
Úvod	8
1 NEKONVEČNÍ TECHNOLOGIE DĚLENÍ MATERIÁLU	9
1.1 Technologie dělení materiálu vodním paprskem	9
1.1.1 Řezání čistou vodou.....	11
1.1.2 Abrazivní řezání vodním paprskem	11
1.1.3 Přesnost a kvalita řezu.....	12
1.1.4 Výhody dělení materiálu vodním paprskem	13
1.1.5 Nevýhody dělení materiálů vodním paprskem.....	13
1.2 Technologie dělení materiálu laserem	14
1.2.1 Druhy řezání	15
1.2.2 Výhody a nevýhody laserové technologie	16
2 DALŠÍ TECHNOLOGIE POUŽITÉ PŘI VÝROBĚ	17
2.1 Dělení materiálu pásovou pilou	17
2.2 Frézování.....	17
2.2.1 Nesousledné frézování	17
2.2.2 Sousledné frézování.....	18
2.2.3 Rozdělení fréz do jednotlivých skupin.....	18
2.3 Vrtání	20
2.3.1 Druhy vrtáků	20
2.4 Technologie obloukového svařování	21
3 ROZBOR TECHNOLOGIČNOSTI KONSTRUKCE DÍLŮ	24
3.1 Technologičnost konstrukce	24
3.2 Dodržení výrobních úchylek rozměrů a jakosti povrchu	24
3.3 Zvýšení produktivity práce a efektivnost výroby	24
3.4 Druh použitého materiálu	25

4 NÁVRH POLOTOVARU A JEHO VYUŽITÍ	26
4.1 Návrh polotovaru	26
4.2 Výpočet spotřeby materiálu	27
4.3 Využitelnost materiálu	28
5 VÝROBNÍ MOŽNOSTI FIRMY ARENIA s.r.o.	31
5.1 Historie firmy	31
5.2 Současný stav ve firmě	31
5.3 Použité strojní vybavení	31
5.3.1 <i>Pásová pila na kov</i>	31
5.3.2 <i>Stojanová fréza</i>	32
5.3.3 <i>Radiální vrtačka</i>	33
5.3.4 <i>Svařovací stroj</i>	34
6 DĚLENÍ MATERIÁLU NEKONVENČNÍMI TECHNOLOGIEMI	35
6.1 Dělení materiálu vodním paprskem	35
6.2 Dělení materiálu laserovým paprskem	35
7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ	36
 Závěr	38
Seznam použitých zdrojů	40
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	42
Seznam příloh	43

ÚVOD

Hlavním úkolem bakalářské práce je vybrat nejvýhodnější variantu pro výrobu rámu skříně, která slouží k indukčnímu ohřevu materiálu. Pro výrobu součástí ke kompletaci skříně bylo použito různých materiálů a technologií běžně užívaných ve strojírenském průmyslu jako jsou například dělení materiálu řezáním, pálením, vrtání, frézování, svařování a další doplňující činnosti.

Nejdůležitější a finančně nejnáročnější částí konstrukce této skříně jsou čelní desky vyrobeny z nekovového materiálu (1.4301). Součástí těchto desek je velké množství různých průchozích otvorů, závitů, výřezů, které vyžadují zvýšenou pozornost při výrobě, protože při nesprávném výběru počáteční technologie dělení materiálu může dojít ke vzniku neefektivního postupu výroby. K výrobě námi zvolené čelní desky rámu jsou k dispozici tři technologie využívané pro dělení materiálu, které jsou v práci blíže rozebírány. Je to dělení materiálu vodním paprskem, řezání laserem a řezání plasmovým paprskem.



Obr. 1 – Rám skříně



Obr. 2 – Rám skříně

1 NEKONVENČNÍ TECHNOLOGIE DĚLENÍ MATERIÁLU

Pro dělení požadovaného materiálu můžeme použít tři technologie nekonvenčního dělení:

- dělení materiálu za pomoci vodního paprsku – vodní paprsek materiál tepelně neovlivňuje a dosahuje vysokých přesností,
- dělení materiálu laserovým paprskem – tato technologie také dosahuje vysokých kvalit, ale materiál je částečně tepelně ovlivněn,
- dělení materiálu plazmovým paprskem – výhodou oproti výše zmiňovaným technologiím je větší rychlost dělení materiálu, což má za následek nižší výrobní náklady.

Plazmový paprsek ovšem nedosahuje požadované přesnosti a navíc podstatnou mírou tepelně ovlivňuje dělený materiál, což je pro naši výrobu nepřijatelné, proto se touto technologií nebudeme v práci více zabývat.

1.1 Technologie dělení materiálu vodním paprskem

Síla vody se projevuje již od počátku vzniku země ve formě eroze. Existuje mnoho příkladů této síly jako je vymílání břehů řek, vytváření kaňonů, údolí atd. Technologie využívající sílu vody jsou staré tisíce let. Dříve, ale i dnes se voda používala na přepravu dřeva, hlíny, štěrku atd.⁴

Technologie řezání rozličných materiálů vysokotlakým vodním či hydroabrazivním paprskem byla využívána od přelomu sedmdesátých a osmdesátých let firmou FLOW INTERNATIONAL (USA) v počátku především pro vojenský a kosmický program. Již ve 2. polovině osmdesátých let byla široce uplatňována především v americkém a posléze západoevropském teritoriu. Dnes se celosvětově rozšiřuje do všech oblastí průmyslu. Vodní paprsek je schopen přesně řezat téměř jakékoliv materiály.²



Obr. 1.1 - Stroj vodního paprsku¹⁷

Podstatou této metody dělení materiálů je obušování děleného materiálu tlakem vodního paprsku. Pracovní tlak vody se pohybuje v rozmezí 800 až 5 000 bar. Tlakovým zdrojem jsou speciální vysokotlaká čerpadla, která se liší příkonem (9 – 75 kW) a průtokem vody ($1,2 - 7,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$). Paprsek vzniká v řezací hlavě zakončené tryskou. Může to být cca 0,15 – 0,30 mm široký vodní paprsek schopný řezat měkké materiály jako jsou plasty, dřevo, guma, korek, těsnění, potraviny apod.⁴

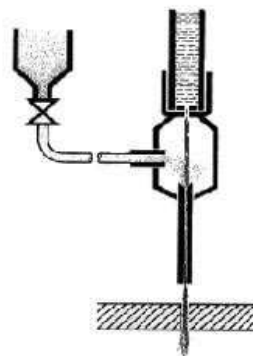
Druhou alternativou využívanou častěji je cca 0,8 – 1,5 mm široký hydroabrazivní paprsek s příměsí brusného prášku (nejčastěji se používá granátového „písku“). Hydroabrazivní paprsek je díky své vysoké energii schopný řezat materiály jakými jsou například kovy, kámen, sklo a jiné materiály v tloušťkách 100 i více mm. Pohyb řezací hlavy a tedy celá dráha řezu je řízena počítačem dle předem stanoveného programu. Je možné provádět i tvarově složité řezy během jedné operace. Standardní přesnost výřezu je $\pm 0,2 \text{ mm} \cdot \text{m}^{-1}$. Dělený materiál není silově namáhán. Řezná hrana není nijak tepelně ovlivněna, vždy se jedná o studený řez. Tato skutečnost je velmi důležitá a také rozhodujícím způsobem odlišuje technologii vodního paprsku od jiných technologií dělení materiálu, zvláště laseru a plazmy. Po provedení řezu se směs vody a abraziva zachycuje v lapači (vaně), umístěné pod řezaným materiálem.⁴

Na současném trhu se můžeme setkat se dvěma typy technologií³

- řezání čistou vodou (viz obr. 1.2)
- řezání abrazivním vodním paprskem (viz obr. 1.3)



Obr. 1.2 - Řezání čistou vodou³



Obr. 1.3 - Řezání abrazivem³

1.1.1 Řezání čistou vodou

Řezání vodním paprskem patří k původnímu způsobu dělení vodou. První komerční aplikace byly realizovány v období od počátku roku 1970, kdy se jednalo o řezání vlnité lepenky. Nejvíce se technologie řezání vodním paprskem využívá pro měkké materiály, např. papír a díly automobilových interiérů. Technologie vodního paprsku je velmi vhodná pro nepřetržitý provoz.¹

Základní atributy řezání čistou vodou¹

- schopnost řezat měkké a lehké materiály až do 100 mm tloušťky (umělou hmotu PP, PE, gumu, různé pěnové materiály, izolační materiály – tepelné izolační materiály),
- velmi tenký paprsek (průměr paprsku od 0,15 do 0,30 mm),
- extrémně přesná geometrie,
- velmi malá ztráta materiálu způsobena řezáním,
- bez tepelného ovlivnění řezaného materiálu,
- možnost řezat i silnější materiály,
- velmi tenká řezná spára,
- obvykle velmi vysoká řezná rychlost (do $20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$),
- extrémně nízké řezné síly,
- jednoduché uchycení.

1.1.2 Abrazivní řezání vodním paprskem

Abrazivní vodní paprsek se odlišuje od vodního paprsku v několika směrech. U „čistého“ vodního paprsku nadzvukový proud vody (do $1\,100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$) „nahlodává“ materiál. U abrazivního vodního paprsku slouží vodní paprsek k urychlování abrazivních částí (většinou se používá granátového „písku“), které rozrušují materiál.¹

Brusná síla abrazivního vodního paprsku je stokrát ne-li tisíckrát silnější, než erozivní síla čistého vodního paprsku. Oba způsoby dělení vodním paprskem mají své uplatnění. Zatímco vodní paprsek je vhodný na řezání měkkých materiálů, tak abrazivní paprsek nachází své uplatnění pro řezání tvrdých materiálů, jako jsou kovy, kámen, keramika, kompozity a podobně.¹

Základní atributy abrazivního vodního paprsku¹

- extrémně všestranná technologie,
- nevznikají tepelně ovlivněné zóny řezu,
- nevznikají mechanická pnutí,
- snadno programovatelné,
- tenká řezná spára (od 0,8 do 1,5 mm průměr paprsku),
- extrémně přesná geometrie řezaných dílů,
- řezání tenkých materiálů,
- řezání tlustých materiálů až do 250 mm u standardních strojů,

- řezání ve více vrstvách – paketech,
- malé ztráty materiálu v důsledku řezání,
- jednoduché upevnění řezaných materiálů,
- snadné přepnutí z jediné na více řezných hlav,
- rychlá záměna za čistého vodního paprsku na abrazivní způsob řezání a naopak,
- snížené náklady na následující operace,
- malý nebo žádný otřep.

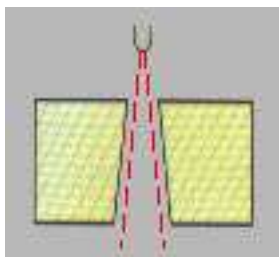
1.1.3 Přesnost a kvalita řezu

Přesnost a kvalita řezání vodní paprskem má značné možnosti využití a při zpracování speciálních slitin a jiných materiálů má zvláštní výhody proti CNC obráběcím strojům. Zvláště obtížně se dají tradičními metodami zpracovávat tenké, pružné nebo citlivé materiály, jakými jsou pryž, plasty či dokonce papír. Řezání vodním paprskem nabízí v těchto případech řadu výhod.⁴

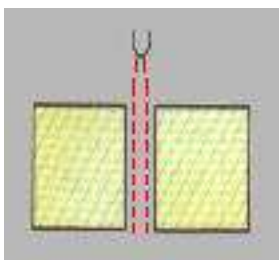
Lze řezat veškeré složité tvary, které jsou navrhnuté v elektronické podobě např. v CAD formátu (*.dwg - formát), a které respektují kruhový průřez paprsku:

- „čistý“ vodní paprsek má průměr 0,15 až 0,30 mm,
- hydroabrazivní paprsek má průměr 0,8 až 1,5 mm.

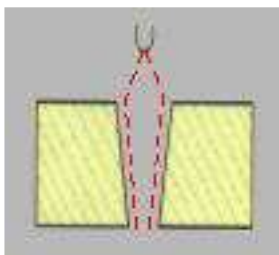
Velikost průměru kruhového paprsku omezuje řezání ostrých vnitřních tvarů. Ve většině případů při řezání vodním či hydroabrazivním paprskem určitý úkos vzniká, většinou však maximálně 1 – 1,5 stupně. Při řezání velmi tvrdého, silného materiálu a při vysoké rychlosti řezu paprsek „brousí“ v řezu přirozenou jemnou kuželovitou, téměř kolmou stopu. Jeli optimální rovnováha mezi rychlostí řezu, odolností a tloušťkou materiálu a když je paprsek udržen po celou dobu průchodem materiálem ve válcovém tvaru, tak úkos nevzniká.⁴



Obr. 1.4 - Velmi pomalý řez nebo řez v měkkém materiálu – paprsek stihne „probrousit“ svou přirozenou kuželovitou stopu.⁵



Obr. 1.5 - Optimální rovnováha mezi rychlostí řezu, odolností a tloušťkou materiálů – paprsek je udržen po celou dobu průchodu materiálem ve válcovitém tvaru a úkos nevzniká.⁵



Obr. 1.6 - Velmi rychlý řez nebo řez v odolnějším materiálu – paprsek nestihne „probrousit“ materiál ani ve svém vstupním průměru a řez se směrem uzavírá. Vznik a rozsah úkosu ovlivňuje i tvar řezu, množství abraziva atd.⁵

1.1.4 Výhody dělení materiálu vodním paprskem

- Řez probíhá bez tepelného působení (max. ohřev cca 40 – 50°C), takže materiál nevykazuje fyzikální, chemické ani mechanické změny,
- dílce se tepelně nedeformují,
- u výrobku větších tloušťek je lze rozmístit těsně vedle sebe, to má za následek úsporu materiálu,
- možnost řezat jakýkoliv materiál kov, slitiny, sklo, sklolaminát, gumotextil, pryž, plasty atd.,
- při řezu se neporuší ani případná povrchová úprava jako je např. leštění, komaxit atd.,
- vodní paprsek svojí kvalitou řezu může nahradit další soubor operací při výrobě jako je vrtání, frézování,
- možnost volby kvality řezu, která se projeví rozdílem ceny,
- možnost řezat i velice složité tvary, řez je omezen jen průměrem paprsku,
- při řezání nevznikají žádné zplodiny.⁴

1.1.5 Nevýhody dělení materiálů vodním paprskem

- Nevyhnutelný kontakt s vodou a abrazivním materiálem (bez okamžitého vhodného ošetření má za následek rychlý nástup povrchové koroze),
- u nasákavých materiálů je potřeba další operace a to vysoušení,
- omezena možnost výroby malých dílů, je zapotřebí propojení pomocí můstků,
- při horším stupni kvality řezu u silnějších materiálů dochází k deformaci kontury řezu ve spodní hraně vlivem tzv. výběhů paprsku.⁴

1.2 Technologie dělení materiálu laserem

Technologie tepelného dělení materiálu laserem je podobně jako většina laserových procesů založena na vysoké hustotě výkonu, produkovaného laserovým zářením. Díky této vlastnosti dochází po dopadu svazku na materiál k jeho prudkému ohřevu, natavení a odpaření. Z fyzikálního hlediska jsou známy tři způsoby vytváření řezné spáry: pomocí spalovaného materiálu, jeho odtavení a vyfukování taveniny z místa řezu a část materiálu se odpaří.⁶

Pro odstraňování taveniny, oxidů a výparů se používá asistenčních plynů, které jsou foukány do místa řezu tryskou, jejímž středem zároveň prochází zaostřený laserový svazek. Jako asistenční (řezací) plyn se používá kyslík nebo dusík, případně u speciálních materiálů argon.⁶



Obr. 1.7 – Vypálené díly⁷



Obr. 1.8 – Práce laseru⁷

Užití kyslíku jako řezacího plynu je výhodné u materiálů, řezatelných kyslíkem, kdy spalování napomáhá vytváření řezné spáry a zvyšuje tak efektivitu řezacího procesu. V praxi se kyslík používá pro řezání nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. U vysokolegovaných ocelí způsobuje kyslík vznik těžko odstranitelné strusky v oblasti řezných hran. Řezání slitin hliníku kyslíkem přináší o cca 25 – 30 % vyšší rychlost než dusík, naproti tomu ovšem stojí snížená kvalita řezu (oxidy na hraně řezu, vysoká drsnost, snížená svařitelnost, zhoršení mechanických vlastností atd.). Pro laserové řezání kyslíkem se nastavují tlaky od 0,5 do 4 bar podle řezané tloušťky materiálu.⁶

Pro řezání vysokolegovaných ocelí a slitin hliníku je vhodné nasazení dusíku. Oproti kyslíku je snížena rychlost řezání a maximální řezatelná tloušťka, což lze částečně kompenzovat zvýšením tlaku asistenčního plynu. Řezné hrany jsou bez oxidů a strusky a jsou kovově lesklé. Dusík slouží jako asistenční plyn rovněž pro řezání plastů, textilií, keramiky, dřeva a papíru. V současnosti vyráběné lasery běžně pracují v režimu vysokotlakého řezání, tzn. je vyžadován tlak dusíku na trysce od cca 7 až do 20 bar. Argon jako inertní plyn je poměrně drahý, takže se využívá pro řezání vysoce reaktivních materiálů jako je titan a jeho slitiny, kdy není možné z metalurgických důvodů použití kyslíku ani dusíku.⁶

Je známo, že podstatnou úlohu sehrává rovněž čistota asistenčního plynu. Pro laserové řezání konstrukčních uhlíkových ocelí je vyžadován kyslík o čistotě 3,5 (99,95 %), přičemž běžně používaný tzv. technický kyslík má čistotu 2,5 (99,5 %). Vyšší čistota kyslíku přináší vyšší kvalitu řezu a možnost zvýšení řezné rychlosti. V případě dusíku je optimální čistota 5,0 (99,9990 %).⁶

Základem každého řezacího systému je zdroj laserového svazku tzv. rezonátor. Paprsek je z rezonátoru systémem zrcadel doveden až k řezací hlavě, která je nesená na portálu řezacího stolu. Dnes užívané CNC stoly určené pro řezání ve 2D jsou v zásadě dvou koncepcí – s tzv. hybridní optikou, kdy v jedné ose vykonává pohyb upnutý materiál a v druhé se pohybuje řezná hlava s tzv. létající optikou, a druhá koncepce je že v obou osách vykonává pohyb řezná hlava. V řezné hlavě je paprsek zaostřen do technologicky přesně definovaného ohniska závislého na typu a tloušťce materiálu.⁸

1.2.1 Druhy řezání

- *sublimační* – materiál je odstraňován převážně odpařováním v důsledku vysoké intenzity záření laseru v místě řezu. Musí se kontrolovat tloušťka řezaného materiálu, která nesmí překročit průměr paprsku, aby páry materiálu znovu nezkondenzovaly a nesvařily řez. V dnešní době se už tato metoda málo používá.¹⁸
- *tavné* – materiál se lokálně nataví a vzniklá tavenina se od základního materiálu odděluje proudem vysoce čistého inertního plynu, který se do místa řezu přivádí, ale na vlastním procesu řezání se nepodílí. Tento způsob dělení je vhodný pro kovové materiály, jako jsou např. nerezové oceli, hliník, mosaz, měď a pozinkovaný plech a dále keramika, dřevo, plast atd.¹⁸
- *oxidační* - řezání laserem se od tavného řezání liší pouze použitím kyslíku jako řezného plynu. Vzájemným účinkem kyslíku s roztaveným povrchem kovu vzniká exotermní reakce, která má za následek další ohřívání materiálu. V důsledku tohoto efektu lze dosáhnout u konstrukčních ocelí vysokých rychlostí řezu, řez je však širší a horší kvality, s vyšší drsností a s větším tepelně ovlivněným pásmem. Tento způsob není proto vhodný pro zhotovování ostrých geometrických tvarů, malých otvorů, apod.¹⁸

Moderní řezací systémy navíc umožňují průběžně plynule měnit výkon laseru, rychlost posuvu a další parametry, jejichž optimální kombinace umožňuje stále přesnější a detailnější řezání se stále menším teplotním dopadem na výrobek i okolní materiál. Možnosti jednotlivých řezacích strojů jsou dány především výkonem rezonátoru, který se dnes pohybuje obvykle mezi 1 200 – 4 000 W, a technickou vyspělostí pracoviště. Každopádně horní hranice technologických možností kvalitního laserového řezání pro běžnou průmyslovou praxí leží dnes v rozmezí tloušťky materiálu 25 – 30 mm a dle úvah odborníků z výzkumu i praxe se pravděpodobně nebudou do budoucna

již výrazněji posunovat. Dnes je vývoj zaměřen především na pohybovou dynamiku strojů, díky které je pak využita vysoká absolutní rychlost laserového řezání i na menších dílcích a dílcích složitých tvarů či s mnoha otvory, čímž se výrazně zkracují výrobní časy.⁸

1.2.2 Výhody a nevýhody laserové technologie

- Vysoká opakovatelná přesnost řezání cca $\pm 0,1$ mm,
- vysoká rychlost řezu,
- především u menších tloušťek materiálu velice kvalitní, hladký řez, téměř bez okují a stop tepelného zpracování,
- při zpracování nerezů v dusíkové atmosféře hladký lesklý řez,
- úzká řezná spára cca 0,2 – 0,5 mm,
- u tenčích materiálů (cca do 5 mm) možnost řezání i velice detailních dílů, možnost využití mikromůstků.⁸

Objektivně je však třeba říci, že dělení laserem je metodou, při které dochází i k výraznému vzniku a přenosu tepla, které může negativně ovlivnit některé dílce. Především u větších tloušťek kovových materiálů jsou na řezu patrné stopy nastavení, mohou vznikat návarky a s rostoucí tloušťkou rovněž přibývá omezení tvarových možností řezu. Některé dílce mohou být i celkově teplem lehce deformovány – prohnuty apod. Teplotně ovlivněná zóna je rovněž méně vhodná (vytvrzení) pro jemnější obrábění – např. zhotovení závitů.⁸

2 DALŠÍ TECHNOLOGIE POUŽITÉ PŘI VÝROBĚ

2.1 Dělení materiálu pásovou pilou

Jde většinou o první technologickou operaci ve výrobě. Je to způsob třískového dělení materiálu, který je univerzální a dosáhne se jím čisté plochy řezu a přesnosti úhlu dělení.⁹

Dělení materiálu pásovou pilou je druh strojního obrábění, u kterého koná hlavní pohyb pilový pás. Vzniklý odpad je roven objemu materiálu, který je součinem šířky pásu pily a průřezu děleného materiálu. Obvyklá přesnost řezu je $\pm 0,2$ mm.⁹

2.2 Frézování

Frézování je obráběcí metoda, při které se materiál obrobku odebírá břity otáčejícího se nástroje. Posuv nejčastěji koná součást, převážně ve směru kolmém k ose nástroje. U moderních frézovacích strojů jsou posuvové pohyby plynule měnitelné a mohou se realizovat ve všech směrech (obráběcí centra, vícesosé CNC frézky). Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky. Z technologického hlediska se v závislosti na aplikovaném nástroji rozlišuje frézování válcové (frézování obvodem) a frézování čelní (frézování čelem). Od těchto základních způsobů se odvozují některé další způsoby, jako např. frézování okružní a planetové.¹⁰

Válcové frézování se převážně uplatňuje při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby frézy jsou vytvořeny pouze po obvodu nástroje, hloubka odebírané vrstvy se nastavuje kolmo na osu frézy a na směr posuvu. Obrobena plocha je rovnoběžná s osou otáčení frézy.¹⁰

V závislosti na kinematice obráběcího procesu se rozlišuje frézování nesousledné (protisměrné) a frézování sousledné (souměrné).¹⁰

2.2.1 Nesousledné frézování

Při nesousledném frézování je smysl rotace nástroje proti směru posuvu obrobku.¹⁰

Vlastnosti nesousledného frézování¹⁰

- trvanlivost nástroje nezávisí na okujích, písčitém povrchu obrobku apod.,
- není zapotřebí vymezování vůle mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje,
- menší opotřebení šroubu a matice,
- záběr zubů frézy při jejich vřezávání nezávisí na hloubce řezu.

2.2.2 *Sousledné frézování*

Při sousledném frézování je smysl rotace nástroje ve směru posuvu obrobku.

Vlastnosti sousledného frézování¹⁰

- vyšší trvanlivost břitů, což umožňuje použití vyšších řezných rychlostí a posuvů,
- menší potřebný řezný výkon,
- řezná síla přitlačuje obrobek ke stolu, takže lze použít jednodušších upínacích přípravků,
- menší sklon ke chvění,
- obvykle menší sklon k tvoření nárůstku,
- menší drsnost obrobeného povrchu.

K základním řezným podmínkám u frézování patří řezná rychlost v_c [$m \cdot \text{min}^{-1}$] a posuv na zub f_z [mm] a také se ještě často předepisuje posuvová rychlost v_f [$mm \cdot \text{min}^{-1}$], pro kterou platí vztah:

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \cdot 10 \quad (2.1)$$

Řezné podmínky se volí podle druhu práce, druhu použité frézky a požadované jakosti obrobené plochy. Při hrubování se volí co největší posuv s přihlédnutím k hloubce odebírané vrstvy, tuhosti obrobku a výkonu na vřetenu frézky.¹⁰

Frézy jako několikabřité nástroje mají břity uspořádány na válcové, kuželové nebo jiné tvarové ploše, u čelních fréz také na ploše čelní. Vzhledem k mnohostrannému uplatnění frézování ve strojírenské výrobě a k velkému rozsahu technologie frézování se v současné době používá mnoho typů fréz.¹⁰

2.2.3 *Rozdělení fréz do jednotlivých skupin*

Rozdělení fréz:¹⁰

- Podle nástrojového materiálu břitů se rozlišují frézy z rychlořezné oceli a slinutých karbidů, ale stále častěji se užívá u fréz i řezné keramiky, kubického nitridu bóru a diamantu. Frézy z rychlořezné oceli se zhotovují z kovaného nebo válcovaného materiálu, nebo se lijí metodou vytavitelného modelu. Výhodou fréz z rychlořezné oceli je jejich poměrně snadná výroba, dobře se ostří a nízké pořizovací náklady. Jejich nevýhodou je menší produktivita frézování a potřeba použití řezné kapaliny. Frézy s břitem ze slinutých karbidů postupně nahrazují jednotlivé druhy fréz z rychlořezné oceli. Pro velké úběry třísek se téměř výhradně používají nástroje se slinutým karbidem.

- Podle tvaru zubů se rozeznávají frézy se zuby frézovanými nebo podsoustruženými.
- Podle směru zubů vzhledem k ose rotace frézy se rozlišují frézy se zuby přímými a se zuby ve šroubovici pravé nebo levé. Výhodou uspořádání zubů ve šroubovici je plynulost záběru v důsledku většího počtu zubů v záběru a postupného vnikání zubu do záběru podél řezné délky nástroje.
- Podle počtu zubů vzhledem k průměru frézy se rozlišují frézy jemnozubé, polohrubozubé a hrubozubé. Pro klidný chod frézy má být počet zubů takový, aby současně řezaly minimálně dva zuby.
- Podle konstrukčního uspořádání se rozlišují frézy celistvé, které mají těleso a zuby z jednoho kusu rychlořezné oceli, popř. u malých nástrojů ze slinutého karbidu, dále frézy s vkládanými řeznými destičkami, frézy dělené a sdružené.
- Podle geometrického tvaru se dělí frézy na válcové nástrčné nebo se stopkou, čelní válcové frézy nástrčné nebo se stopkou, kotoučové frézy, úhlové frézy, tvarové frézy.
- Podle způsobu upnutí fréz na stroji jsou frézy nástrčné a frézy s válcovou nebo kuželovou stopkou.
- Podle smyslu otáčení (při pohledu od vřetena) se dělí frézy na pravořezné a levořezné.

Frézovací stroje jsou vyráběny a dodávány ve velkém počtu modelů a velikostí, často pak s rozsáhlým zvláštním příslušenstvím. Zpravidla se člení do čtyř základních skupin: konzolové, stolové, rovinné a speciální. Z hlediska řízení pracovního cyklu se rozdělují na frézky ovládané ručně a řízené programově. Velikost frézky určuje šířka upínací plochy stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje. Dalšími důležitými technickými parametry jsou maximální délky pohybu pracovního stolu nebo vřeteníku, rozsah otáček vřetena a posuvů, výkon elektromotoru pro otočení vřetena a kvalitativní parametry dosahované u obrobených ploch.¹⁰

Při frézování se obrábějí nejčastěji rovinné a tvarové plochy vodorovné, svislé a šikmé. Častou frézovací operací je frézování drážek. Nejvýhodnější je frézování drážek kotoučovými frézami, u nichž se dosáhne většího výkonu než při méně tuhé fríze stopkové. Drážka musí být otevřena z obou stran, nebo musí mít výběh odpovídající poloměru frézy. Pro frézování jednostranně nebo dvoustranně uzavřených drážek jsou výhodné stopkové čelní válcové frézy a drážkovací frézy. Drážkovací fréza má průměr rovný šířce drážky.¹⁰

2.3 Vrtání

Vrtání patří mezi nejpoužívanější operace ve strojírenském průmyslu. Díry se vrtají do plného materiálu. Takto získané otvory se mohou dále vyhrubovat, vystružovat a zahlubovat. Způsob opracování děr je závislý na požadované přesnosti rozměrů, geometrickém tvaru a předepsané jakosti povrchu.¹¹

Vystružování je jeden ze způsobů dokončování vyvrtaných děr. Zahlubování je úprava díry, např. zarovnávaním čelní plochy, kuželovitým nebo válcovitým rozšířením, zkosením hrany.¹¹

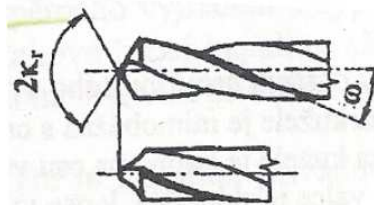
Při vrtání koná nástroj zpravidla hlavní pohyb, který je otáčivý, tak i posuvový pohyb ve směru osy otáčení. Dráha jednotlivých bodů ostří vrtáku je proto šroubovice se stoupáním, které se rovná hodnotě posuvu s , tj. délce, o níž se vrták posune v axiálním směru za jednu otáčku.¹¹

Zvláštností práce vrtáku je různá rychlost každého bodu na ostří. Na obvodu je maximální a zmenšuje se ke středu vrtáku, kde je nulová. Za řeznou rychlost považujeme obvodovou rychlost bodu na největším průměru ostří.¹¹

Její velikost je dána vztahem: $v = \pi \cdot D \cdot n$ (2.1)

2.3.1 Druhy vrtáků

Šroubovitě vrtáky jsou nejpoužívanější nástroje pro vrtání krátkých děr. Šroubovitě vrtáky z rychlořezné oceli mají tvrdost řezné části nejméně 760 HV. Vrtáky do průměru $D = 20$ mm mají válcovou stopku, pro $D = 10$ až 100 mm stopku Morse. Vysoce výkonné vrtáky jsou z oceli 19 857 a 19 861. Vrtáky pro běžné použití mají uhel $\omega = 27^\circ$. Vrtáky s $\omega = 12^\circ$ jsou vhodné pro vrtání tvrdších materiálů, dávajících drobenou třísku (bronz, mosaz, slitiny hořčíku). U nekovových materiálů se doporučuje $\kappa_r = 45^\circ$. Vrtáky s $\kappa_r = 40^\circ$ jsou vhodné pro vrtání měkkých materiálů, dávajících dlouhou třísku (hliník, měď, teflon, měkčený PVC) (viz obr. 2.1). Vysoce výkonné vrtáky jsou vhodné pro vrtání chromové, austenitické, manganové, korozivzdorné, žáruvzdorné a žáropevné oceli, oceli na odlitky, šedé litiny vysoké tvrdosti, temperované litiny apod. Pro vrtání velmi tvrdých materiálů a také pro vrtání lehkých kovů a mědi se doporučuje $\kappa_r = 70^\circ$.¹⁰



Obr. 2.1 – Ostří a plochy na řezné části šroubovitěho vrtáku¹⁰

Vrták je ve vrtané díře veden fasetkou. Základní podmínkou pro vrtací proces je správné, zpravidla strojní ostření šroubovitého vrtáku, které se provádí podbroušením hřbetu. Nové typy šroubovitých vrtáků mají zvětšený prostor pro odchod třísky, zesílené jádro, leštěné řezné drážky (případně povlakované TiN). Těmito vrtáky lze vrtat do průměru $L:D = 15:1$ i u ocelí o pevnosti 1 000 MPa.¹⁰

Kopinaté vrtáky jsou velmi tuhé a umožňují vrtat díry o průměru $D = 28$ až 128 mm do poměru $L:D = 3:1$ bez navrtání. Parametry drsnosti povrchu díry jsou horší než po šroubovitém vrtáku. Břitová destička může být z RO nebo SK a zapadá do vybrání vrtáku.¹⁰

Frézovací vrtáky mají 2 až 3 vyměnitelné břitové destičky ze SK a pozitivní geometrií, upnuté šrouby se zapuštěnou hlavou. Třísky se odvádějí přímými drážkami, řezná kapalina je dírami v tělese vrtáku přiváděna do místa řezu. Vrták umožňuje 5 až 10krát vyšší úběr materiálu než šroubovitý vrták z RO.¹⁰

Vrtací nástroje pro vrtání hlubokých děr jsou speciálně vyvinuté metody, které zaručují plynulý vrtací proces bez zpětného vyjíždění a vyprazdňování třísek. Příslušné vrtací stroje jsou vybaveny přívodem tlakové řezné kapaliny až k ostří nástroje. Tlak a množství řezné kapaliny se volí v závislosti na vrtaném průměru. Podle způsobu, jakým je kapalina přivedena k ostří se rozlišují nástroje s vnitřním, vnějším a kombinovaným přívodem kapaliny.¹⁰

Typické nástroje pro vrtání hlubokých děr jsou hlavňové vrtáky, korunové trepanační hlavy a nástroje systému BTA.¹⁰

Vrtání, ale také vyhrubování, vystružování a zahlubování se nejčastěji provádí na vrtačkách. V menším rozsahu se uvedené metody realizují na soustruzích, vodorovných vyvrtávačkách a obráběcích centrech. Vrtačky se podle konstrukčního provedení člení na stolní, sloupové, stojanové, otočné a speciální. Velikost vrtaček se posuzuje podle maximálního průměru díry, kterou lze na vrtačce vrtat zcela do oceli střední pevnosti.¹⁰

2.4 Technologie obloukového svařování

Při obloukovém svařování je jako zdroj tepla využíván elektrický oblouk hořící mezi elektrodou a svařovaným materiálem, který taví kov elektrody a roztavuje povrch základního materiálu. Roztavený kov elektrody přechází sloupcem oblouku do tavné lázně a slitím tohoto přídavného materiálu a nataveného základního materiálu vzniká svár.¹²

Obloukové svařování má řadu modifikací, které výrazně rozšířily oblast jeho použití. Kromě ručního svařování obalenou elektrodou se jedná především o metody svařování v ochranných atmosférách a pod tavidlem. Obloukové svařování je obecně nejpoužívanější technologií svařování a neustále se vyvíjí.¹²

Svařovací oblouk je elektrický výboj kruhového průřezu, který prochází horkým ionizovaným plynem. Proud k udržování sloupce plazmy v ionizovaném stavu musí být dostatečný a napětí vyšší než je ionizační napětí. Pro svářecí oblouk je charakteristické napětí 10 až 50 V a proud 10 až 2 000 A. V oblouku jsou na žhavé katodě uvolňovány elektrony, ty procházejí sloupcem oblouku (vodivou plazmou) a jsou odváděny anodou. Teplota oblouku je přes 5000 °C. Elektrický oblouk má výrazné tepelné a mechanické účinky na své okolí. Rozdělení tepla na obě elektrody není rovnoměrné. Obecně se na kladné elektrodě získá více tepla než na záporné, neboť katoda se ochlazuje termoemisí elektronů a anoda se jejich dopadem zahřívá. Elektrický oblouk může působit na tavnou lázeň značnou silou. Vlivem této síly se v tavné lázni vytváří prohlubeň, tím se obnažuje nenatavený základní materiál a vytváří se předpoklad pro dosažení hlubokého sváru.¹²

Pro ruční svařování elektrickým obloukem se používají obalované elektrody, skládají se z jádra (drátu) a obalu elektrody. Jádro elektrody tvoří kov, který se v oblouku taví, je přenášen obloukem do sváru a po smísení s nataveným základním materiálem tvoří svarový spoj. Obal elektrody se při svařování vypařuje a má vliv na vlastnosti elektrody i na výslednou jakost sváru. Elektrody pro ruční obloukové svařování můžeme obecně rozdělit na elektrody pro svařování nelegovaných ocelí, legovaných ocelí, neželezných kovů a pro navařování vrstev se zvláštními vlastnostmi.¹²

Dříve se používaly elektrody holé, bez obalu, zatímco dnes jsou elektrody používány výhradně s obalem. Obal se na elektrodu nalisuje při její výrobě. Funkce obalu spočívá nejen v usnadnění hoření a ovládnutí oblouku, ale má též vliv na metalurgické pochody při tvorbě svarového spoje.¹²

Při obloukovém svařování v ochranné atmosféře hoří oblouk obklopen atmosférou ochranného plynu, který je přiváděn hořákem. Elektroda, oblouk i tavná lázeň je chráněna ochranným plynem před účinky okolní atmosféry. Jako ochrana se používá inertní nebo aktivní plyn. Existuje řada metod obloukového svařování v ochranných atmosférách rozlišovaných podle druhu použité elektrody a ochranného plynu.¹²

Základní rozdělení¹²

MIG – svařování kovovou elektrodou v inertním plynu,
MAG – svařování kovovou elektrodou v aktivním plynu,
WIG totéž co TIG – svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu.

Uvedené metody mají řadu dalších modifikací s kterými se můžeme setkat.

Svařování metodou MAG využívá kovovou tavící se elektrodu a aktivní plyn, obvykle CO₂, nebo směs CO, argonu (Ar), kyslíku (O₂) apod. Oblouk hoří mezi tavícím se drátem a základním materiálem. Drát je na cívce a je podáván do hořáku podávacím mechanismem rychlostí, která odpovídá jeho průměru a svařovacímu proudu. Ochrana svařovací lázně je prováděna prostřednictvím ochranného plynu. Plyn vstupuje do chemických reakcí. Svařování MAG se používá ke svařování nelegovaných, nízkolegovaných a vysocelegovaných ocelí.¹²

Princip svařování a svařovací zařízení je pro metodu MIG a MAG stejné, mění se jen ochranný plyn a přídatný drát.¹²

3 ROZBOR TECHNOLOGIČNOSTI KONSTRUKCE DÍLŮ

Každou součást konstrukce rámu je nutno před zahájením výroby posoudit ze všech hledisek ovlivňujících jeho užitnou hodnotu. Je to především hospodárnost výroby, nejefektivnější vyrobiteľnosť součásti, produktivita výroby, dodržení rozměrové přesnosti včetně dodržení předepsaných úchylek tvarů, jakost materiálu, atd.

3.1 Technologičnost konstrukce

Technologičnost součástí konstrukce rámu ovlivňuje zejména:

- ✓ tvar a rozměr součásti,
- ✓ rozměrová přesnost,
- ✓ přesnost úchylek tvarů a polohy,
- ✓ drsnost obrobených ploch,
- ✓ druh a jakost použitého materiálu,
- ✓ působení tepelného ovlivnění při výrobě,
- ✓ použití výrobních strojů a nástrojů,
- ✓ samotná práce pracovníka.

3.2 Dodržení výrobních úchylek rozměrů a jakosti povrchu

Všechny rozměry uvedené na výkresu součásti jsou tolerovány. Ať už přímo u daného rozměru příslušnou značkou nebo přímo dovolenou úchytkou. Nebo jsou rozměry tzv. volné, které spadají do všeobecných tolerancí. Čím jsou tolerance přesnější, tím je výroba náročnější a dražší. V našem případě se přesnost řídí dle ISO 2768-mK .

3.3 Zvýšení produktivity práce a efektivnost výroby

Produktivnost a efektivnost ovlivňuje a určuje technolog, který zpracovává výrobní postup dané součásti. V technologických postupech, kde se uvádí postup výroby, uplatňuje technolog svých zkušeností a tím ovlivňuje efektivitu výroby. Na postup výroby by měl pamatovat taktéž konstruktér, který součástku vymýšlí. V případě špatně zkonstruované součásti mohou náklady na její výrobu růst a výroba se stává neefektivní a prodělečná. Tím je myšlena zbytečně přesná tolerance na nefunkčních plochách a následné použití složitých technologii při výrobě atd.

3.4 Druh použitého materiálu

Druh použitého materiálu byl vybrán dle výkresové dokumentace a požadavků zákazníka. Pro výrobu rámu skříně byl zvolen následující materiál:

Ocel 11 375

Tab. 3.1 - Chemické složení oceli 11 375

Množství v %		
C	P	S
≤0,2	≤0,050	≤0,050

Neušlechtilá konstrukční ocel obvyklé jakosti vhodná ke svařování. Součásti konstrukcí a strojů středních tloušťek tavně svařené, namáhané staticky a dynamicky.

Ocel 17 240 (W.-Nr. 1.4301)

Tab. 3.2 - Chemické složení oceli 1.4301

Množství v %							
C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Ni
≤0,07	≤1,00	≤2,00	≤0,045	≤0,03	≤0,11	17,00 až 19,50	8,00 až 10,5

Austenitická, chromniklová korozivzdorná ocel. Tato ocel je schválena pro teplotní namáhání do 300 °C. Je vhodná ke svařování všemi obvyklými způsoby, lešitelná a obzvláště dobře tvárná hlubokým tažením, ohraňováním, zakružováním atd. Díky své odolnosti vůči vodě, vodní páře, jedlým kyselinám má široké využití např. v potravinářském průmyslu, farmaceutickém průmyslu, chemickém průmyslu a ve stavitelství.

4 NÁVRH POLOTOVARU A JEHO VYUŽITÍ

4.1 Návrh polotovaru

Správný výběr polotovarů potřebných k výrobě konstrukce rámu hraje důležitou roli pro efektivitu výroby, jelikož nevhodně zvolený polotovar může vést ke zvýšení počtu operací a k špatnému využití materiálu polotovaru při výrobě jednotlivých dílů rámu. Tyto nad rámec prováděné operace prodlužují celkový čas výroby.

Výběr polotovarů byl ovlivněn výkresovou dokumentací, která tvoří část přílohy.

- ✓ Pozice 1
1 200 x 1 050 x 15
Druh materiálu: ocel 17 240 (W.-Nr. 1.4301) → plech středního formátu
15 x 1 250 x 2 500 mm
- ✓ Pozice 2
355 x 110 x 15
Druh materiálu: ocel 17 240 (W.-Nr. 1.4301) → plech středního formátu
15 x 1 250 x 2 500 mm
- ✓ Pozice 3
300 x 50 x 10
Druh materiálu: ocel 17 240 (W.-Nr. 1.4301) → tyč plochá 50 x 10; L = 6 m
- ✓ Pozice 4
60 x 60 x 25
Druh materiálu: ocel 17 240 (W.-Nr. 1.4301) → tyč plochá 60 x 25; L = 6 m
- ✓ Pozice 5
120 x 60 x 6,3
Druh materiálu: ocel 11 375 (St 37-2) → trubka obdélníková – jekl
120 x 60 x 6,3; L = 6m
- ✓ Pozice 6
L50 x 50 x 5
Druh materiálu: ocel 11 375 (St 37-2) → tyč průřezu rovnoramenného
úhelníku
L50 x 50 x 5; L = 6 m
- ✓ Pozice 7
50 x 50 x 50
Druh materiálu: ocel 11 375 (St 37-2) → tyč čtvercová 50 x 50; L = 6 m
- ✓ Pozice 8
70 x 51 x 20
Druh materiálu: ocel 11 375 (St 37-2) → tyč plochá 70 x 20; L = 6 m

4.2 Výpočet spotřeby materiálu

Výpočet spotřeby materiálu bude počítán pro výrobní dávku 20 ks skříní. Tato malá série výroby se opakuje několikrát za rok, proto je dobré znát spotřebu a využití materiálu.

Pozice 1 (čelní deska)

- pro výrobu 20 kusů skříní bude potřeba 40 kusů čelních desek
- na jednu tabuli plechu se vydají dvě čelní desky → tzn. že bude zapotřebí 20 kusů tabulí plechu středního formátu 15 x 1 250 x 2 500 mm

Pozice 2 (vodící deska)

- pro výrobu 20 kusů skříní bude potřeba 40 kusů vodících desek
- s rozměry vodící desky je uvažováno do zbytkového materiálu pozice 1

Dodávaná délka všech profilových tyčí od dodavatele materiálu je 6 metrů. Při výpočtech dělení materiálu bude počítáno s prořezem pilového pásu o tloušťce 1 mm → prořez cca 2 mm.

Pozice 3

- pro výrobu 20 kusů skříní bude potřeba 40 kusů pozice 3
- při dané délce 300 mm bude zapotřebí 12 080 mm → tzn. 18 m (pásoviny)

Pozice 4

- pro výrobu 20 kusů skříní bude potřeba 160 kusů pozice 4
- při délce 60 mm bude zapotřebí 9 920 mm → tzn. 12 m (pásoviny)

Pozice 5

- pro výrobu 20 kusů skříní bude potřeba 40 kusů pozice 5
- při délce 1 370 mm bude zapotřebí 54 800 mm → tzn. 60 m (jeklu)

Pozice 6

- pro výrobu 20 kusů skříní bude potřeba 20 kusů pozice 6
- při délce 285 mm bude zapotřebí 5 740 mm → tzn. 6 m (rovnoramenného úhelníku)

Pozice 7

- pro výrobu 20 kusů skříní bude potřeba 80 kusů pozice 7
- při délce 50 mm bude zapotřebí 4 160 mm → tzn. 6 m (čtvercové tyče)

Pozice 8

- pro výrobu 20 kusů skříní bude potřeba 80 kusů pozice 8
- při délce 51 mm bude zapotřebí 4 240 mm → tzn. 6 m (pásoviny)

4.3 Využitelnost materiálu

DÍLČÍ VYUŽITELNOST MATERIÁLU

Vzorec pro využitelnost materiálu:
$$K_m = \frac{m_h}{m} \times 100 \quad (4.1)$$

kde:

K_m využitelnost materiálu [%],
 m_h hmotnost vyrobených součástí [kg],
 m hmotnost polotovaru [kg].

Hmotnost pozice 1 = 125,3 kg → 40 ks x 125,3 = 5 012 kg
 Hmotnost pozice 2 = 4,02 kg → 40 ks x 4,02 = 160,8 kg

Hmotnost 1 tabule plechu:

15 x 1 250 x 2 500 je 368 kg → 20 ks x 368 = 7 360 kg

$m_h = 5 012 + 160,8 = 5 172,8$ kg

$m = 7 360$ kg

$$K_m = \frac{m_h}{m} \times 100 = \frac{5172,8}{7360} \times 100 = \underline{\underline{70,3\%}}$$

Podle výpočtu je tabule plechu využita z 70,3 % a zbytek materiálu, tedy 29,7 % je odpad.

Hmotnost pozice 3 = 1,12 kg → 40 ks x 1,12 = $m_h = 44,8$ kg

Hmotnost 1 m pásoviny 50 x 10 je 3,93 kg → 18 m x 3,93 = $m = 70,74$ kg

$$K_m = \frac{m_h}{m} \times 100 = \frac{44,8}{70,74} \times 100 = \underline{\underline{63,3\%}}$$

Podle výpočtů je pásovina 50x10 využita z 63,3% a zbytek materiálu, tedy 36,67 % je odpad.

Hmotnost pozice 4 je 0,71 kg → 160 ks x 0,71 = $m_h = 113,6$ kg

Hmotnost 1 m pásoviny 60 x 25 je 11,8 kg → 12 m x 11,8 = $m = 141,6$ kg

$$K_m = \frac{m_h}{m} \times 100 = \frac{113,6}{141,6} \times 100 = \underline{\underline{80,2\%}}$$

Podle výpočtů je pásovina 60 x 25 využita z 80,2 % a zbytek materiálu, tedy 19,8 % je odpad.

Hmotnost pozice 5 je 21,76 kg → 40 ks x 21,76 = $m_h = 870,4$ kg

Hmotnost 1 m jeklu 120 x 60 x 6,3 je 15,88 kg → 60 m x 15,88 =

$m = 952,8$ kg

$$K_m = \frac{m_h}{m} \times 100 = \frac{870,4}{952,8} \times 100 = \underline{\underline{91,3\%}}$$

Podle výpočtů je jekl 120 x 60 x 6,3 využit z 91,3 % a zbytek materiálu, tedy 8,7 % je odpad.

Hmotnost pozice 6 je 1,08 kg → 20 ks x 1,08 = $m_h = 21,6$ kg

Hmotnost 1 m úhelníku 50 x 50 x 5 je 3,79 kg → 6 m x 3,79 = .. $m = 22,74$ kg

$$K_m = \frac{m_h}{m} \times 100 = \frac{21,6}{22,74} \times 100 = \underline{\underline{94,9\%}}$$

Podle výpočtů je úhelník 50 x 50 x 5 využit z 94,9 % a zbytek materiálu, tedy 5,1 % je odpad.

Hmotnost pozice 7 je 0,98 kg → 80 ks x 0,98 = $m_h = 78,4$ kg

Hmotnost 1 m čtyřhranu 50 x 50 je 19,6 kg → 6 m x 19,6 = $m = 117,6$ kg

$$K_m = \frac{m_h}{m} \times 100 = \frac{78,4}{117,6} \times 100 = \underline{\underline{66,6\%}}$$

Podle výpočtů je čtyřhran 50 x 50 využit z 66,6 % a zbytek materiálu, tedy 33,4 % je odpad.

Hmotnost pozice 8 je 0,46 kg → 80 ks x 0,46 = $m_h = 36,8$ kg

Hmotnost 1 m pásoviny 70 x 20 je 11 kg → 6 m x 11 = $m = 66$ kg

$$K_m = \frac{m_h}{m} \times 100 = \frac{36,8}{66} \times 100 = \underline{\underline{55,7\%}}$$

Podle výpočtů je pásovina 70 x 20 využita z 55,7 % a zbytek materiálu, tedy 44,3 % je odpad.

CELKOVÁ VYUŽITELNOST MATERIÁLU

Vzorec pro celkovou využitelnost materiálu:
$$K_c = \frac{\sum K_m}{p} \times 100 \quad (4.2)$$

kde:

K_c celková využitelnost materiálu [%],
 K_m využitelnost materiálu [%],
 p počet pozic (počet druhů součástí) [ks].

Celkové využití materiálu
$$K_c = \frac{\sum K_m}{p} \times 100 = \frac{522,3}{7} \times 100 = \underline{\underline{74,6\%}}$$

Podle výpočtu je zřejmé, že celkové využití materiálu je 74,6 % a zbytek materiálu, tedy 25,4 % se rozdělí na použitelný a nepoužitelný odpad.

5 VÝROBNÍ MOŽNOSTI FIRMY ARENIA S.R.O.

5.1 Historie firmy

Firma Arenia s. r. o. (dále jen Arenia) funguje na českém trhu od roku 2006. Od té doby prošla spoluprací s několika předními zpracovateli kovů, jak v České republice, tak i v zahraničí. Jejím původním zaměřením byla zámečnická, potrubářská výroba a svařování veškerých kovových i nekovových materiálů. Firma Arenia neměla žádné své výrobní prostory, její činnost probíhala v pronajatých prostorách a na stavbách.

5.2 Současný stav ve firmě

Po vytvoření široké zákaznické klientely se výroba přesunula do vlastních výrobních prostor, kde pokračuje v nastolených činnostech.

Díky tomuto prostoru byly výrobní možnosti rozšířeny o obrábění a povrchovou úpravu kovů.

Současná náplň firmy je výroba konstrukcí a různých svařenců, jak v kusové, tak sériové výrobě (např. výroba dílů pro indukční ohřev, svařování radlic, nádrží a vzduchotechniky atd.).

Zajištěny jsou i další služby, které se řeší spoluprací s jinými firmami formou kooperace (např. dělení materiálu laserem, vodním paprskem, plazmou atd.).

5.3 Použité strojní vybavení

Firma Arenia používá k výrobě rámu skříně níže uvedené strojní vybavení.

5.3.1 *Pásová pila na kov - BOMAR ERGONOMIC 320.250*

Poloautomatická pásová pila s těžkým ramenem z litiny, které odolává vibracím, s výkonným průmyslovým motorem a převodovkou se šikmým ozubením běžící v olejové lázni.

Obr. 5.1 - Pásová pila Bomar¹⁴Technické data stroje:

▪ Hmotnost stroje	398 kg
▪ Délka stroje	1 669 mm
▪ Šířka stroje	1 137 mm
▪ Výška stroje	1 242 mm
▪ Napájecí napětí	~ 3 x 400 V, 50 Hz
▪ Celkový příkon	2,0 kW
▪ Max. předřadné jistění	6 A
▪ Výkon	1,1/1,5 kW
▪ Jmenovité otáčky	2 800/1 420 min ⁻¹
▪ Řezná rychlost	40/80 m · min ⁻¹

5.3.2 Stojanová fréza FGS 32/40Obr. 5.2 - Stojanová fréza¹³

Technické data stroje:

▪ Výrobce	Tos
▪ Rok výroby	1991
▪ Délka pracovní plochy stolu	1 400 mm
▪ Šířka pracovní plochy stolu	400 mm
▪ Upínací plocha stolu	400 x 1 400 mm
▪ Upínací kužel vřetena	ISO 50
▪ Výkon hl. elektromotoru	11 kW
▪ Rozměry DxŠxV	3715 x 3310 x 2685 mm
▪ Celková hmotnost	400 kg

5.3.3 Radiální vrtačka VR4Obr. 5.3 – Radiální vrtačka¹⁵Technické data stroje:

▪ Největší Ø vrtání	- v oceli pevnosti 588 MPa	40 mm
	- v šedé litině pevnosti 245 MPa	50 mm
▪ Největší závit	- v oceli pevnosti 588 MPa	M24
	- šedé litině pevnosti 245 MPa	M36
▪ Vzdálenost konce vřetena od základny		270 – 1 290 mm
▪ Vzdálenost konce vřetena od stolu		0 – 750 mm
▪ Svislé přestavení ramena		710 mm
▪ Vodorovné přestavení vřeteníku po ramenu		945 mm
▪ Otočení ramena okolo sloupu		0 – 360°
▪ Průměr vřetena		35 mm
▪ Kužel ve vřetenu		Morse 4
▪ Elektromotor vřeteníku		3 kW
▪ Rozměry stroje DxŠxV		2 290 x 910 x 2 860 mm
▪ Celková hmotnost		2 800 kg

5.3.4 Svařovací stroj ALF 400 S HD

Svařovací MIG/MAG třífázový stroj se snímatelným posuvem drátu určený pro zámečnické a konstrukční práce. Svařuje ocel, nerez a hliník.



Obr. 5.4 – Svařovací stroj¹⁶

Technické data stroje:

- | | |
|--------------------|--|
| ▪ Výrobce | ALFA IN a. s. |
| ▪ Metoda svařování | MIG/MAG |
| ▪ Svařovací proud | 40 - 400 AA |
| ▪ Regulace napětí | 2 x 10 poloh |
| ▪ Ocelový drát | 0,6 - 1,2 mm, Al - 1,2 mm
trubičkový 1,4 mm |

6 DĚLENÍ MATERIÁLU NEKONVENČNÍMI TECHNOLOGIEMI

Dělení materiálu pomocí nekonvenčních technologií (vodní paprsek, laserový paprsek) se řeší spoluprací s jinými firmami formou kooperací.

6.1 Dělení materiálu vodním paprskem

Pro dělení materiálu vodním paprskem je využito spolupráce firmy AWAC s. r. o., která se touto technologií zabývá řadu let.

Parametry pracoviště pro dělení materiálu vodním paprskem:

- šířka řezu 0,1 – 0,3 mm pro vodní paprsek a 1,0 – 2,0 mm pro abrazivní paprsek,
- přesnost řezu $\pm 0,1$ mm,
- velikosti stolů: 1 x - 2,5 m x 4 m, 2 x - 1 m x 2 m,
- tloušťka děleného materiálu 0,5 – 220,0 mm.

6.2 Dělení materiálu laserovým paprskem

U dělení materiálu laserovým paprskem je využito spolupráce firmy PBS INDUSTRY, která má dostatečně výkonné zařízení pro dělení daného materiálu (1.43 01, t = 15 mm).

Parametry pracoviště pro dělení materiálu laserovým paprskem:

- průměr trysky 2,3 mm,
- přesnost řezu $\pm 0,1$ mm,
- velikost stolu 3 x 1,5 m,
- max. výkon laseru 3 200 W,
- mezera řezu je 0,5 mm.

7 TECHNICKO - EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

V technicko-ekonomickém vyhodnocení je porovnávána výroba pozice 1 a pozice 2 dvěma nekonvenčními metodami dělení materiálů. Základními porovnávacími parametry je délka řezu, čas řezu a cena řezu.

Při výrobě je použita tabule plechu středního formátu 1 250 x 2 500 mm o tloušťce 15 mm (materiál 1.4301).

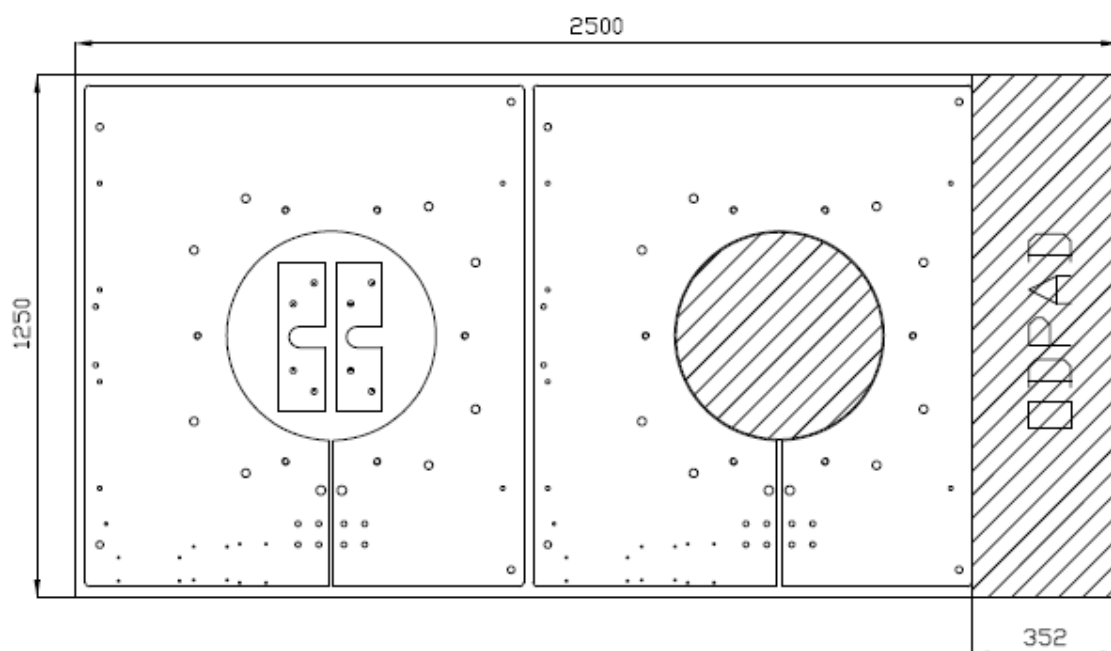
Porovnávané množství výroby dílů z jedné tabule plechu bude sloužit pro výrobu jednoho rámu skříně.

Výchozí podmínky:

- 1 x plech 1 250 x 2 500 mm
- 2 x pozice 1 1 200 x 1 050 mm
- 2 x pozice 2 355 x 110 mm

Varianta – 1

(dělení materiálu pomocí **vodního paprsku**)



Obr. 7.1 - Rozmístění potřebných dílů na tabuli plechu

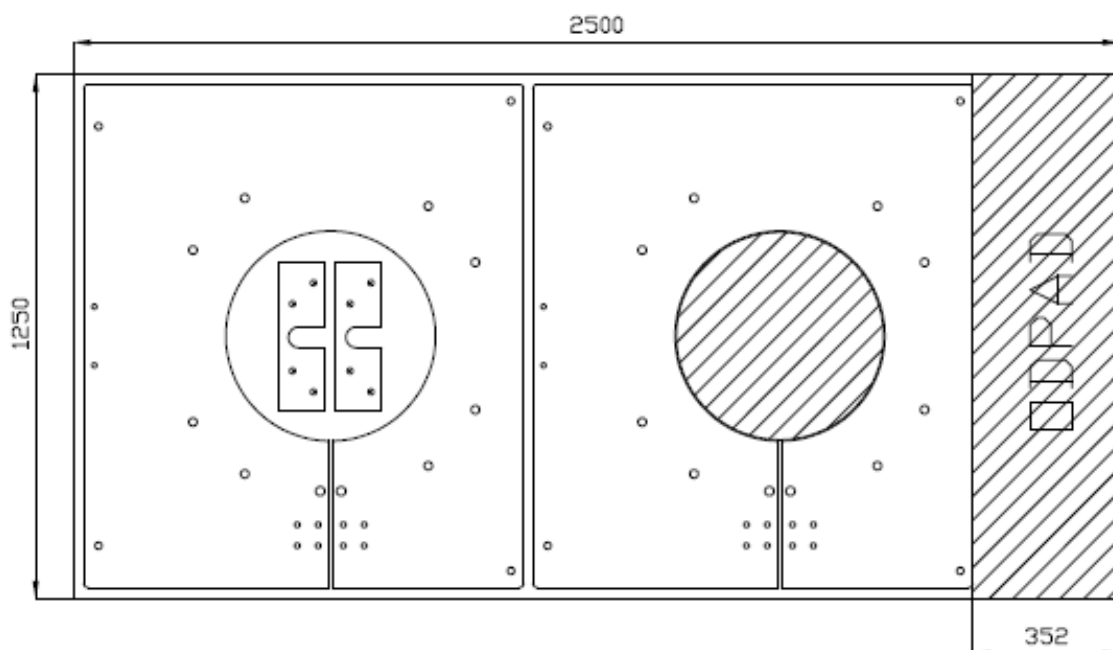
- Délka řezu 8 890 mm
- Čas řezu 86,7 min
- Celková cena řezu 2 644,35 Kč

- za 1 min řezání zaplatíme 30,50 Kč
- za 1 min stroj uřízne 102,54 mm

Technologie vodního paprsku je schopna v čelní desce vyříznout všechny potřebné otvory dle obrázku 7.1 tak kvalitně, že po zahloubení díry je možné řezat závit.

Varianta – 2

(dělení materiálu pomocí **laserového paprsku**)



Obr. 7.2 - Rozmístění potřebných dílů na tabuli plechu

- Délka řezu 8 602,44 mm
- Čas řezu 53,1 min
- Celková cena řezu 1 327,50 Kč

- za 1 min pálení zaplatíme 25 Kč
- za 1 min stroj upálí 162 mm

Technologie laserového paprsku je schopna do požadovaného materiálu vypálit jen díry o průměru 12 mm a více dle obr. 7.2. Díry, které jsou potřebné pro zhotovení závitů nelze touto technologií v dostatečné kvalitě udělat, proto je zapotřebí pro výrobu čelní desky dalších operací jako jsou rýsování otvorů a vrtání.

ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce bylo najít nejvhodnější variantu výroby rámu skříně s využitím nekonvenčních technologií.

V úvodní části této práce byly rozebrány a stručně popsány jednotlivé nekonvenční technologie dělení materiálu jako jsou: dělení materiálu vodním paprskem a dělení materiálu laserem. V závěru popisu každé technologie byly popsány jejich výhody a nevýhody. Nekonvenční technologie dělení materiálu plazmou nevyhovovala pro výrobu zadané součásti, proto nebyla tato technologie do práce zařazena.

V další kapitole byly popsány ostatní technologie, které je zapotřebí při výrobě ostatních součástí. Jsou to: dělení materiálu pásovou pilou, frézování, vrtání, svařování.

Vlastní práce byla zaměřena na popis výroby polotovarů, jejich konstrukci a další zpracování v rámci možností výroby firmy Arenia. Byly navrženy polotovary a uvedeny možnosti využití.

Poslední kapitola byla věnována vyhodnocení technicko-ekonomických údajů jednotlivých nekonvenčních technologií, které byly řešeny formou kooperace a slouží pro výrobu hlavních součástí rámu skříně – čelní desky.

Varianta – 1

(dělení materiálu pomocí **vodního paprsku**)

- ✓ Při délce řezu 8 890 mm by se zaplatilo 2 644,35 Kč,
- ✓ technologie vodního paprsku je schopna v čelní desce vyříznout všechny potřebné otvory v dostatečné kvalitě,
- ✓ řez probíhá bez tepelného působení – tzv. studený řez,
- ✓ součásti se tepelně ani silově nedeformují,
- ✓ díky kvalitě řezu se sníží potřebný počet výrobních operací.

Varianta – 2

(dělení materiálu pomocí **laserového paprsku**)

- ✓ Při délce řezu 8 602,44 mm by se zaplatilo 1 327,50 Kč,
- ✓ technologie laserového paprsku je schopna v tomto případě vypálit jen díry o průměru 12 mm a více,
- ✓ díry, které jsou potřebné pro zhotovení závitů též nelze v dostatečné kvalitě zhotovit,
- ✓ vyšší rychlost řezu,
- ✓ dochází k výraznému přenosu tepla – součásti mohou být tepelně deformovány (prohnutí),
- ✓ u větších tloušťek jsou patrné stopy po řezu,
- ✓ teplotně ovlivněná zóna má negativní vliv pro obrábění – zhotovení závitů.

Z výše uvedených ukazatelů vyplývá, že dělení materiálu technologií vodního paprsku je dvojnásobně nákladnější než dělení materiálu laserem. Je potřeba však vzít v úvahu, že čelní desky vyrobené pomocí laserového paprsku nebudou kompletně vypáleny, proto bude zapotřebí pro jejich dokončení více operací než na deskách vyrobených pomocí vodního paprsku. Pokud by se sečetly všechny pořizovací náklady na kompletaci výrobku při použití laserové technologie, ceny obou technologií by se téměř vyrovnaly. Na naše konečné rozhodnutí o volbě technologie měla vliv negativní vlastnost laseru - tepelné ovlivnění materiálu. Proto bylo rozhodnuto o využití technologie dělení materiálu vodním paprskem, tzn. varianta 1.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. FLOW. *Technologie řezání vodním paprskem*. [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <www.flowcorp.cz/technologie-rezani-vodnim-paprskem-26>
2. CHPS. *Co je to vysokotlaký vodní paprsek*. [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <www.chps.cz/vodni-paprsek/technologie.html>
3. VODNÍ PAPERSEK. *Technologie řezání vodním paprskem*. [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <www.ksd.tul.cz/studenti/texty/uvod_do_strojirenstvi/VZOR-sem-prace.pdf>
4. VODNÍ PAPERSEK. *Řezání materiálu vysokotlakým vodním paprskem*. [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <<http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/2-17.pdf>>
5. CHPS. *Geometrie řezu*. [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <www.chps.cz/vodni-paprsek/geometrie-rezu.html>
6. CHPS. *Technologie dělení materiálu laserem*. [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <www.konstrukce.cz/clanek/rezani-co2-laserem-opticky-system-bifocal>
7. LINDE-GAS. *Řezání laserem*. [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <www.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/like35lgcz.nsf/docbyalias/ind_mv_lascut>
8. CHPS. *Jak pracuje laserový řezací stroj*. [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <www.chps.cz/rezani-laserem/technologie.html>
9. NOVOTNÝ, J., LANGER, Z. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL, 1980. 216 s.
10. KOČMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno: CERM, 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0
11. BOTHE, O. *Strojírenská technologie IV. pro strojírenské učební obory*. Praha: SNTL, 1986. 96 s.
12. MINAŘÍK, V. *Obloukové svařování*. Praha: SCIENTIA, spol. s r.o., 2007. 241 s. ISBN 978-80-86960-28-9

13. FERMAT. *Použité stroje* [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <www.fermatmachinery.com/sk/used-machines/20100-konzolova/101100-FGS-3240-.html>
14. KARAS. *Pásové pily na kov*. [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu:<www.pasove-pily.eu/bomar-pasova-pila-na-kov-ergonomic-320-250-g-27885.html>
15. INZERT PLUS. *Radiální vrtačka*. [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <stroje.inzertplus.cz/inz/radialni-vrtacka-vr-4-19089.html>
16. ALFAIN. *Produkty* [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <www.alfain.eu/cs/produkty/svarovaci-stroje/mig-mag-stroje/odbockove-mig-mag/alfa-in-alf-400-s-hd.html?zobraz_filtry=&order=poradi>
17. AWAC. *Vodní paprsek* [online]. [cit. 10. 4. 2010]. Dostupné z Internetu: <www.awac.cz/?lang=cz&m1=3&m2=7&m3=10>
18. ZMYDLENÝ, T. *Tepelné dělení materiálů. Stručný úvod do řezání kyslíkem, plazmou a laserem*. 66 s.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
v_c	$[m \cdot \text{min}^{-1}]$	Řezná rychlost
f_z	[mm]	Posuv na zub
v_f	$[mm \cdot \text{min}^{-1}]$	Posuvová rychlost
v	$[m \cdot \text{min}^{-1}]$	Obvodová rychlost
n	$[\text{min}^{-1}]$	Otáčky
p	[ks]	Počet pozic (počet druhů součástí)
m	[kg]	Hmotnost polotovaru
t	[mm]	Tloušťka materiálu
z	[-]	Počet zubů nástroje
m_h	[kg]	Hmotnost vyrobených součástí
K_m	[%]	Využitelnost materiálu
D	[mm]	Průměr
K_c	[%]	Celková využitelnost materiálu
κ_r	[°]	Úhel nastavení hlavního ostří
ω	[°]	Úhel stoupání šroubovice

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres rámu – č. v. 410 08 050
Příloha 2 Výkres čelní desky – č. v. 412 08 010

