VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE PRO ZAKÁZKOVOU VÝROBU REKLAMNÍHO PŘEDMĚTU

DESIGN TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF CUSTOM ADVERTISING ARTICLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE Lukáš KONEČNÝ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. Milan KALIVODA
SUPERVISOR

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lukáš Konečný

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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 technologie pro zakázkovou výrobu reklamního předmětu

v anglickém jazyce:

Design technology for the production of custom advertising article

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Účel a zhodnocení reklamního předmětu (velikost, materiál, trvanlivost, množství, skladování, prodej). Navržení 2 variant technologie (standardní versus atypická). Zpracování dokumentace pro TPV. Technicko-ekonomické porovnání. Formulování podmínek pro zavedení do výroby u malé firmy.

Cíle bakalářské práce:

Navržení technologie na úrovni současného technického stavu. Orientace v oblasti moderního nářadí a obráběcích strojů. Doložení konkrétních podmínek ohledně zákaznické produkce.

Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <http://cnc.fme.vutbr.cz>.
2. KOCMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOCMAN, K. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 24.11.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia předkládá návrh technologie výroby reklamního předmětu tvaru žiletky z korozivzdorné oceli 316L, ve šperkařství běžně označované jako chirurgická ocel. Předpokládaná série výroby je 100 kusů. V bakalářské práci je srovnávána výroba frézováním na konzolové CNC frézce, a řezáním na laserovém řezacím stroji. Jako podklad pro výrobu je v projektu uveden výrobní výkres žiletky. Součástí projektu je ekonomické zhodnocení a závěry navržené technologie.

Klíčová slova

CNC frézka, laserový řezací stroj, ocel 316L, žiletka, šperk

ABSTRACT

The project worked out in the framework of the Bachelor's study presents a proposal of producing technology of an advertising article in shape of a razor blade made from stainless steel 316L, in jewellery commonly called surgical stainless steel. Expected batch production is 100 pieces. In the thesis is compared technology for the production on a knee-type CNC milling machine with a laser cutting machine. A production drawing of a razor blade is given as a material for manufacture. A part of this project is an economic evaluation and a conclusion of suggested technology.

Key words

CNC milling machine, laser cutting machine, stainless steel 316L, razor blade, jewel

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KONEČNÝ, Lukáš. *Návrh technologie pro zakázkovou výrobu reklamního předmětu.* Brno 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 32 s., 2 přílohy. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh technologie pro zakázkovou výrobu reklamního předmětu** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum	Lukáš Konečný

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto zaměstnancům VUT FSI, Ing. Milanu Kalivodovi, vedoucímu bakalářské práce, za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce, a panu Jiřímu Čechovi za poskytnutí informací o konzolové frézce.

Dále bych chtěl poděkovat panu Ivo Janíčkovi, zaměstnanci firmy ZETOR TRACTORS a. s., za poskytnutí informací o laserovém řezacím stroji a výrobu modelu.

Také bych chtěl poděkovat své rodině, přátelům, a přítelkyni, která mi vždy trpělivě naslouchala a byla oporou.

OBSAH

ABSTRAKT 4
PROHLÁŠENÍ 5
PODĚKOVÁNÍ 6
OBSAH 7
ÚVOD 9
1 ZVOLENÝ REKLAMNÍ PŘEDMĚT 10
1.1 Charakteristika předmětu 10
1.2 Výběr materiálu 11
2 TECHNOLOGICKÝ PROCES – ŘEZÁNÍ LASEREM 13
2.1 Příprava polotovaru 13
2.2 Laserový řezací stroj Trumpf TruLaser 3530 13
2.2.1 Kyslíkové a tavné řezání 14
2.2.2 Technické parametry stroje Trumpf TruLaser 3530 14
2.3 Laserový paprsek 14
2.4 Upnutí obrobku 15
2.5 Řezné podmínky 15
3 TECHNOLOGICKÝ PROCES - FRÉZOVÁNÍ 16
3.1 Příprava polotovaru 16
3.2 Konzolová vertikální frézka FV25 CNC A 16
3.3 Řídicí systém 17
3.4 Nástroj 17
3.5 Upnutí obrobku 18
3.6 Základní řezné podmínky 18
3.7 Programování CNC stroje 19
4 VÝBĚR TECHNOLOGIE 20
4.1 Výkres + kontura 20
4.2 Načtení výkresu do stroje 20
4.3 Nářadí 20
4.4 Řídicí systém SINUMERIK 840D 20
4.5 Zhodnocení výrobku 20
5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ 22
5.1 Výpočet ceny tabule plechu 22
5.2 Výroba na laseru 22
5.2.1 Varianta 1 22

5.2.2 Varianta 2 24
5.2.3 Shrnutí 25
5.3 Výroba na CNC stroji 26
6 DISKUZE 27
6.1 Alternativní technologické postupy 27
ZÁVĚR 28
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 29
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 30
SEZNAM PŘÍLOH 32

ÚVOD

Reklama je stará jako obchodování samo v podobě stánků na trzích, kde bylo ve starých časech mnoho obchodů se stejným zbožím, a také velmi rušno, a dostat se k nějakému stánku nemuselo být snadné. Proto lidé nakupovali zboží, stejně jako dnes, u svých oblíbených obchodníků, které znali, a kterým důvěřovali. Pokud chtěl nový, neznámý prodejce uspět, musel se snažit přetáhnout zákazníky od konkurence.

Pokud takový prodejce tedy začal slovně vychvalovat své zboží, přilákal pozornost návštěvníků tržiště, a zvýšil tak své šance na výdělek, neboť potenciální zákazníci se začali shromažďovat u jeho stánku.

Podobnou taktiku obchodníci používají i dnes, ovšem místo pokřikování používají textovou, obrázkovou i jinou reklamu. Jelikož je však na každém rohu spousta obchodů s podobným sortimentem, rozdávají obchodníci reklamní předměty, aby k nim jejich zákazníci našli cestu zpět. S těmito předměty se setkáváme na každém kroku, nejen v obchodech, ale i na různých veletrzích či předváděcích akcích, kde působí i jako poutače pozornosti návštěvníků, a tím potenciálních zákazníků. Ovšem i po nějaké době od návštěvy takového veletrhu v lidech reklamní předměty probouzejí vzpomínku na danou firmu či její produkt. Je-li tento reklamní předmět předmětem praktickým, kupříkladu propisovací tužka, dělá pak reklamu např. i u zákazníků či kolegů jeho vlastníka. Proto by takový předmět měl být již na první pohled zajímavý, ať už barvou, funkcí, či tvarem.

Cílem práce je navrhnout technologii výroby reklamního předmětu, představovaného žiletkou, z oceli 316L v malé sérii do 100 kusů na laserovém řezacím stroji a na CNC frézce, dále realizace výroby reklamního předmětu jedním ze způsobů, a ekonomické zhodnocení jeho výroby.

1 ZVOLENÝ REKLAMNÍ PŘEDMĚT

Bylo rozhodnuto navrhnout technologii výroby reklamního předmětu ve tvaru žiletky, protože ji lze nosit jako šperk. Může tedy být na očích více lidem, nežli reklamní předmět ležící někde v kanceláři.

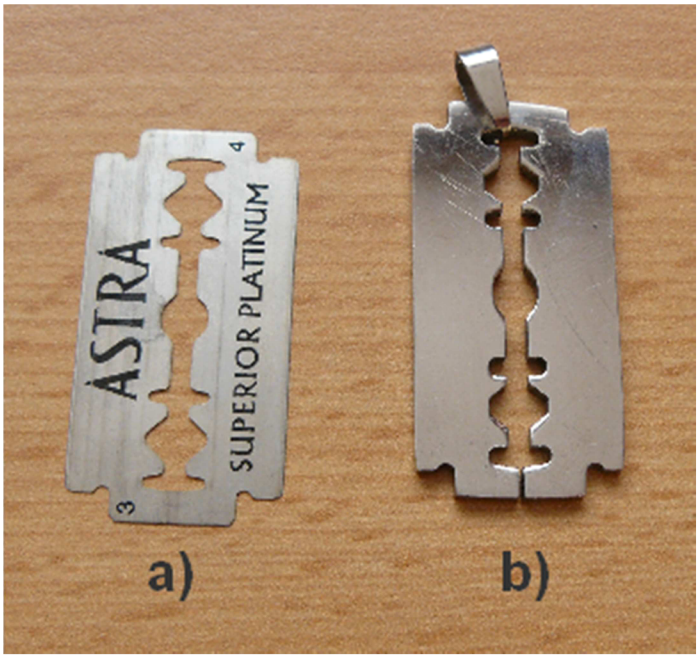
1.1 Charakteristika předmětu

Důvod, proč byla zvolena právě žiletka, je ten, že v některých lidech může žiletka na krku probouzet zvědavost, zda se jedná o skutečnou žiletku, a zda její nošení není nebezpečné, čímž vznikne zájem o tento předmět, a při podrobnějším zkoumání vyjde najevo, že se jedná jen o způsob propagace firmy pomocí tupé atrapy žiletky.

Zde by bylo vhodné zavést pojmy, kterými budou některé předměty v následujících odstavcích pojmenovávány. Slovem „břit“ bude pojmenovávána opravdová funkční žiletka, a jako „přívěsek“ bude označován přívěsek ve tvaru žiletky, který je použit jako vzor. Jako „výrobek“ bude pojmenováván navrhovaný reklamní předmět ve tvaru žiletky.

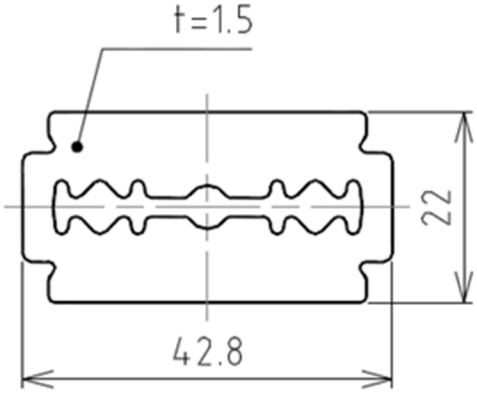
Výrobek může sloužit buď přímo k propagaci výrobce, anebo firem, které od výrobce tento produkt zakoupí, a následně si jej nechají upravit např. potiskem k propagaci svých produktů.

Přívěsek, který je zdrojem inspirace pro tuto práci, je původem z Číny. Má však některé detaily, které jej odlišují od břitu, jak je zřejmé z obr. 1. Jedná se zejména o štěrbinu na jedné straně přívěsku, tloušťku přívěsku, dále pak o díru uprostřed přívěsku, která není kruhová, ale spíše eliptická, absenci rádiů na výřezu uprostřed přívěsku, jeho vnější rozměry, a další. V této práci bude vynaložena snaha tyto nedostatky odstranit, a současně nepřidat další škodlivé detaily.



Obr. 1 Žiletky: a) břit, b) přívěsek.

Je požadována produkce výrobku co nejvíce podobného břitu. Proto byla vynaložena snaha co nejpřesněji změřit břit, a zejména jeho detaily, posuvným měřidlem. Ovšem úhly a rádie bylo nutno odhadnout, neboť k jejich měření nebylo dostatečné vybavení, a drobné odchylky od břitu by neměly být na výrobku na první pohled znát. Na obr. 2 je výrobek nakreslený v programu AutoCAD Mechanical 2010. Výrobní výkres, z něhož obrázek vychází, je uveden v příloze 1.



Obr. 2 Výrobek nakreslený v programu AutoCAD Mechanical 2010.

Tloušťka přívěsku je 1,7 mm. Tato však nebude měněna na tloušťku břitu, neboť příliš tenký plech by byl pro nošení na krku nebezpečný. Dostačující tloušťka je v rozmezí 1,5 až 2 mm. Byla zvolena tloušťka 1,5 mm z důvodu úspory financí, a také proto, že plech tloušťky 1,7 mm, případně 1,75 mm, je málo dostupný. Tento rozměr je dostatečný k tomu, aby nedošlo ke zranění uživatele, stejně jako k ohybu výrobku mírným zatížením způsobeným běžným užíváním výrobku.

1.2 Výběr materiálu

Jako výchozí materiál byl vybírán materiál, který působí estetickým dojmem, a je také odolný vůči mechanickému a chemickému namáhání. Těmto požadavkům vyhovuje materiál laiky označovaný jako „chirurgická ocel“.

Chirurgická ocel nese označení „316L“. Z tohoto odolného materiálu se v dnešní době vyrábí převaha šperků a řadí se mezi kovy, které jsou hypoalergenní [1].

Ocel s označením 316L dle normy AISI odpovídá dle ČSN 420002 ocelím 17 349, případně 17 350, respektive 1.4404 dle DIN. U firem dodávajících hutní materiál jsou však plechy z oceli 17 350 k dostání výjimečně, proto byl zvolen plech z oceli 17 349. Mechanické vlastnosti a chemické složení této oceli jsou uvedeny v tab. 1 a tab. 2.

Tab. 1. Mechanické vlastnosti oceli 17 349 [2].

Ocel	Rm[MPa]	Rp0,2 [MPa]	A [%]
17 349	530-680	240	40

Tab. 2. Chemické složení oceli 17 349 [2].

Ocel	C [%]	Cr [%]	Ni [%]	Mn [%]	Mo [%]
17 349	< 0,03	16,5-18,5	11,0-14,0	< 2,0	2,0-2,5

Bylo rozhodnuto o odběru materiálu od firmy ITALINOX s. r. o. s pobočkou v Brně. Tato firma nabízí plech z oceli 17 349 v různých povrchových úpravách. Byla zvolena povrchová úprava „Brus 240+P“, neboť takto upravený plech je za studena válcovaný, z jedné strany broušený zrnem 240 a potažený ochrannou fólií.

2 TECHNOLOGICKÝ PROCES – ŘEZÁNÍ LASEREM

Jako nekonvenční technologie byla zvolena výroba na laserovém řezacím stroji TruLaser 3530. Takový stroj je k dispozici ve firmě ZETOR TRACTORS a. s.

2.1 Příprava polotovaru

Obrobek není nutno nijak náročně připravovat, neboť stroj je schopen řezat plechy o velikosti až 3000 x 1500 mm. Jediným kritériem obrobku jsou jeho nejmenší rozměry, které činí přibližně 100 x 100 mm.

Při výpočtu rozměru polotovaru je však potřeba počítat s můstky, nutnými k tomu, aby zbytek plechu po vypadnutí výrobku byl dostatečně pevný, zejména z důvodu snadnějšího odběru odpadního materiálu ze stroje. Můstek by měl mít šířku 8-10 mm, avšak u tenkých plechů je dostačující šířka 5 mm. Z plechu o rozměrech 1000 x 2000 mm je možné vyrobit 1476 kusů výrobku, respektive 1460 kusů, v závislosti na orientaci souřadnicové soustavy stroje a plechu. Tato práce se však zabývá návrhem technologie výroby pro sérii do 100 ks. Pro tak malou sérii je plech o rozměrech 1000 x 2000 mm zbytečně velký, je tedy třeba z něj pouze odstřihnout kus o rozměrech 1000 x 140 mm, ze kterého lze vyrobit přesně 100 ks výrobku. Odstřižení by bylo provedeno na ručních nebo tabulových nůžkách dle možností firmy.

2.2 Laserový řezací stroj Trumpf TruLaser 3530

Řezací stroj TruLaser 3530 je 2D-laserový řezací stroj vycházející z typu 3030. Navíc používá zdvojený pohon osy X a přímé pohony os Xp a Y. Pro rychlé opracování menších členitých dílů jsou stroje vybaveny dodatečnou osou Xp, která umožňuje pohyb řezací hlavy v ose X o 300mm bez nutnosti pojezdu celého příčníku. To dovoluje vyšší dynamiku pojezdů díky nižším setrvačným hmotám [4].

Obr. 3 Laserový řezací stroj Trumpf TruLaser 3530.

Stroj, zobrazený na obr. 3 používá řídicí systém Sinumerik 840D, a je vybaven programem TruTops 100, který slouží k nastavení potřebných dat a spuštění řezání. Tento program je však do jisté míry obdobou programu AutoCAD

používanou v těchto laserových řezacích strojích, neboť taktéž umožňuje rýsování přímo na stroji. Rýsování na stroji je však zdlouhavé, a hodí se jen k rýsování méně složitých výrobků, proto je stroj vybaven disketovou mechanikou, pomocí které se do něj nahrávají data ve formátu *.GEO.

2.2.1 Kyslíkové a tavné řezání

Kyslíkové řezání je ovlivněno čistotou kyslíku. Tato čistota hraje zásadní roli při řezání nelegovaných nebo nízkolegovaných ocelí. Bylo prokázáno, že přechodem ze stupně čistoty 99.5 % na stupeň 99.998 % se může zvýšit řezná rychlost až o 20 %.

Zvýšením čistoty kyslíku tedy lze:

- zvýšit rychlost řezání
- řezat kovy o větší tloušťce.

Tavné řezání při vysokém tlaku se používá při zpracování korozivzdorné oceli a vysoce legovaných slitin a ostatních neželezných materiálů.

Tavná technologie řezání používá inertní plyny (hlavně dusík), které nepřispívají k tavení materiálu, ale místo toho působí jako prostředek k odstraňování materiálu roztaveného laserovým paprskem vysokou rychlostí. Zároveň brání oxidaci řezu a chrání optiku laseru před znečištěním parami vznikajícími z vypařování kovu [10].

2.2.2 Technické parametry stroje Trumpf TruLaser 3530

Technické parametry laserového řezacího stroje jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3 Technické parametry stroje Trumpf TruLaser 3530 [5].

Technické parametry		
výkon paprsku		3200 W
řezná plocha		3000 x 1500 mm
přesnost (poziční odchylka)		+-0,1 mm
šířka spáry řezu		0,2 - 0,4 mm
hmotnost polotovaru		max. 710 kg
materiály	oceli konstrukční, uhlíkové a nízkolegované	do tloušťky 20 mm
	oceli legované, korozivzdorné	do tloušťky 12 mm
	slitiny hliníku	do tloušťky 8 mm

2.3 Laserový paprsek

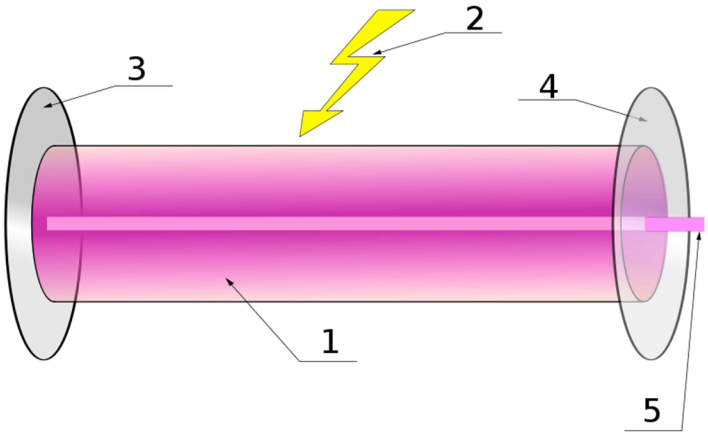
Konstrukce laseru je zobrazena na obr. 4.

Vznik laserového paprsku začíná dodáním energie do aktivního média ze zdroje energie, který může představovat například výbojka. Dodaná energie energeticky vybudí elektrony aktivního prostředí ze základní energetické hladiny do vyšší energetické hladiny, dojde k tzv. excitaci. Takto je do vyšších energetických stavů vybuzena většina elektronů aktivního prostředí a vzniká tak tzv. inverze populace.

Při opětném přestupu elektronu na nižší energetickou hladinu dojde k vyzáření (emisi) kvanta energie ve formě fotonů. Tyto fotony následně interagují s dalšími

elektrony inverzní populace, čímž spouštějí tzv. stimulovanou emisi fotonů, se stejnou frekvencí a fází, i u nich.

Díky umístění aktivní části laseru do rezonátoru, tvořeného například zrcadly, dochází k odrazu paprsku fotonů a jeho opětovnému průchodu prostředím. To dále podporuje stimulovanou emisi, a tím dochází k exponenciálnímu zesilování toku fotonů. Výsledný světelný paprsek pak opouští tělo laseru průchodem skrze polopropustné zrcadlo [13].



Obr. 4 Konstrukce laseru: 1) aktivní prostředí, 2) zdroj záření, 3) odrazné zrcadlo, 4) polopropustné zrcadlo, 5) laserový paprsek [13].

Ve stroji Trumpf TruLaser 3530 se pro vznik laserového paprsku užívá směsi několika plynů, například dusíku, hélia a kysličníku uhličitého pod nízkým tlakem.

2.4 Upnutí obrobku

Obrobek není třeba nijak upínat, neboť na něj nepůsobí takřka žádné síly, pouze se položí na rošt, kterým je stroj vybaven. Obrobek na roštu drží pomocí třecí síly vyvolané tíhou obrobku.

Po vyřezání daného tvaru propadne výrobek i s drobným odpadem do zásobníku, který se po skončení procesu vysune ven, a z něj se výrobky odeberou.

2.5 Řezné podmínky

Řezné podmínky vypočítá program TruTops 100 ve stroji z dat, která do něj zadá obsluha stroje. Jedná se o materiál, jeho tloušťku, a případně ohnisko na čočce řezací hlavy. Stroj následně vypočítá rychlost posuvu paprsku, a výkon paprsku. Také je nutné nastavit vzdálenost plechu od počátku souřadnicové soustavy stroje.

Na řezaném materiálu závisí použitý řezný plyn, který napomáhá řezání materiálu. Pro řezání korozivzdorných ocelí se používá hlavně dusík, pro uhlíkové a nízkolegované oceli se používá kyslík, případně vzduch, neboť tento je nejlevnějším řezným médiem.

3 TECHNOLOGICKÝ PROCES - FRÉZOVÁNÍ

Bylo rozhodnuto o návrhu technologie frézování na frézce FV 25 CNC A, neboť tato je dostupná v areálu VUT FSI, a je možné se s ní setkat v mnoha malých firmách.

3.1 Příprava polotovaru

Příprava polotovaru spočívá v nastříhání plechu na obdélníky o rozměrech cca 30 x 50 mm. Toto by opět bylo provedeno na ručních či tabulových nůžkách dle možností firmy.

3.2 Konzolová vertikální frézka FV25 CNC A

Frézka FV 25 CNC A (obr. 5) je souvisle řízená konzolová frézka, u níž řízený pohyb ve svislém směru vykonává pinola s vřetenem. Stroj lze s výhodou použít při výrobě komplikovaných malých složitých součástí s velkým podílem vrtacích, vyvrtávacích a závitovacích operací. Důmyslný pohon a široký rozsah otáček vřetena umožňuje efektivní obrábění všech druhů kovů - od slitin lehkých kovů až po nástrojové oceli [6]. Technické parametry stroje FV 25 CNC A jsou v tab. 4.

Obr. 5 Konzolová vertikální frézka FV 25 CNC A.

Tab. 4 Technické parametry stroje FV 25 CNC A [7].

Technické parametry		
VŘETENO		ISO 40
vzdálenost osy vřetene od vedení stojanu		373 mm
otáčky	počet stupňů	2
	rozsah otáček	50 – 6000 min^{-1}
výkon motoru		5,5 kW

STŮL		3200 W
rozměr pracovní plochy		300 x 1300 mm
upínací drážky	počet	5
	šířka a rozteč	14 x 50 mm
maximální zatížení stolu		200 kg
pracovní zdvih	podélný (X)	760 mm
	příčný (Y)	355mm
	svislý (Z)	152mm
svislé přestavení konzoly		415 mm
posuvy	plynule (X, Y, Z)	2,5-2500 mm min^{-1}
	rychloposuv	7000 mm min^{-1}
STROJ		
rok výroby		2001
celkový příkon		9 kVA
hmotnost		1500 Kg
zastavěná plocha		2750 x 2588 mm
výška		2030 mm

3.3 Řídicí systém

Systémy HEIDENHAIN TNC jsou souvislé řídicí systémy, jimiž můžete přímo na stroji v dílně naprogramovat obvyklé frézovací a vrtací operace pomocí snadno srozumitelného popisného dialogu. Jsou koncipované k používání na frézkách, vrtačkách a obráběcích centrech. Řídicí systém iTNC 530 může řídit až 12 os. Kromě toho můžete programem nastavovat úhlovou polohu vřeten [8].

3.4 Nástroj

Protože vnitřní výřezy výrobku i rádie vně i uvnitř výrobku jsou poměrně malé, je nutné použít frézu malé velikosti. Protože nejmenší rádius na výrobku je 1,5 mm, byla zvolena fréza (obr. 6.) o průměru řezné části 1,5 mm, která tyto malé rádie vyrobí pouhým zajetím nástroje. Tato fréza je vyrobena ze slinutých karbidů, má tři zuby, a je opatřena povlakem TiAlN, který snižuje tření, a zvyšuje životnost a výkonnost nástroje. Technické parametry vybrané frézy jsou uvedeny v tab. 5.

Tab. 5 Technické parametry vybrané frézy [9].

Technické parametry	
Materiál	slinuté karbidy
povrchová úprava	TiAlN
průměr řezné části	1,5 mm
délka řezné části	5 mm
délka frézy	38 mm
průměr stopky	3 mm
počet zubů	3
Cena	280 Kč

Obr. 6 Vybraná fréza [9].

3.5 Upnutí obrobku

Obrobek je nutné podložit nějakým jiným, nejlépe měkkým, materiálem, neboť jde o frézování tenkého plechu, a fréza tedy musí projet přes celou tloušťku materiálu.

K tomuto účelu se nejlépe hodí „umělé dřevo“. Obrobek podložený „umělým dřevem“ se na jedné straně stáhne svorkou, a tento komplet se upne do svěráku uchyceného na stole frézky. Po frézování kontury na části obrobku, která není upnutá, se dosud volná část očistí, stáhne svěrkou, a dosud dotažená část se uvolní. Frézují se kontury na uvolněné části obrobku, které se po skončení frézování očistí, a uvolní se svorka.

3.6 Základní řezné podmínky

Dle přílohy 2 je doporučená řezná rychlost v_c uvažované frézy pro tvrdou korozivzdornou ocel v rozmezí (23-76 $m \cdot min^{-1}$) a záběr na zub f_z pro frézy do průměru 6,35 mm je v rozmezí (0,0127-0,0254 mm). Z důvodu bezpečnosti je pro testovací provoz zvolen nejnižší posuv, posuv na zub frézy tedy činí $f_z = 0{,}0127$ mm, posuv na otáčku frézy potom činí $f_n = 3 \cdot f_z = 3 \cdot 0{,}0127$ mm = 0,0381 mm, a podobně i nejnižší řezná rychlost je zvolena $v_c = 23\ m \cdot min^{-1}$.

Šířka záběru ostří je rovna šířce plechu, tedy $a_p = 1{,}5$ mm. Při výpočtu otáček stroje je nutné vycházet ze vztahu pro řeznou rychlost (1).

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \tag{1}$$

kde: v_c [$m.min^{-1}$] - řezná rychlost,

D [mm] - průměr řezné části nástroje,

n [min^{-1}] - otáčky nástroje.

Úpravou tohoto vztahu získáme vztah pro otáčky stroje (2).

$$n = \frac{v_c \cdot 10^3}{\pi \cdot D} \tag{2}$$

kde: n [min^{-1}] - otáčky nástroje,

v_c [$m.min^{-1}$] - řezná rychlost,

D [mm] - průměr řezné části nástroje.

Hodnotu posuvné rychlosti je možno určit ze vztahu pro posuv na otáčku (3).

$$f_n = \frac{v_f}{n} \tag{3}$$

kde: f_n [mm] - posuv na otáčku,
v_f [m.min^{-1}] - posuvná rychlost,
n [min^{-1}] - otáčky nástroje.

Rychlost posuvu dle vztahu (4) tedy bude.

$$v_f = f_n \cdot n \tag{4}$$

kde: v_f [m.min^{-1}] - posuvná rychlost,
f_n [mm] - posuv na otáčku,
n [min^{-1}] - otáčky nástroje.

Základní řezné podmínky jsou shrnuty v tab. 6.

Tab. 6 Shrnutí řezných podmínek.

v_c	n	f_n	v_f	f_z	a_p
23 m·min^{-1}	4880 min^{-1}	0,0381 mm	186 mm·min^{-1}	0,0127 mm	1,5 mm

3.7 Programování CNC stroje

NC program je možné zapsat ručně, tj. sledem jednotlivých kroků, nebo nechat vygenerovat konkrétním CAD/CAM softwarem. V návaznosti na stroj FV 25 CNC A a jeho možnosti bylo rozhodnuto pokusit se napsat a zobrazit zde několik řádků NC programu.

Ukázka zdrojového kódu:

```
0 BEGIN PGM ZILETKA MM
2 BLK FORM 0.1 Z X-25 Y-15 Z-2.0
4 BLK FORM 0.2 X+25 Y+15 Z0
6 ; FREZA ,D = 1.5 ,L = 38.0
8 TOOL CALL 1 Z S955
10 L X.000 Y.000 Z10.000 A.000 FMAX M3
12 L X.000 Y.000 Z-0.500 F4880
14 L X.000 Y2.500 Z-2.000
16 CR X2.500 Y0.000 Z-2.000 R+2.5 DR+
...
9036 L Z+250 R0 FMAX M2
99999 END PGM ZILETKA MM
```

4 VÝBĚR TECHNOLOGIE

Bylo rozhodnuto o výrobě na laserovém řezacím stroji, neboť výroba frézováním by byla příliš drahá a zdlouhavá, zejména kvůli použitému materiálu, nástroji, jeho ceně a omezené rychlosti obrábění, a také kvůli potřebě častého zásahu obsluhy CNC frézky.

4.1 Výkres + kontura

Výrobní výkres výrobku byl nakreslen v programu AutoCAD Mechanical 2010. Tento výkres je přiložen v příloze 1. Jelikož se tato práce nezabývá konstrukcí, ale technologickým postupem, nebyl dán příliš velký důraz na správnost kótování výkresu. Je tedy možné, že výkres není správně okótován, stejně tak jako nemusí obsahovat všechny náležitosti výrobního výkresu. Kromě toho, laserový řezací stroj pracuje podle obrysu výrobku, nikoli kót, kóty tedy mají spíše informativní charakter.

4.2 Načtení výkresu do stroje

Stroj při řezání využívá data uložená ve formátu *.GEO. K získání dat ve formátu *.GEO je však nutné výkres výrobku, který program AutoCAD standardně ukládá ve formátu *.DWG, uložit ve formátu *.DXF. Technolog následně pomocí programu TruTops pro PC převede výkres ve formátu *.DXF do formátu *.GEO, který pomocí diskety přenese do stroje.

4.3 Nářadí

Nářadím používaným laserovým řezacím strojem je laserový paprsek, jehož základní princip vzniku je nastíněn v podkapitole 2.3. Řezací schopnost paprsku je však možno korigovat také čočkou, kterou obsluha stroje zvolí dle řezaného materiálu a jeho tloušťky.

4.4 Řídicí systém SINUMERIK 840D

Řídicí systém SINUMERIK 840D je digitální systém vhodný prakticky pro všechny aplikace. Vysoký stupeň modularity umožňuje rychle přizpůsobit tento systém požadavkům zákazníka.

Systém SINUMERIK 840D je systémová platforma s pokrokovými funkcemi pro téměř všechny technologie.

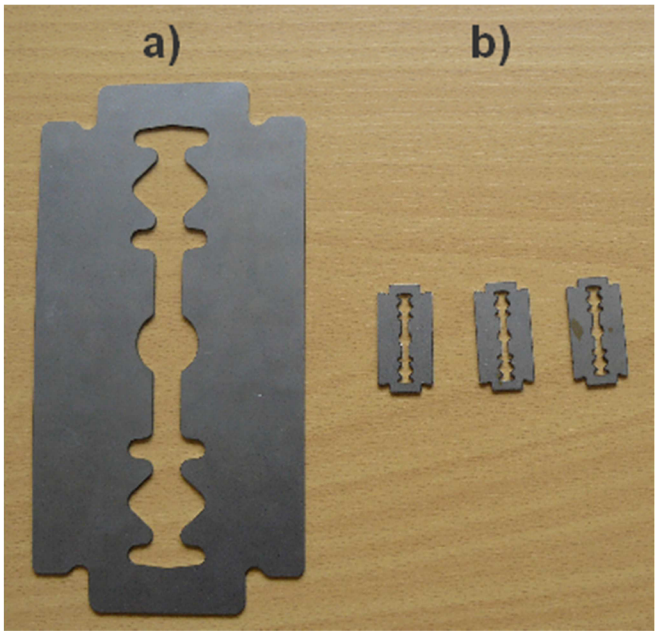
Společně s digitálním měničem SIMODRIVE 611 a PLC automatem SIMATIC S7-300 představuje systém SINUMERIK 840D kompletní digitální řešení vhodné pro složité obráběcí funkce a zároveň vykazuje vysokou úroveň dynamiky a přesnosti.

Škálovatelnost hardwaru a softwaru předurčuje SINUMERIK 840D pro použití v širokém spektru aplikací. Možné nasazení na strojích požadujících jednoduché polohovací funkce až ve složitých mnohaosých obráběcích centrech [11].

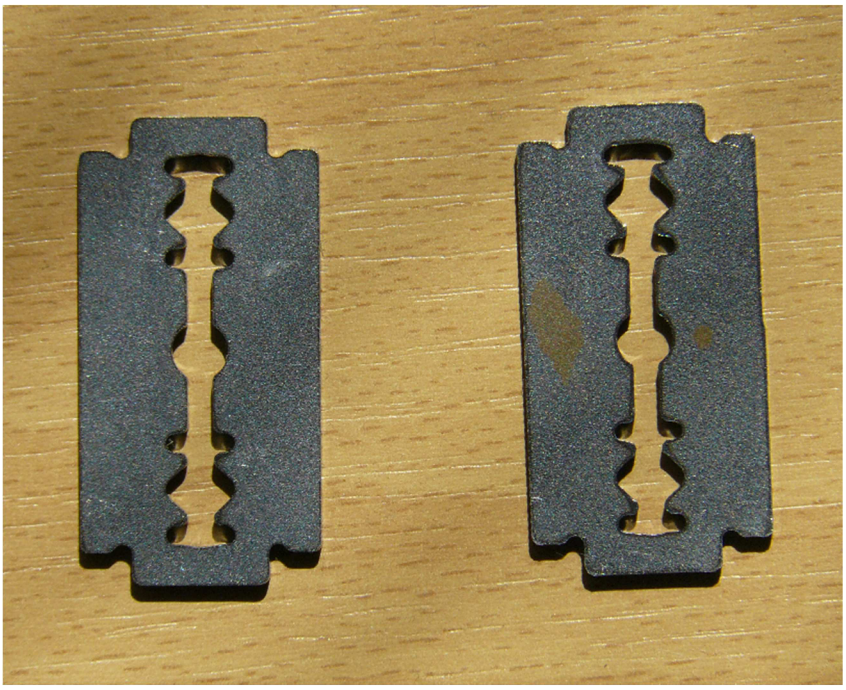
4.5 Zhodnocení výrobku

Výrobek byl vyroben ve 3 kusech v provedení 1:1, a v jednom kuse v provedení 5:1, a to z uhlíkové oceli, neboť cílem bylo demonstrovat možnosti laserového řezacího stroje a kvalitu zpracování produktů na něm vyrobených. Pro názornost je tedy tento materiál dostačující, a také levný.

Výrobky mají hrany, které se mohou zdát ostré, jsou však srovnatelné s hranami na přívěsku. Výrobky jsou zobrazeny na obr. 7. Jeden kus výrobku provedení 1:1, zobrazený na obr. 8, má však na jedné hraně jakýsi „schod“, který ubírá na vzhledu. Tento schod byl způsoben otřesem stroje, který vznikl rušením z okolního prostředí, v důsledku čehož se vychýlil laserový paprsek.



Obr. 7 Výrobky: a) v provedení 5:1, b) v provedení 1:1.



Obr. 8 Výrobky v provedení 1:1: a) ve správném zpracování, b) s kazem na pravé hraně.

5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Jako hlavní kritérium pro výběr nejvhodnější technologie ze zvažovaných technologií bylo zvoleno ekonomické hledisko – náklady na výrobu. Veškeré vyhodnocení je provedeno s ohledem na výslednou cenu výrobku.

5.1 Výpočet ceny tabule plechu

Tabule plechu o rozměrech 1000x2000 mm a tloušťce 1,5 mm váží přibližně 24 kg [3].

Cena plechu v úpravě „Brus 240+P“ je 115 Kč/kg bez DPH. Cenu tabule plechu lze tedy určit dle vztahu (5).

$$C_T = m_T \cdot C_{kg} \cdot k_{DPH} = 24 \cdot 115 \cdot 1{,}2 = 3312 \text{ Kč} \tag{5}$$

kde: C_T [Kč] - cena tabule plechu,

C_{kg} [Kč.kg^{-1}] - cena za kg plechu v úpravě „Brus 240+P“ bez DPH,

m_T [kg] - hmotnost tabule plechu,

k_{DPH} [-] - koeficient pro cenu s DPH.

5.2 Výroba na laseru

Dle zadání byla navržena technologie pro výrobu žiletky z chirurgické oceli na laserovém řezacím stroji v sérii 100 ks. Možnosti rozmístění výrobků na plechu jsou čtyři, pro dvě z nich byl zpracován výpočet cen. Zbývající dvě možnosti rozmístění jsou nevhodné, zdůvodnění a jejich zobrazení je uvedeno na závěr této podkapitoly.

5.2.1 Varianta 1

Počet výrobků na šířku tabule plechu lze vypočítat dle vztahu (6).

$$P_{Š1} = \frac{l_Š - l_m}{ž_Š + l_m} = \frac{1000 - 5}{22 + 5} = 36{,}85 \rightarrow 36 \text{ ks} \tag{6}$$

kde: $P_{Š1}$ [-] - počet výrobků na šířku tabule plechu ve variantě 1,

$l_Š$ [mm] - šířka tabule plechu,

l_m [mm] - délka můstku,

$ž_Š$ [mm] - šířka žiletky.

Počet řádků výrobků na plechu lze vypočítat dle vztahu (7).

$$P_{Ř1} = \frac{P_S}{P_{Š1}} = \frac{100}{36} = 2{,}78 \rightarrow 3 \tag{7}$$

kde: $P_{Ř1}$ [-] - počet řádků výrobků na délku tabule plechu ve variantě 1,

P_S [-] - požadovaná série,

$P_{Š1}$ [-] - počet výrobků na šířku tabule plechu ve variantě 1.

Délku plechu, kterou je nutno uříznout, aby bylo možno vyrobit sérii 100 ks, lze spočítat dle vztahu (8).

$$l_{Ř1} = l_m + P_{Ř1} \cdot (l_m + ž_D) = 5 + 3 \cdot (5 + 42{,}8) = 148{,}4\text{mm} \cong 150mm \qquad (8)$$

kde: $l_{Ř1}$ [mm] - délka plechu, kterou je nutno uříznout, aby bylo možno vyrobit sérii 100 ks ve variantě 1,

$P_{Ř1}$ [-] - počet řádků výrobků na délku tabule plechu ve variantě 1,

l_m [mm] - délka můstku,

$ž_D$ [mm] - délka žiletky.

Počet výrobků z tabule plechu ve variantě 1 lze spočítat ze vztahu (9).

$$P_{T1} = P_{Š1} \cdot P_{Ř1} = 36 \cdot 3 = 108 \text{ ks} \qquad (9)$$

kde: P_{T1} [-] - počet výrobků z uříznutého plechu ve variantě 1,

$P_{Š1}$ [-] - počet výrobků na šířku tabule plechu ve variantě 1,

$P_{Ř1}$ [-] - počet řádků výrobků na délku tabule plechu ve variantě 1.

Počet výrobků z uříznutého plechu o rozměrech 1000 x 150 x 1,5 mm při uspořádání dle obr. 5 je tedy 108 ks. Cenu za jeden kus výrobku lze spočítat pomocí vztahu (10).

$$C_1 = \frac{C_T \cdot \frac{l_{Ř1}}{l_D}}{P_{T1}} = \frac{3312 \cdot \frac{150}{2000}}{108} = 2{,}30 \text{ Kč} \qquad (10)$$

kde: C_1 [Kč] - cena jednoho kusu výrobku ve variantě 1,

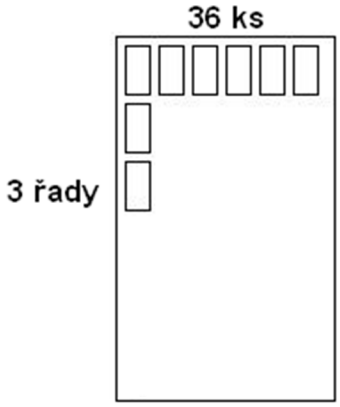
C_T [Kč] - cena tabule plechu,

$l_{Ř1}$ [mm] - délka plechu, kterou je nutno uříznout, aby bylo možno vyrobit sérii 100 ks ve variantě 1,

l_D [mm] - délka tabule plechu,

P_{T1} [-] - počet výrobků z tabule plechu ve variantě 1.

Uspořádání výrobků ve variantě 1 je zobrazeno na obr. 9.



Obr. 9 Varianta 1 uspořádání výrobků.

5.2.2 Varianta 2

Počet výrobků na šířku tabule plechu lze vypočítat dle vztahu (11).

$$P_{Š2} = \frac{l_Š - l_m}{ž_D + l_m} = \frac{1000 - 5}{42{,}8 + 5} = 20{,}82 \rightarrow 20\ \text{ks} \tag{11}$$

kde: $P_{Š2}$ [-] - počet výrobků na šířku tabule plechu ve variantě 2,

$l_Š$ [mm] - šířka tabule plechu,

l_m [mm] - délka můstku,

$ž_D$ [mm] - délka žiletky.

Počet řádků výrobků na plechu lze vypočítat dle vztahu (12).

$$P_{Ř2} = \frac{P_S}{P_{Š2}} = \frac{100}{20} = 5 \tag{12}$$

kde: $P_{Ř2}$ [-] - počet řádků výrobků na délku tabule plechu ve variantě 2,

P_S [-] - požadovaná série,

$P_{Š2}$ [-] - počet výrobků na šířku tabule plechu ve variantě 2.

Délku plechu, kterou je nutno uříznout, aby bylo možno vyrobit sérii 100 ks, lze spočítat dle vztahu (13).

$$l_{Ř2} = l_m + P_{Ř2} \cdot (l_m + ž_Š) = 5 + 5 \cdot (5 + 22) = 140\ \text{mm} \tag{13}$$

kde: $l_{Ř1}$ [mm] - délka plechu, kterou je nutno uříznout, aby bylo možno vyrobit sérii 100 ks ve variantě 2,

$P_{Ř2}$ [-] - počet řádků výrobků na délku tabule plechu ve variantě 2,

l_m [mm] - délka můstku,

$ž_Š$ [mm] - šířka žiletky.

Počet výrobků z tabule plechu ve variantě 2 lze spočítat ze vztahu (14).

$$P_{T2} = P_{Š2} \cdot P_{Ř2} = 20 \cdot 5 = 100 \text{ ks} \tag{14}$$

kde: P_{T2} [-] - počet výrobků z uříznutého plechu ve variantě 2,

$P_{Š2}$ [-] - počet výrobků na šířku tabule plechu ve variantě 2,

$P_{Ř2}$ [-] - počet řádků výrobků na délku tabule plechu ve variantě 2.

Počet výrobků z uříznutého plechu o rozměrech 1000 x 140 x 1,5 mm při uspořádání dle obr. 6 je tedy 100 ks. Cenu za jeden kus výrobku lze spočítat pomocí vztahu (15).

$$C_2 = \frac{C_T \cdot \frac{l_{Ř2}}{l_D}}{P_{T2}} = \frac{3312 \cdot \frac{140}{2000}}{100} = 2{,}32 \text{ Kč} \tag{15}$$

kde: C_2 [Kč] - cena jednoho kusu výrobku ve variantě 2,

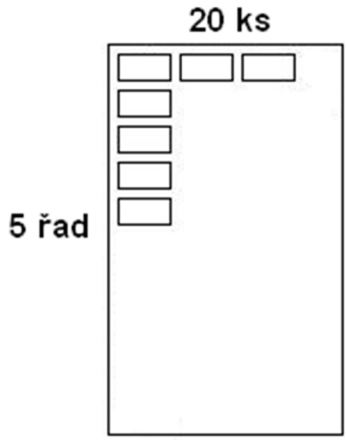
C_T [Kč] - cena tabule plechu,

$l_{Ř2}$ [mm] - délka plechu, kterou je nutno uříznout, aby bylo možno vyrobit sérii 100 ks ve variantě 2,

l_D [mm] - délka tabule plechu,

P_{T2} [-] - počet výrobků z tabule plechu ve variantě 2.

Uspořádání výrobků ve variantě 2 je zobrazeno na obr. 10.



Obr. 10 Varianta 2 uspořádání výrobků.

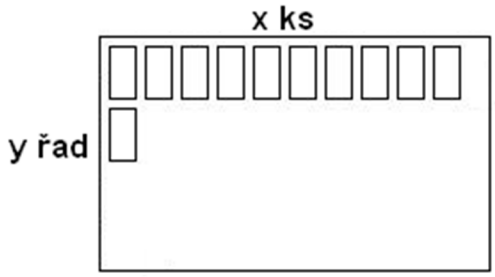
5.2.3 Shrnutí

Ve variantě 1 je cena jednoho kusu výrobku 2,30 Kč, ve variantě 2 je cena 2,32 Kč, rozdíl je tedy zanedbatelný, neboť série navrhovaná v této práci je 100 kusů. Ve variantě 2 činí počet výrobků vyrobených z ustřiženého plechu přesně 100 kusů, ve variantě 1 je to 108 kusů. I přes nepatrně vyšší cenu se může zdát,

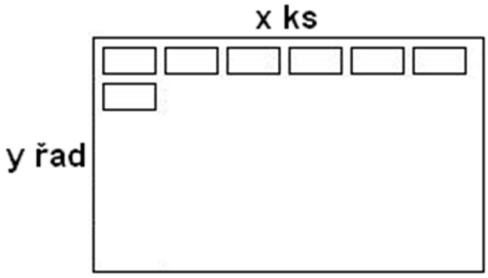
že je výhodnější rozložení dle varianty 2. Varianta 1 však obnáší jistou rezervu pro případné zmetkové výrobky. Je tedy výhodnější, nežli varianta 2.

Ceny však zahrnují pouze náklady na materiál. Pro určení ceny výrobku je třeba znát také cenu strojního času laserového řezacího stroje, která se může lišit v závislosti na podmínkách jednotlivých firem, a také náklady na mzdy pracovníků.

Na obrázcích 11 a 12 jsou zobrazeny další varianty uspořádání výrobků na plechu. Vzhledem k tomu, že odříznuté části plechů by měly délku 2000 mm, jejich vkládání do stroje, a zejména přesné umístění, by trvalo dlouhou dobu, byla tato uspořádání předem zavrhnuta.



Obr. 11 Varianta 3 uspořádání výrobků.



Obr. 12 Varianta 4 uspořádání výrobků.

5.3 Výroba na CNC stroji

Výroba na frézce FV 25 CNC A je vzhledem k použitému materiálu a složitosti výrobku nevhodná, neboť by trvala příliš dlouhou dobu, což by se projevilo na ceně za strojní čas frézky. Také nutnost nastříhat obrobky na stříhacím stroji obnáší zvýšení ceny výroby, jednak o strojní čas stříhacího stroje, a také o náklady na mzdu obsluhy stroje.

6 DISKUZE

Pro přesnější výrobu frézováním by bylo vhodnější použít frézu menších rozměrů, která by malé rádie vyráběla pomalým obráběním po oblouku malého průměru. Takový výrobní postup by však byl dražší, neboť takováto fréza by měla menší tloušťku třísky, a musela by se tedy pohybovat menší posuvnou rychlostí.

Jak bylo řečeno v kapitole 4.5, hrany výrobku jsou podobně ostré jako hrany přívěsku, který při nošení na krku někdy nepříjemně škrábe. Bylo by tedy vhodné se hran zbavit omíláním v otáčivém nebo vibračním bubnu. Stejný postup by byl jistě zapotřebí i pro výrobky vyrobené na CNC frézce. Je však možné, že výrobek z korozivzdorné oceli vyrobený na laserovém řezacím stroji by měl hrany jinak ostré, neboť pro řezání korozivzdorných ocelí se používá trochu odlišného způsobu řezání. V každém případě by bylo vhodné použít omílání, neboť by se jím vyleštil povrch výrobků. K omílání by bylo možné použít např. omílací buben OB 850 (obr. 13).

Obr. 13 Omílací buben OB 850 [12].

6.1 Alternativní technologické postupy

Jednou z možných technologií výroby navrhovaného předmětu je řezání vodním parskem, což se hodí spíše pro menší sérii. Je možné, že touto technologií byl přívěsek vyroben, neboť hrany vnitřního výřezu mají hrubý povrch, stejně jako štěrbina, která by mohla být důkazem této hypotézy. (Výrobce přívěsku se pravděpodobně neobtěžoval přerušením paprsku při přechodu z vnitřního výřezu na výrobu vnějšího obrysu.)

Pro výrobu ve velké sérii by bylo vhodnější tento předmět vyrábět prostřihováním, což by sice obnášelo konstrukci střižníků a střižnic, nicméně oproti frézování by tento postup byl mnohem levnější. Střižník a střižnice by se sice stříháním korozivzdorné oceli brzy opotřebily, a vzhledem k malým rozměrům výrobku by zřejmě nebylo možné je mnohokrát brousit, a neměly by tedy velkou životnost, rozhodně by však měly životnost vyšší, nežli fréza navržená v této práci.

Pokud by předmět byl určen pouze pro propagaci, a nikoli pro použití jako šperk, bylo by možné vyrobit tento předmět z uhlíkové oceli, a výrobky nechat galvanicky pochromovat, případně opatřit jinou povrchovou úpravou. Je však otázkou, zda by galvanická úprava nebyla dražší nežli rozdíl v ceně oceli.

ZÁVĚR

V této bakalářské práci byl navrhnut technologický postup pro výrobu reklamního předmětu představovaného žiletkou.

Práce se v první části zabývá výběrem vhodné technologie výroby vybraného předmětu. Byla srovnávána jedna konvenční metoda výroby, a sice frézování na CNC frézce, a nekonvenční technologie, představovaná řezáním na laserovém řezacím stroji.

Ze srovnání vyšlo najevo, že konvenční technologie výroby není vhodná, neboť je málo efektivní, a tedy drahá, zatímco nekonvenční technologie výroby je pro uvažovanou sérii výroby dostačující, zejména pro její efektivitu, a tím pádem i relativně nízkou nákladnost.

Druhá část práce se zabývá technologickým postupem výroby a výpočty souvisejícími s ekonomickým hodnocením výroby, především u nekonvenční výrobní technologie.

Pro technologii řezání laserem byla určena hodnota výrobku, zahrnující pouze cenu za materiál, na 2,30 Kč, respektive 2,32 Kč. Po srovnání dvou variant uspořádání výrobků na polotovaru byla zvolena varianta, při které cena výrobku činí 2,30 Kč. Tato varianta navíc zahrnuje určitou rezervu pro případné zmetky, neboť počet výrobků je 108 ks.

V průběhu psaní práce jsem si vyžádal návštěvu lisovny ve firmě ZETOR TRACTORS a. s., kde mi byly vyrobeny modely reklamního předmětu z uhlíkové oceli.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Co je chirurgická ocel? | Chirurgická ocel*.
URL: <http://www.chirurgicka-ocel-info.cz/co-je-chirurgicka-ocel/> [cit. 2012-05-16].

2. *Ocel | ALFUN a.s.*.
URL: <http://www.alfun.cz/sortiment/ocel> [cit. 2012-05-16].

3. *ITALINOX*.
URL: <http://www.italinox.cz/?p1=plechy&p2=p3> [cit. 2012-05-16].

4. *TruLaser 3530*.
URL: <http://www.poziadavka.sk/ponuky/ponuka-62210/TruLaser-3530> [cit. 2012-05-16].

5. *KOVO-PLAZMA s.r.o. - ŘEZÁNÍ LASEREM, OHÝBÁNÍ, SVAŘOVÁNÍ - PŘESNÉ ZPRACOVÁNÍ PLECHŮ*.
URL: <http://www.kovoplazma.cz/park.php> [cit. 2012-05-16].

6. *CAD/CAM & CNC technologie*.
URL: <http://cadcam.fme.vutbr.cz/?page=heidenhain> [cit. 2012-05-16].

7. *Návod pro obsluhu stroje FV 25 CNC A*. Olomouc: Obráběcí stroje Olomouc.

8. *Příručka uživatele, Popisný dialog HEIDENHAIN iTNC 530*. Traunreut: DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH, 9/2010. 693 s.

9. *Stopkové frézy (SK) | Fréza čelní válcová 3břitá SK TiAlN D1,5x5x38 | www.i-frezy.cz*
URL: <http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/3-1-Stopkove-frezy-SK/0/5/1339-Freza-celni-valcova-3brita-SK-TiAlN-D1-5x5x38> [cit. 2012-05-16].

10. *SIAD - Kyslíkové řezání a tavné řezání*.
URL: <http://www.siad.com/repceca/pagina.asp?m=5&id=178> [cit. 2012-05-17].

11. *SINUMERIK 840D - Industry Automation & Drive Technologies – Siemens*
URL: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=0788019ba8&ctxp=home> [cit. 2012-05-16].

12. *Kovopol a.s.*
URL: <http://www.kovopol.cz/vps_ob_cz.htm> [cit. 2012-05-20].

13. *Laser - Wikipedie*
URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser> [cit. 2012-05-21].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
AISI	[-]	Americký institut pro železo a ocel (American Iron and Steel Institute)
CAD	[-]	Počítačem podporované projektování (Computer Aided Design)
CAM	[-]	Počítačová podpora obrábění (Computer Aided Manufacturing)
CNC	[-]	Počítačové číslicové řízení (Computer Numerical Control)
ČSN	[-]	Česká technická norma
DIN	[-]	Německá průmyslová norma (Deutsche Industrie-Norm)
NC	[-]	Číslicové řízení (Numerical Control)
TiAlN	[-]	Titan aluminium nitrid
iTNC	[-]	Číslicové řízení Heidenhain

Symbol	Jednotka	Popis
A	[%]	tažnost
C_1	[Kč]	cena jednoho kusu výrobku ve variantě 1
C_2	[Kč]	cena jednoho kusu výrobku ve variantě 2
C_{kg}	[Kč.kg^{-1}]	cena za kg plechu v úpravě „Brus 240+P“ bez DPH
C_T	[Kč]	cena tabule plechu
D	[mm]	průměr řezné části nástroje
$P_{Ř1}$	[-]	počet řádků výrobků na délku tabule plechu ve variantě 1
$P_{Ř2}$	[-]	počet řádků výrobků na délku tabule plechu ve variantě 2
P_S	[-]	požadovaná série
$P_{Š1}$	[-]	počet výrobků na šířku tabule plechu ve variantě 1
$P_{Š2}$	[-]	počet výrobků na šířku tabule plechu ve variantě 2
P_{T1}	[-]	počet výrobků z uříznutého plechu ve variantě 1
P_{T2}	[-]	počet výrobků z uříznutého plechu ve variantě 2
R_m	[MPa]	pevnost v tahu

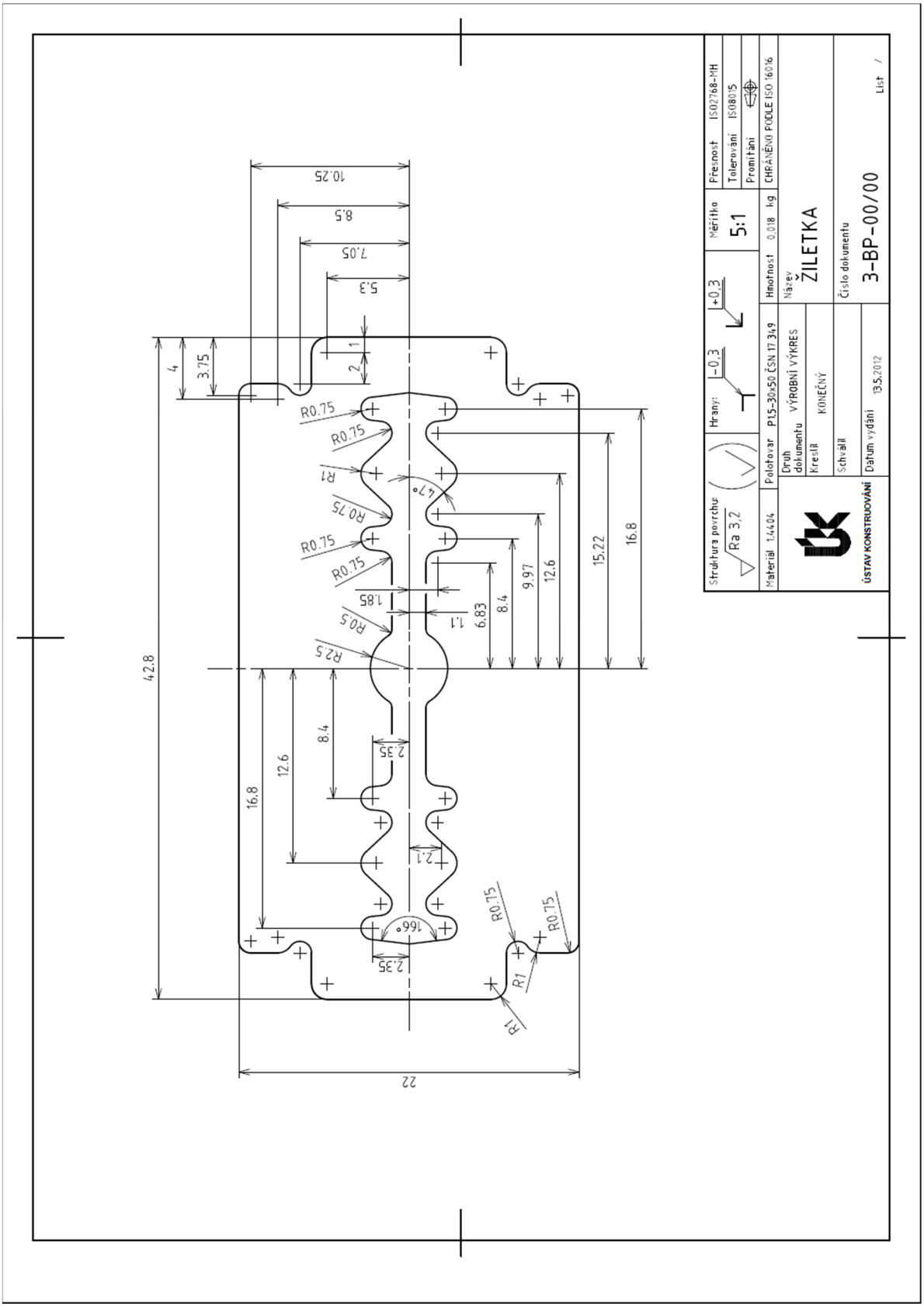
$R_{p0,2}$	[MPa]	smluvní mez kluzu
a_p	[mm]	šířka záběru ostří
f_n	[mm]	posuv na otáčku
f_z	[mm]	posuv na zub
k_{DPH}	[-]	koeficient pro cenu s DPH
l_D	[mm]	délka tabule plechu
l_m	[mm]	délka můstku
$l_{Ř1}$	[mm]	délka plechu, kterou je nutno uříznout, aby bylo možno vyrobit sérii 100 ks ve variantě 1
$l_{Ř2}$	[mm]	délka plechu, kterou je nutno uříznout, aby bylo možno vyrobit sérii 100 ks ve variantě 2
$l_Š$	[mm]	šířka tabule plechu
m_T	[kg]	hmotnost tabule plechu
n	[min^{-1}]	otáčky nástroje
v_c	[$m.min^{-1}$]	řezná rychlost
v_f	[$mm.min^{-1}$]	posuvná rychlost
$ž_D$	[mm]	délka žiletky
$ž_Š$	[mm]	šířka žiletky

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výrobní výkres žiletky
Příloha 2 Technické specifikace frézy

PŘÍLOHA 1

Výrobní výkres žiletky



PŘÍLOHA 2

Technické specifikace frézy

Terms and Conditions of Sale

To Order
Faxed or e-mailed orders are required. Please specify quantity and EDP numbers.

Minimum Orders
$50 for standard items, $200 for special orders. Orders below $50 are subject to a $7,50 handling fee.

Standard Payment Terms
Overseas customers: Prepaid.
US customers: Net 30 Days, Past due after 30 days from billing date.

Freight
Minimum freight charge, $7,00. Orders totaling $1500 or more are shipped freight prepaid barring any special labeling or etching requirements. Freight is F.O.B. shipping point. A 1,5% special marking fee is available as an option to receive prepaid freight for privately marked orders exceeding $1500. Prepaid freight only applies to ground shipments within the US.

Special Tooling for your Requirements
When you need a non-standard tool for a specific job, give us a call. Requirements for special tooling or modifications of existing standard items will be given prompt, expert attention.

Resharpening
Mastercut Tool Corp. employs skilled craftsmen and advanced equipment to provide excellent resharpening services. We can sharpen dull cutters regardless of the manufacturer. This is an excellent and efficient way to get new tool performance at a fraction of the cost. Please inquire about our resharpening price list.

Return Policy
We do not accept returns on items which we do not maintain in stock. Returns are subject to a 15% re-stocking fee.

PRODUCTS IN THIS CATALOG ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE!

www.mastercuttool.com
sales@mastercuttool.com

TERMS & CONDITIONS

2

Important Calculations

Weight Of Metric Carbide Rod (kg) $= 3{,}142 \times \left(\frac{\text{Shank Diameter}}{50{,}8}\right)^2 \times \frac{\text{Overall Length}}{25{,}4} \times 0{,}2309$

SMM (Surface Meters/Minute) $= \text{Diameter} \times \left(\frac{\text{R.P.M.}}{318{,}3}\right)$

R.P.M. $= \left(\frac{\text{SMM}}{\text{Diameter}}\right) 318{,}3$

mm Per Revolution = Chip Load X Number of Flutes

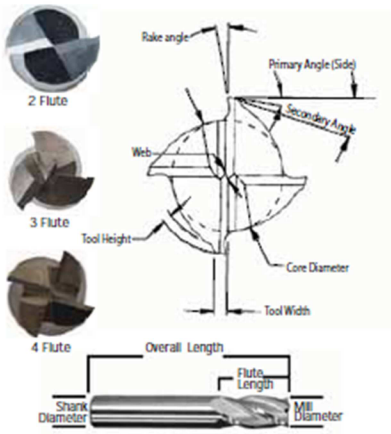
mm Per Revolution $= \frac{\text{mm Per Minute}}{\text{R.P.M.}}$

mm Per Minute = R.P.M. X mm Per Revolution

Chip Load $= \frac{\text{mm Per Revolution}}{\text{Number of Flutes}}$

Chip Load $= \frac{\text{mm Per Minute}}{\text{R.P.M x Number of Flutes}}$

Weight Of Fractional Carbide Rod (kg) $= 3{,}142 \times \left(\frac{\text{Shank Diameter}}{2}\right)^2 \times \text{Overall Length} \times 0{,}2309$



Basic List of Endmill Use

FACE MILLING: For small face areas of relatively shallow depth of cut. The surface finish produced can be "scratchy".

KEYWAY PRODUCTION: Normally two separate endmills are required to produce a quality keyway.

WOODRUFF KEYWAYS: Normally produced with a single cutter in a straight plunge operation.

SPECIALITY CUTTING: Includes milling of tapered surfaces such as "T" shaped slots & dovetail production.

FINISHING PROFILING: To finish the inside/outside shape on a part with a parallel side wall.

CAVITY DIE WORK: Generally involves plunging and finishing cutting of pockets in die steel. Cavity work requires the production of three dimensional shapes. A Ball type endmill is used for the finishing cutter with this application.

Materials	2FL	3FL	4FL	6FL	Straight
Aluminum	✓	✓			
Brass, Bronze	✓	✓	✓		
Fiberglass	✓	✓			
Iron	✓		✓	✓	
Plastics	✓	✓			
Steel nickel, Chrome		✓	✓	✓	✓
Steel Carbon	✓	✓	✓		
Steel 39-48Rc		✓	✓	✓	
Steel 46-68Rc	✓		✓	✓	✓
Steel Stainless		✓	✓	✓	
Steel Weldments	✓	✓	✓		✓
Titanium		✓	✓	✓	
Zinc		✓	✓		

Endmill Speeds and Feeds

Material Group	Speed SMM	Millimeter Per Tooth (mmPT) - Endmill Diameter Equals up to 6,35mm	6,35 - 12,7mm	12,7 - 19,05mm	19,05 - 25,4mm
Aluminum/Related Alloys	183-366	0,0254-0,0508	0,0508-0,1016	0,1016-0,1524	0,1524-0,2032
Brass/Bronze	91-168	0,0254-0,0508	0,0508-0,0762	0,0762-0,1016	0,1016-0,127
Copper/Related Alloys	152-274	0,0254-0,0508	0,0508-0,0762	0,0762-0,127	0,127-0,1524
Cast Iron (soft ±195bhn)	61-152	0,0254-0,0508	0,0508-0,0762	0,0762-0,127	0,127-0,2032
Cast Iron (medium ±225bhn)	38-107	0,0254-0,0508	0,0508-0,0762	0,0762-0,1016	0,1016-0,1778
Cast Iron (hard ±275bhn)	24-91	0,00205-0,0254	0,0254-0,0508	0,0508-0,0762	0,0762-0,127
Magnesium	244-427	0,0254-0,0762	0,0762-0,127	0,127-0,1778	0,1778-0,2286
Monel/Nickel Alloys	20-53	0,0127-0,0254	0,0254-0,0508	0,0508-0,0762	0,0762-0,1016
Plastics	183-366	0,0254-0,0762	0,0762-0,1524	0,1524-0,254	0,254-0,381
Steel-Heat Treated (35-40Rc)	46-107	0,00762-0,0127	0,0127-0,0254	0,0254-0,0762	0,0762-0,127
Steel-Heat Treated (40-45Rc)	38-84	0,00508-0,0127	0,0127-0,0254	0,0254-0,0508	0,0508-0,1016
Steel-Heat Treated (45+Rc)	15-61	0,00508-0,0127	0,0127-0,0254	0,0254-0,0508	0,0508-0,0762
Steel-Medium Carbon	53-107	0,0127-0,0254	0,0254-0,0508	0,0508-0,1016	0,1016-0,1524
Steel; Mold & Die	15-76	0,0127-0,0254	0,0254-0,0508	0,0508-0,1016	0,1016-0,1778
Steel; Tool	46-76	0,0127-0,0254	0,0254-0,0508	0,0508-0,1016	0,1016-0,1524
Stainless-Soft	76-122	0,0127-0,0254	0,0254-0,0508	0,0508-0,1016	0,1016-0,1524
Stainless-Hard	23-76	0,0127-0,0254	0,0254-0,0508	0,0508-0,0762	0,0762-0,127
Titanium Alloys	27-69	0,00762-0,02032	0,02032-0,0508	0,0508-0,0762	0,0762-0,127

SMM – Surface Meters/Minute
mmPT – Millimeter Per Toth