



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



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

VÝROBA SOUČÁSTI NA MULTIFUNKČNÍM CNC STROJI

PRODUCTION OF COMPONENTS FOR CNC MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Roman KRATOCHVIL

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Roman Kratochvíl

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:

Výroba součástí na multifunkčním CNC stroji

v anglickém jazyce:

Production of Components for CNC Machine

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Představení technologie na multifunkčních CNC strojích.
3. Rozbor rotační součásti (konstrukce, funkce, materiál).
4. Návrh technologie.
5. Vyrobení vzorku.
6. Technicko-ekonomické posouzení.
7. Diskuze.
8. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Využití možností multifunkčních obráběcích center pro řešení technologie zadané součásti.
Doložení návrhu vyrobeným vzorkem.

Seznam odborné literatury:

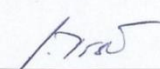
1. PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
3. ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
4. SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.
5. SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a František PROKEŠ. Základy konstruování. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2005. ISBN 80-7204-405-2.
6. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.
7. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 28.11.2013




prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem výroby součásti na multifunkčním CNC stroji. Nejprve jsou uvedeny vývojové generace CNC strojů a jejich výhody a nevýhody. V další části práce bude posuzován materiál a funkčnost součásti. Dále jsou navrženy výrobní stroje a nástroje pro výrobu. NC program je vytvořen pomocí programu GibbsCAM, importován do stroje a následuje vyrobení součásti s celkovou kontrolou obroběných ploch s využitím 3D měřicího zařízení. V závěrečné části bude poukázáno na technicko-ekonomické zhodnocení výroby vzorové součásti.

Klíčová slova

CNC, výroba, GibbsCAM, nástroje, CAD/CAM

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with a plan for production of a component manufactured by a multifunction CNC machine. First, different generations of CNC machines are described and their advantages and disadvantages mentioned. In the following part of the thesis the material and functionality of the component are examined. Further, production machines and tools are suggested. NC programming software, which is designed with the use of GibbsCAM software, is imported to the machine. During the manufacturing process, the surface being tooled is thoroughly monitored by a 3D measuring device. The last chapter considers technical and economic aspects of the component production.

Keywords

CNC, production, GibbsCAM, tools, CAD/CAM

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KRATOCHVIL, Roman. *Výroba součásti na multifunkčním CNC stroji*. Brno 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 40 s., 4 přílohy. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Výroba součástí na multifunkčním CNC stroji** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Roman Kratochvíl

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně za cenné rady při vypracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě, ve které pracuji za umožnění studia při práci a za jejich podporu při realizaci výroby vzorové součásti.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
1 ÚVOD.....	9
2 PŘEDSTAVENÍ TECHNOLOGIE NA MULTIFUNKČNÍCH CNC STROJÍCH	10
2.1 Vývojové generace číslicově řízených strojů.....	10
2.2 Definice CNC stroje	11
2.2.1 Rozdělení CNC obráběcích strojů	11
2.2.2 Souřadnicové systémy soustruhu	12
2.2.3 Souřadnicový systém frézky	13
2.3 Vztažné body na CNC strojích.....	13
2.4 Výhody a nevýhody CNC technologií	14
3 ROZBOR ROTAČNÍ SOUČÁSTI.....	15
3.1 Materiál součásti	15
3.2 Funkčnost vyráběné součásti	16
3.3 Technologičnost konstrukce součásti	16
4 NÁVRH TECHNOLOGIE	17
4.1 Metody výroby.....	17
4.1.1 Řezání	17
4.1.2 Frézování	17
4.1.3 Soustružení.....	17
4.1.4 Vrtání	17
4.2 Volba stroje.....	17
4.2.1 Automatická pásová pila.....	17
4.2.2 Frézovací centrum Okuma MB46VAE	18
4.2.3 Multifunkční obráběcí centrum Mazak Integrex I-200ST-Matrix2.....	20
5 VYROBENÍ VZORKU	22
5.1 Tvorba programu v GibbsCAM.....	22
5.2 Volba nástrojů.....	23
5.2.1 Soustružnické nože	23
5.2.2 Vrtací nástroje.....	24
5.2.3 Frézovací nástroje	25
5.3. Upínání nástrojů.....	28

5.4 Odměrování nástrojů.....	29
5.5 Vyrobení součásti	30
5.6 Měření součásti	32
5.7 Zámečnické pracoviště	33
5.8 Černění součásti	33
6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ.....	34
6.1 Výpočet nákladů na hodinu práce.....	34
6.2 Výpočet výrobních nákladů	34
7 DISKUZE	36
ZÁVĚR	37
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	38
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	39
SEZNAM PŘÍLOH.....	40

1 ÚVOD

V dnešní technicky vyspělé a tržně náročné době je zefektivnění výroby problémem každého výrobce. Standardem se již staly moderní multifunkční stroje, na jejichž pořízení však musí provozovatel vynaložit nemalé prostředky. Každý se proto pochopitelně snaží využít je maximálně a naopak vedlejší časy, kdy stroj nepracuje, snížit na minimum [17].

Cílem bakalářské práce je vytvoření technologického postupu výroby a samotné vyrobení zadané součásti. V další části kapitoly bude vyhodnoceno technicko-ekonomické posouzení výroby. Součást je vyráběna v malé rodinné firmě, která působí na trhu od roku 1992 a zabývá se především výrobou komponentů pro automobilový průmysl a dále zakázkovou výrobou nástrojů dle požadavků zákazníka.

Bakalářská práce je zaměřena na výrobu vzorku součásti, která je jedním z prvků hydraulické sestavy pro lodní průmysl. V hlavní části práce je řešen technologický postup výroby, vytvoření modelu součásti v software Autodesk Inventor2010, pomocí software GibbsCAM budou vytvořeny výrobní procesy s následným vygenerováním NC programu, který bude importován do CNC stroje. Podstatná část výroby součásti bude provedena na CNC stroji Mazak Integrex I-200 ST-Matrix2.

2 PŘEDSTAVENÍ TECHNOLOGIE NA MULTIFUNKČNÍCH CNC STROJÍCH

Podstatná část vývoje NC strojů se odehrávala v podobném čase jako průmyslová revoluce, tedy v 18. a 19. století, kdy ve 20. století došlo k jeho podstatnému zrychlení. Až do 18. století bylo nejrozšířenějším materiálem k obrábění dřevo. Obrábění kovů na strojích bylo velice málo používané a značně nevyzrálé. Do 19. století se omezovalo obrábění kovů pouze na kovářské práce, do té doby, než byl k dispozici mechanický pohon strojů, kde zdrojem byl parní stroj a v pozdějších dobách elektromotor. Vývoj obráběcích strojů probíhal rychle. Díky nově objeveným zdrojům energie, jejichž síly byly rozváděny pomocí transmisí přes hřídel, řemenice a řemeny po celé dílně. V této době vznikaly hoblovací a frézovací stroje a také soustruhy, kde již bylo možno řezat i závity. Zavedení křížového suportu byl velký krok kupředu, protože nástroje již nemuseli být drženy v ruce. V průběhu 19. století došlo v Evropě a v Americe k obrovskému rozvoji výroby a strojového parku. Stroje se konstruovali podle vlastních potřeb a zavedením standardizovaných rozměrů a náhradních dílů docházelo postupně k hromadné výrobě. V polovině století již existovaly frézovací a brousící stroje. U soustruhů byl zaveden revolverový systém z důvodu rychlé výměny nástrojů [1].

Vývoj výrobních strojů ve strojírenství je v dnešní době z velké části dán využitím výpočetní techniky. Automatizace strojů za použití PC a příslušných softwarů ovlivňuje zásadním způsobem technickou hodnotu tak, že provádí přesně a rychle opakované činnosti, tím pádem nahrazuje člověka a zvyšuje produktivitu práce. První stroje, označované jako CNC stroje, byly řízeny programem vyznačeným na děrné pásce nebo děrném štítku. Takto se prosazovaly ve výrobě složitějších součástí při odpovídající opakovatelnosti. Postupem doby byly NC stroje vybavovány počítačem a to znamenalo zrod prvních CNC strojů. Počítač velice zjednodušil a urychlil samotné programování, řízení stroje a zálohování dat pro jejich další použití. Ceny CNC strojů vzhledem k jejich výkonům se relativně snižují, ale nároky na kvalitu produkovaných výrobků stoupá, proto jsou nedílnou součástí každé dílny [2].

2.1 Vývojové generace číslicově řízených strojů

CNC stroje v průběhu svého vývoje prošly určitými vývojovými etapami. Můžeme je rozdělit do čtyř vývojových generací.

NC stroje 1. vývojové generace

Vycházejí ze základní koncepce konvenčních strojů. Mechanická část stroje zůstala původní a byla doplněna řídicím systémem. Nositelem programu byla děrná páska, děrný štítek nebo magnetická páska. Umožňují řízení v pravoúhlých cyklech. Spolehlivost a přesnost strojů byla ale nízká. Dnes se už nevyrábějí [3].

NC stroje 2. vývojové generace

Mechanická část strojů je již upravena. Jedná se o revolverové hlavy a zásobníky nástrojů. Ty jsou vybaveny servosystémy a umožňují řízení v obecných cyklech [3].

NC stroje 3. vývojové generace

Tyto stroje mají dále upravenou svoji mechanickou část. K pohonu posuvů se u této generace strojů používají většinou kuličkové šrouby, jsou využívány velkoobjemové

zásobníky nástrojů, které jsou řízené počítačem. Lože stroje je vybaveno kalícími lištami pro zlepšení přesnosti. Další funkce stroje jsou automatizovány, kdy jsou řízeny počítačem, který současně obstarává i další úkoly, jako je napojení stroje na systém dopravy nástrojů a obrobků [3].

NC stroje 4. vývojové generace

U těchto strojů se předpokládá, že adaptivní řízení bude řídit celý výrobní proces. Systém zaznamenává výstupy při obrábění součástí jako je např. řezná síla a kvalita povrchu. Tyto hodnoty se dále zpracovávají a systém vyhledá takové optimální řezné podmínky, které zaručí bezproblémový průběh. U těchto strojů je předpokladem zavádění nových, progresivnějších metod v konstrukci a využití strojů, které uplatňují laserové paprsky, zejména v měření, kontrole a řízení [3].

2.2 Definice CNC stroje

Číslicově řízený obráběcí stroj je charakteristický tím, že ovládání všech pracovních funkcí stroje je realizováno řídicím systémem pomocí námi zhotoveného programu. Všechny informace jsou zapsány v programu pomocí alfa-numerických znaků. Program, který je tvořen posloupností určitých oddělených skupin znaků je složen z bloků nebo vět. Pojem CNC (Computer Numerical Control) značí počítačem řízený stroj. Stroje CNC lze uplatnit ve všech oblastech strojírenské výroby a mohou být rychle přizpůsobeny jiné výrobě, kdy pracují v automatizovaném cyklu, který je zajištěn číslicovým řízením [2].

Informace o programu lze rozdělit takto:

Geometrické- Jedná se o popis drah nástroje v kartézských souřadnicích, kde pro vytvoření programu potřebujeme znát rozměry z výrobního výkresu. Z programu lze vyčíst popis v osách X, Z u soustruhu a v osách X, Y, Z u frézky.

Technologické- Určují technologii obrábění a to především z hlediska řezných podmínek jako jsou např. otáčky, hloubka třísky, posuv a řezná rychlost.

Pomocné- Jedná se o povely důležité pro stroj pro určité pomocné funkce jako je např. směr otáček vřetene, zapnutí čerpadla procesní kapaliny nebo zapnutí a vypnutí vynašeče kusů [2].

2.2.1 Rozdělení CNC obráběcích strojů

CNC obráběcí stroje lze rozdělit podle několika hledisek:

1. Podle počtu technologických operací:

- jednoprofesní stroje,
- obráběcí centra,
- víceúčelová obráběcí centra.

2. Podle druhu převládající prováděné práce:

- vrtací a závitovací,
- vyvrtávací,
- soustružnické,
- frézovací,
- brousící,

- ozubárenské.

3. Podle technologie odebrání třísek:

- vysokorychlostní (HSC),
- vysokovýkonné (HPC),
- suché,
- obvyklé.

Jednoprofesní CNC stroje jsou charakteristické tím, že umožňují provádět převážně jeden druh operace a to např. soustružení, frézování, vyvrtávání, výrobu ozubení. Konstrukce těchto strojů je zhotovena podle potřeb zákazníka a mají obvykle nižší cenu než podstatně dražší obráběcí centra.

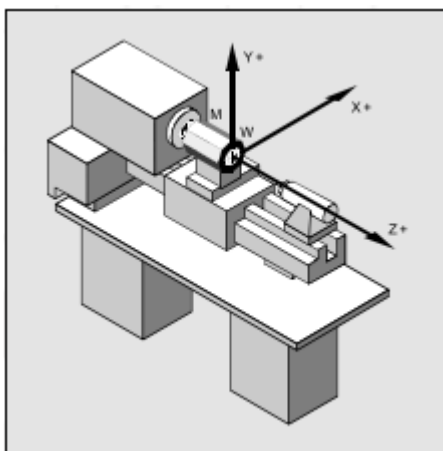
Obráběcí centrum je takový číslicově řízený stroj, který:

- může provádět různé druhy operací,
- pracuje v automatickém cyklu,
- je vybaven automatickou výměnou nástrojů,
- je vybaven prvky diagnostiky a měření.

Víceúčelové obráběcí centrum umožňuje kromě obrábění skříňových a deskových odlitků také obrábět rotační součásti a dále vyměňovat skupinu nástrojů. Zde se jedná o výměnu operační hlavy s pevnými nebo přestavitelnými vřeteny [4].

2.2.2 Souřadnicové systémy soustruhu

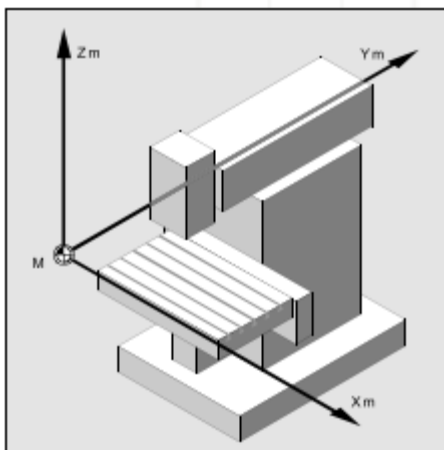
Soustruhy používají dvě osy a to osu Z a X. Osa Z je rovnoběžná s osou pracovního vřetene a za kladný směr je považován pohyb nástroje od vřeteníku ke koníku. Na osu Z je kolmá osa X, která udává průměr součásti. Kladný směr je definován od osy otáčení směrem k držáku nástroje. Souřadnicový systém soustruhu je uveden na obr. 2.1.



Obr. 2.1 Souřadnicový systém soustruhu [5].

2.2.3 Souřadnicový systém frézky

Osa Z je rovnoběžná s osou vřetene. Kladným směrem rozumíme pohyb od obrobku k nástroji. Osy X a Y jsou v rovině stolu. Osa X je rovnoběžná s upínací plochou obrobku, osa Y je kolmá na osu X a Z. Souřadnicový systém frézky je na obr.2.2.



Obr. 2.2 Souřadnicový systém frézky [5].

2.3 Vztažné body na CNC strojích

CNC obráběcí stroje jsou určeny několika vztažnými body, které jsou důležité pro vlastní programování. Na CNC strojích jsou rozlišovány tyto vztažné body.

Nulový bod stroje M

Je pevně stanovený výrobcem, který je daný jako výchozí bod pro všechny další souřadnicové systémy. U soustruhů je tento bod umístěn v ose rotace obrobku v místě zakončení pracovního vřetena přírubou univerzálního sklíčidla. U frézek a dalších strojů, kde hlavní pohyb koná nástroj je spojnice nulového bodu stroje M a referenčního bodu R úhlopříčkou pracovního prostoru stroje.

Nulový bod obrobku W

Tento bod lze nastavit v libovolném místě pracovního prostoru a jeho polohu určuje programátor. Zpravidla ho umísťuje do takového bodu, aby se co nejvíce zjednodušil výpočet geometrických bodů na obrobku. Od tohoto bodu jsou vypočítávány rozměry obrobku.

Referenční bod stroje R

Je stanovený výrobcem a slouží k nalezení nulového bodu při zapnutí stroje. U strojů, vybavené přírůstkovým odměřováním suportů je provedeno v ručním režimu najetím do referenčního bodu a stroj pozná svoji polohu v souřadnicovém systému podle načtených souřadnic.

Bod špičky nástroje P

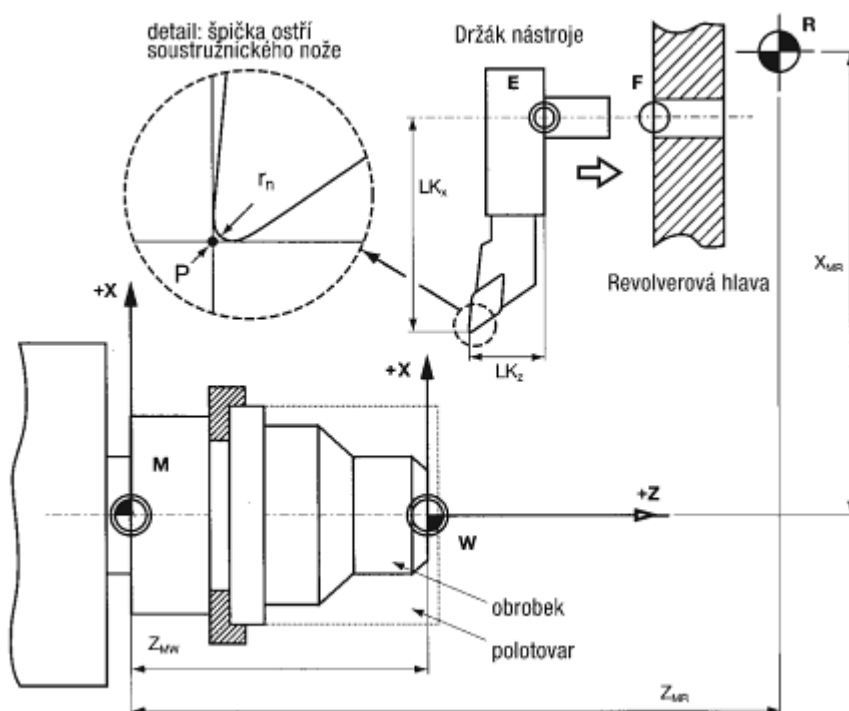
Je to bod, který u soustružnického nože leží na teoretické špičce nože, u rotačních nástrojů tento bod leží v ose nástroje na jeho čele.

Bod nastavení nástroje E

Je to bod na držáku nástroje, který se při upnutí ztotožní se vztažným bodem suportu nebo vřetene.

Vztažný bod suportu nebo vřetene F

Je to bod na dosedací ploše nosiče nástroje. Nástroj má v tomto bodě nulové rozměry, proto je nutné skutečnou dráhu nástroje korigovat. Korekce nástroje se vztahují k tomuto bodu [2].



Obr. 2.3 Souřadnicový systém soustruhu a důležité body [2].

2.4 Výhody a nevýhody CNC technologií

Výhody CNC technologie:

- zkrácení doby výroby,
- možnost vícestrojové obsluhy,
- zvýšení přesnosti výroby,
- hospodárnější výroba,
- zvýšení kvantity výrobků.

Nevýhody CNC technologie:

- vysoké investiční a servisní náklady,
- přesnější organizace práce,
- náklady na podpůrné vybavení stroje (dopravníky),
- vysoké nároky na technologickou přípravu výroby.

3 ROZBOR ROTAČNÍ SOUČÁSTI

Bakalářská práce se bude zabývat výrobou ventilu do sestavy hydraulického zařízení z materiálu C45E, kde bude posuzována konstrukčnost, funkčnost a materiál součásti. Po vyhodnocení těchto kritérií představím výrobní stroj, na kterém se bude součást vyrábět, dále vypracování technologického postupu a NC programu. Zákazník pro kterého je tato součást vyráběna objednává v malých sériích. V tomto případě se jedná o výrobu 20 kusů.

3.1 Materiál součásti

Použitý materiál na výrobu zadané součásti je DIN 1.1191, dle normy ČSN 41 2050 se jedná o materiál 12 050. Norma materiálu je uvedena v tabulce 3.1 Jedná se o ocel legovanou, jakostní. Vhodná k zušlechťování. Pro všeobecné technické použití, pro předvalky tvářené za tepla, válcované tyče, dráty, širokou ocel plechy a pásy válcované za tepla, volné a zápuskové výkovky, lesklé ocelové výrobky a dále pak na rovné, tažené, loupáné a broušené tyče. Na středně namáhané strojní součásti ve stavbě automobilů, železničních vozů, strojů, motorů a přístrojů [6]. Chemické složení materiálu 12 050 je uvedeno v tabulce 3.2.

Tab. 3.1 Normy oceli [7].

Norma	Značení
Číslo materiálu	1.1191
ČSN	12 050
Německo DIN	C45
Francie AFNOR	XC42
Itálie UNI	C45
Švédsko SS	1672
Španělsko UNE	C45K
USA AISI/SAE	1045
Japonsko JIS	S45C
Velká Británie BS	080M46

Tab. 3.2 Chemické složení materiálu C45E [8].

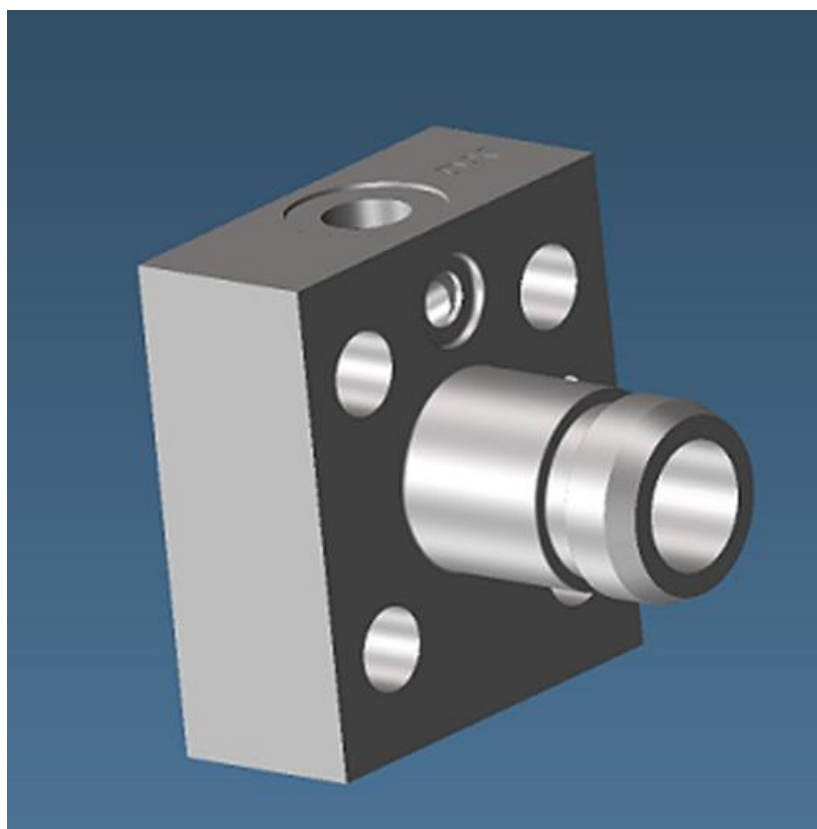
CHEMICKÉ SLOŽENÍ	
C	0,42-0,5
Si	0,4
Mn	0,5-0,8
P	0,035
S	0,035
N	0,4
Cr	0,4
Mo	0,1
Ni	0,4
Fe	Rest.

3.2 Funkčnost vyráběné součásti

Vyráběná součást se skládá z válcové části o průměru 20f7 mm, kde má být dodržena drsnost povrchu Rz 10. Na tomto průměru je drážka o rozměru 3,6+0,2 mm, do které bude vložen pojistný kroužek pro zajištění valivého ložiska. Na válcové části se nachází dále vnitřní průměr 13 ±0,1 mm o délce 23±0,1 mm. Tento vnitřní průměr je dále vyvrtán SK vrtákem o průměru 5 mm, který je propojen s bočním otvorem o rozměru 4,2 mm a vrtané délce 25 mm, kde je zhotoven závit M5 v délce 21 mm. Před závitem M5 je vyrobený závit G1/8 v délce 11,5 mm. Válcová část ventilu dále přechází do obdélníkového tvaru o rozměrech 50×45 mm, kde se vrtají čtyři otvory pro šrouby M8 s válcovou hlavou. Dále je zde vrtání šikmé díry pod úhlem 30 stupňů z přední části součásti, která je spojena s vrtaným otvorem o průměru 8,6 mm a závitem G1/8. Šikmá díra má průměr 4,2 mm, kde na čele součásti je zhotoveno osazení o průměru 9,2+0,2 mm a délce 1,2+0,1 mm.

3.3 Technologičnost konstrukce součásti

Z technologického hlediska se jedná o složitější součást, kdy při výrobě je potřebné použít obráběcí způsob soustružení, frézování a vrtání. Z modelu součásti je patrné, že při výrobě této součásti bude použito větší množství výrobních nástrojů a obráběcích procesů, proto jako nejlepší způsob výroby vychází výroba na univerzálním multifunkčním obráběcím centru, kdy zhotovení součásti bude provedeno ve dvou operacích. Daný výrobek nemá vysoké požadavky na jakost povrchu, tím pádem odpadá případná další operace broušení. Model součásti je vyobrazen na obr. 3.1



Obr. 3.1 Model součásti.

4 NÁVRH TECHNOLOGIE

Před započítím samotné výroby je nutné vypracovat technologický postup, navrhnout výrobní stroje a zařízení a také posoudit výrobek z hlediska vyrobitelnosti. Zadaná součást je vyráběna v malých sériích, která se opakuje maximálně dvakrát ročně. Jedná se tedy o kusovou výrobu. Po zvážení všech těchto aspektů je podstatné se dále zabývat stanovením ceny výrobku.

4.1 Metody výroby

Pro výrobu zadané součásti budou použity následující technologie výroby:

- řezání,
- frézování,
- soustružení,
- vrtání.

4.1.1 Řezání

Řezání (dělení) materiálu je provedeno na automatické pásové pile od firmy Bomar, kde délka polotovaru bude nařezána na 68 mm. Celková délka kusu je 48,2 mm. Příklad navíc na obrobení čel na multifunkčním obráběcím centru tedy činí 20 mm, což bylo zvoleno z toho důvodu, aby byla součást z 1 strany obrobena v celé své délce.

4.1.2 Frézování

Následující operace bude zhotovena na čtyřosém obráběcím centru Okuma MB46VAE, kde u nařezaného polotovaru bude zarovnáno čelo polotovaru a zafrézován čtverec na rozměr 50 x 50 mm do hloubky 6 mm pro pevné uchycení do zoubkovaných čelistí pro další operaci.

4.1.3 Soustružení

Zadaná součást bude soustružena na univerzálním obráběcím stroji Mazak Integrex I-200ST - Matrix 2. Vzhledem k jeho univerzálnosti zde budou provedeny i zbývající operace frézování a vrtání děr.

4.1.4 Vrtání

Vrtání děr bude zhotoveno na výše zmíněném stroji Mazak Integrex I-200ST - Matrix 2. Do této metody obrábění je zahrnuto i řezání závitů.

4.2 Volba stroje

Stroje jsou vybrány ze strojového parku firmy. Zde převládají především moderní CNC stroje, které mají nesporné výhody vůči starším strojům jako například zvýšení produktivity práce a snižování nákladů na výrobu.

4.2.1 Automatická pásová pila

Pro dělení materiálu byl navržen automatický stroj od firmy Bomar. Automatická pásová pila Bomar znázorněna na obr 4.1 je vhodná zejména pro vybavení dílen. Těžké rameno pily je vyrobeno z litiny a dobře odolává vibracím. Pila disponuje průmyslovým

motorem a převodovkou se šikmým ozubením, které je chlazeno v olejové lázni. Pila má jednoduchý čtyřřádkový dialogový displej. Technické parametry jsou uvedeny v tabulce 4.1. V automatickém režimu je možné řezat součásti pod úhlem 45°, v poloautomatickém režimu pod úhlem 60°. Svěrák pily se otevírá oboustranně, čímž se eliminuje kolize u nerovného materiálu [9].

Tab. 4.1 Technické parametry pásové pily Ergonomic 290.250 GAE [9].

Výkon motoru	1,1 /1,5 KW 400 V 50 Hz
Celkový instalovaný výkon	3,4 kVA
Rychlost pilového pásu	40/80 m/min
Rozměry pilového pásu	2910×27×0,9
Ložná výška materiálu	760 mm
Rozměry stroje	1810×1790×1200 mm
Hmotnost	565 kg



Obr. 4.1 Automatická pila BomarErgonomic 290 250 GAE [9].

4.2.2 Frézovací centrum Okuma MB46VAE

Frézovací centrum Okuma MB46VAE znázorněné na obr. 4.2 pracuje s řídicím systémem OSP-P3000M, který je vlastním systémem firmy Okuma GmbH. Panel je vybaven rozhraním Ethernet a USB s vnitřní pamětí 2MB. Toto frézovací centrum je dále vybaveno nástrojovou a obrobkovou sondou, maximální počet nástrojů v zásobníku má kapacitu 48 nástrojů. Nástroje lze vkládat do pracovního prostoru z přední části stroje. Pracovní prostor stroje je dostatečně veliký, aby zde bylo možné upnout několik upínacích přípravků a obrábět součásti v různých polohách. Použité motory jsou úspornější než v předchozích modelech asi o 10-13%. Obsluha stroje je snadná a lehce zapamatovatelná. Součástí stroje je i dopravník třísek, který se stará o plynulý odchod obráběného materiálu. Další technické údaje jsou uvedeny v tabulce 4.2.

Tab. 4.2 Technické parametry Okuma MB46VE [10].

Pracovní stůl	
Velikost upínací plochy	1000×460 mm
Max. zatížení stolu	700 kg
Rozsah pojezdů os	
Osa X	762 mm
Osa Y	460 mm
Osa Z	460 mm
Pracovní vřeteno	
Rozsah otáček	50-8000 min ⁻¹
Upínací kužel	HSK-A63
Výkon motoru	11/7,5 kW
Vzdálenost vřeteno stůl	150-610 mm
Nástrojový zásobník	
Počet nástrojových míst	48
Max. průměr nástroje	90 mm
Max. délka nástroje	300 mm
Max. hmotnost nástroje	8 kg
Strojní data	
Rozměry stroje výška × šířka × hloubka	2746 × 2160 × 2805 mm
Hmotnost stroje	6300 kg



Obr. 4.1 Frézovací centrum Okuma MB46VAE [10].

4.2.3 Multifunkční obráběcí centrum MazakIntegrex I-200ST-Matrix2

Jedná se o stroj, který je vybavený primárním a sekundárním vřetenem, horním frézovacím vřetenem o výkonu 22 kW, kde mohou být upnuty nástroje pevné, jako jsou například soustružnické nože, tak i nástroje rotační, jako jsou vrtáky, frézy, závitníky a podobně. Samotný stroj je znázorněn na obr. 4.3. Pro upínání se používá stopka nástroje HSK zaručující dynamickou pevnost a opakovatelnost při upínání nástroje. Tento stroj je dále vybaven spodní revolverovou hlavou na 9 nástrojů, ty se mohou používat jak na straně hlavního vřetene, tak i na straně protivřetene, zásobníkem s automatickou výměnou na 72 nástrojů, 2 nástrojovými sondami, Y-osou s rozjezdem 250 mm, C osou, B osou a vysokotlakým chlazením až 70 barů. Další technické údaje a specifikace jsou uvedeny v tab. 4.3.

Tab. 4.3 Technické parametry Mazak Integrex I-200 ST [11].

Kapacita	
Velikost sklíčidla	8 "
Průchozí průměr vřetenem	76 mm
Max. otáčky vřetene	5000 min ⁻¹
Výkon motoru	18,5 kW
Točivý moment	325 N·m
Rozsah pojezdů os	
Osa X	615 mm
Osa Y	250 mm
Osa Z	1585 mm
Frézovací vřeteník	
Rozsah otáček	35-20000 min ⁻¹
Upínací kužel	HSK A 63
Výkon motoru	15/11 kW
Točivý moment	70 N·m
Čas indexování na 90°	0,5 s
Spodní revolverová hlava	
Počet nástrojů	9
Velikost nástroje pro vnitřní průměr	φ25 mm
Velikost nástroje pro vnější průměr	□25 mm
Rozsah otáček	35-6000 min ⁻¹
Výkon motoru	3,7 kW
Strojní data	
Rozměry stroje výška × šířka × délka	2720 × 2800 × 4910 mm
Zastavěná plocha	13,7 m ²
Kapacita nádrže	550 L
Celkový výkon	71 kVa
Celková hmotnost	16600 kg



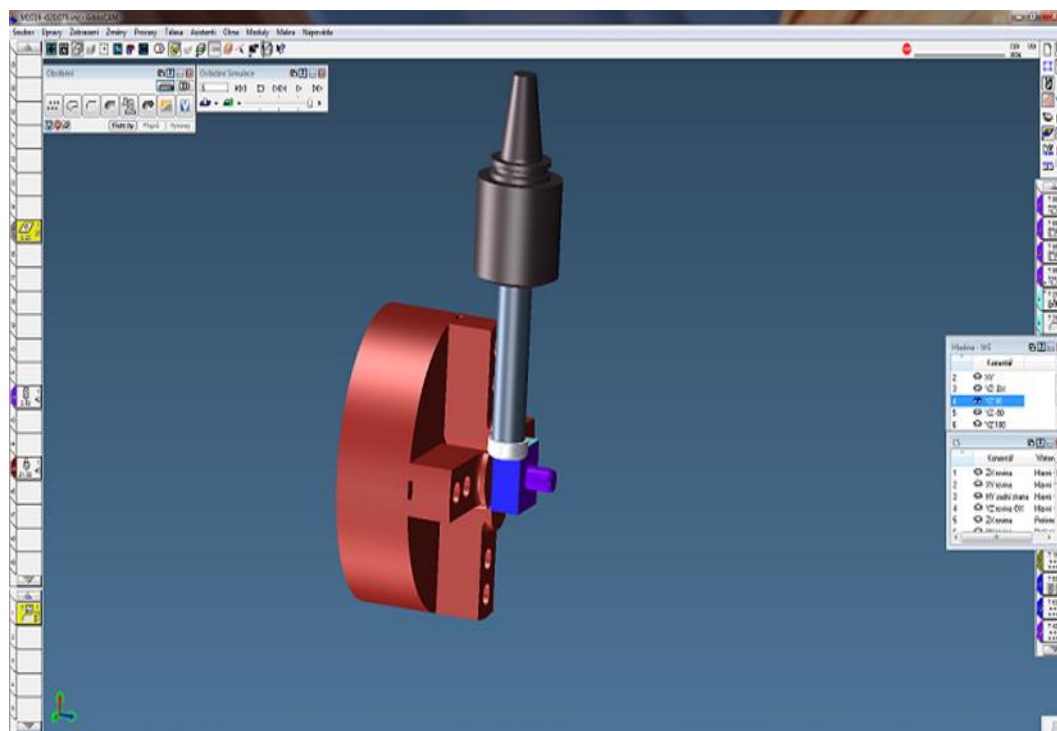
Obr. 4.3 MazakIntegrex I-200 ST-Matrix 2

5 VYROBENÍ VZORKU

V této části kapitoly je řešena samotná výroba zadané součásti a to od tvorby programu, následovat bude volba nástrojů, vyrobení vzorku a následné měření na 3D měřicím přístroji.

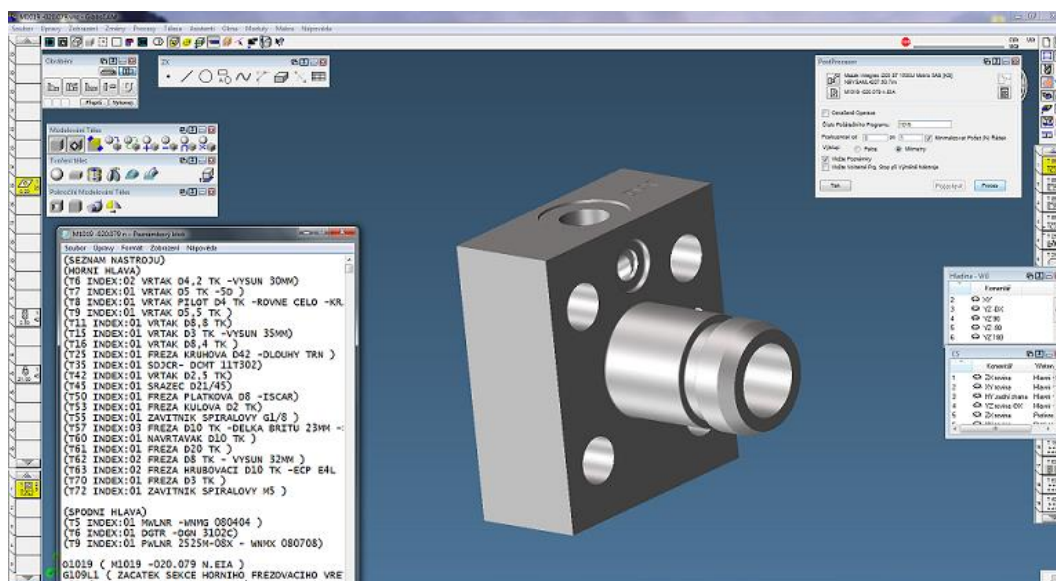
5.1 Tvorba programu v GibbsCAM

Základním předpokladem pro výrobu součásti je vytvoření 3D modelu. K tomu je potřebný software Solidworsk nebo Autodesk Inventor. Na základě vytvořeného 3D modelu můžeme pokročit k další fázi výroby a to k tvorbě programu pomocí software GibbsCAM. Ten nám slouží pro tvorbu jednotlivých operací, dále jsou zde voleny jednotlivé nástroje, kde je nadefinována orientace nástroje, úhel ostří, typ nástroje a určen velikost výchozího polotovaru. Po vytvoření všech výrobních operací následuje kontrola, zda je součást dobře naprogramována. To je zkontrolováno v simulaci obrábění, kde jsou kontrolovány dráhy nástroje, bezpečnostní odjezdy a je zde určen předběžně i výrobní čas na stroji. Simulace obráběného procesu je znázorněna na obr. 5.1.



Obr. 5.1 Simulace obráběného procesu.

Dalším krokem je postprocessing souboru. Zde bude vygenerován NC kód s příponou .NCF, který je dále nahrán pomocí Flash karty do paměti stroje nebo poslán přímo do stroje po síti. Ukázka vygenerovaného programu, kde na začátku je uveden seznam nástrojů je znázorněn na obr. 5.2. Vygenerovaný kód je do stroje nahrán v ISO kódu, kde se mohou dělat drobné úpravy, týkající se například změny řezných podmínek. Každý program ve stroji má své jedinečné číslo programu, aby nedošlo k záměně s jinými vyráběnými součástmi, což by mohlo vést ke kolizi stroje.



Obr. 5.2 Ukázka vygenerovaného programu.

5.2 Volba nástrojů

Následujícím krokem je volba nástrojů podle nástrojového listu, který je uveden v úvodní části vytvořeného programu.

5.2.1 Soustružnické nože

a) Vnější soustružnický nůž

Pro hrubovací operaci je použit soustružnický nůž od firmy ISCAR s negativní geometrií VBD. Označení soustružnického nože je PWLNR 2525 M-08. Řezné podmínky jsou uvedeny v tabulce 5.1

Tab. 5.1 Typ soustružnického nože a řezné podmínky [12].

Těleso nože	VBD	v_c [m.min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]
PWLNR 2525 M-08	WNMG080408-TF	130	0,35	1-4

b) Zapichovací nůž

Zapichovací nůž vybraný z katalogu od firmy ISCAR je vhodný pro zhotovení zápichu, který je dostatečně tuhý, aby nedocházelo k rozvibrování obráběné součásti. Typ zapichovacího nože, vyměnitelná břitová destička a řezné podmínky jsou uvedeny v tabulce 5.2.

Tab. 5.2 Typ zapichovacího nože a řezné podmínky [12].

Těleso nože	VBD	v_c [m.min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]
DGTR 20B-3D40-JHP	DGN 3102 C	110	0,1-0,35	3,1

c) Vnější soustružnický nůž dokončovací

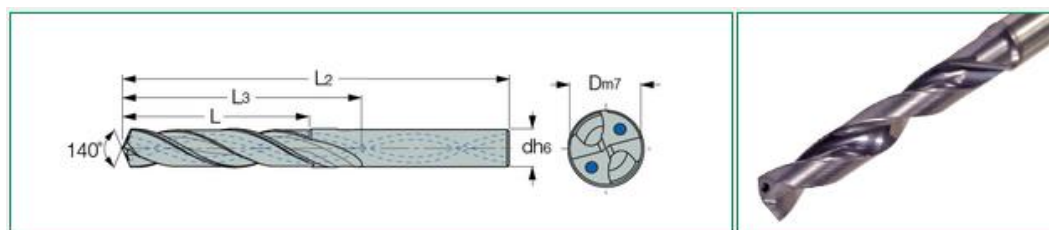
Dokončovací nůž je vybrán z katalogu firmy ISCAR, VBD má pozitivní geometrii a rádius břitové destičky je 0,4 mm.

Tab. 5.3 Typ soustružnického nože a řezné podmínky [12].

Těleso nože	VBD	v_c [m.min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]
SDJCR 2525 M11	DCGT 11T304-SM	150	0,05-0,25	0,3-2,0

5.2.2 Vrtací nástroje

Pro operaci vrtání jsou použity tyto druhy vrtáků. Vrták $\phi 2,5$; $\phi 3$; $\phi 4,2$; $\phi 5,5$; $\phi 8,4$; $\phi 8,8$. Vrtací nástroje jsou voleny s vnitřním chlazením, kdy za použití vysokotlakého chlazení bude odvod třísek z místa řezu mnohem efektivnější. Vyobrazení monolitních vrtáků je znázorněno na obr. 5.3.



Obr. 5.3 Monolitní karbidové vrtáky s vnitřním chlazením [12].

Tab. 5.4 Specifikace monolitních vrtáků [12].

Monolitní vrták	Posuv na otáčku f [mm]	v_f [mm/min ⁻¹]	d [mm]
SCD 025-014-060 AP3	0,1-0,18	70-120	2,5
SCD 030-014-060 AP3	0,1-0,18	70-120	3,0
SCD 042-017-060 AP3	0,1-0,2	70-120	4,2
SCD 055-020-060 AP3	0,1-0,22	75-130	5,5
SCD 084-035-100 AP3	0,2-0,35	75-130	8,4
SCD 088-035-100 AP3	0,2-0,35	75-130	8,8

Celokarbidový NC středící vrták $\phi 10$

Celokarbidový NC středící vrták s vrcholovým úhlem 90° je použit pro odjehlení vyvrtaných otvorů a pro sražení hran u závitu M5 a G1/8. NC středící vrták je znázorněn na obr. 5.4.



Obr. 5.4 NC středící vrták A90°.10,00.R.DIN6535.HA [13].

Karbidový středící vrták X-treme Pilot 180

Středící vrták X-treme Pilot s vrcholovým úhlem 180° je použit pro předvrtání šikmé díry pod úhlem 30° . Středící vrták X-treme Pilot 180 je znázorněn na obr. 5.5.

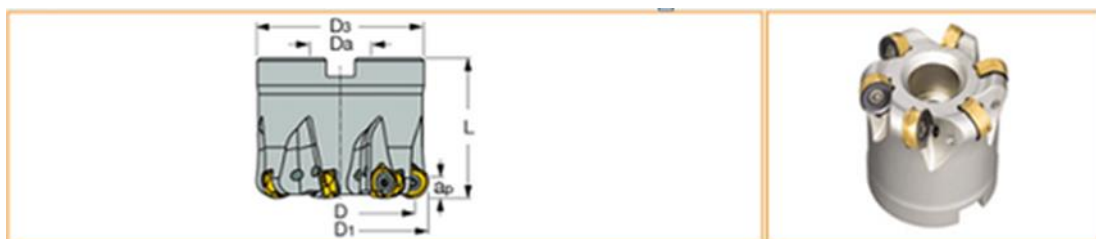


Obr. 5.5 Karbidový středící vrták X-treme Pilot 180 [13].

5.2.3 Frézovací nástroje

Fréza kruhová $\phi 40$

Kruhovou frézou budou obráběny vnější plochy čtyřhranu s dostatečným přídatkem pro dokončení. Kruhová fréza je znázorněna na obr. 5.5.



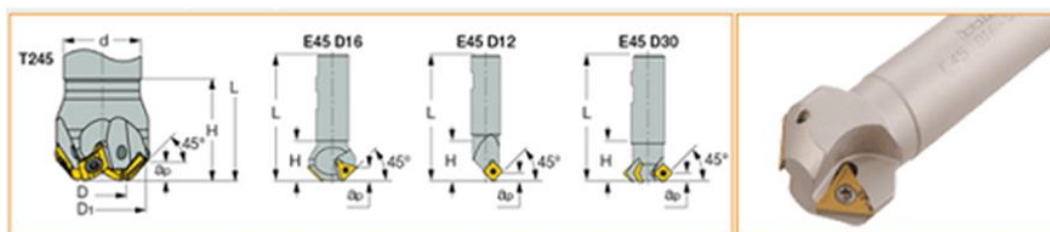
Obr. 5.5 Čelní fréza H400 FR D040-052-16-12 [12].

Tab. 5.5 Typ kruhové frézy a řezné podmínky [12].

Těleso frézy	VBD	v_c [m.min ⁻¹]	f_z [mm]	a_p [mm]
H400 FR D040-05-16-12	H400 RNHU-1004	120-160	0,1-0,25	1,0-7,5

Stopková fréza na sražení hran 45°

Stopková fréza znázorněna na obr. 5.6 s upínacím průměrem 16 mm bude použita pro sražení hran. VBD zaručují dlouhodobou životnost. Rádus špičky nástroje je $r 0,4\text{mm}$.



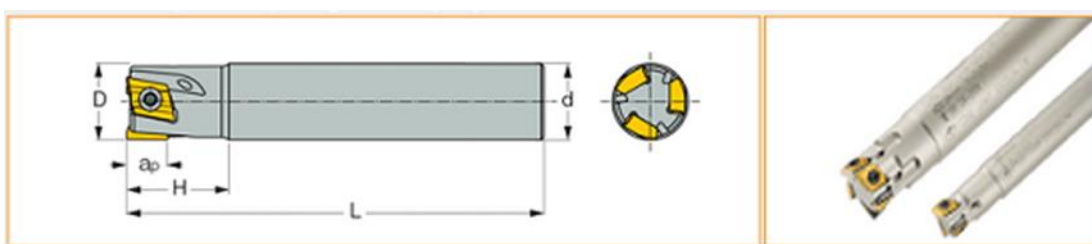
Obr. 5.6 Stopková fréza E45D16-W25 [12].

Tab. 5.6 Typ stopkové frézy a řezné podmínky [12].

Těleso frézy	VBD	v_c [m.min ⁻¹]	f_z [mm]	a_p [mm]
E45 D16-W25	TPMT 110204	110-180	0,12-0,25	1,0-3,0

Stopková fréza s tangenciálně upnutými VBD

Stopková fréza s tangenciálně upnutými VBD je znázorněna na obr. 5.7.



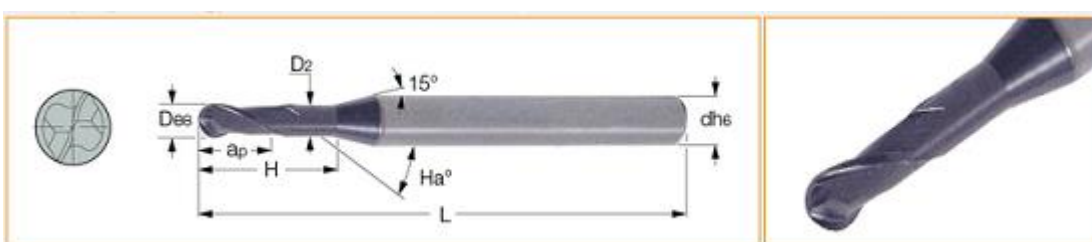
Obr. 5.7 Stopková fréza T290 ELN D08-01-C08-05 [12].

Tab. 5.7 Typ stopkové frézy a řezné podmínky [12].

Těleso frézy	VBD	v_c [m.min ⁻¹]	f_z [mm]	a_p [mm]
T290 ELN D08-01-C08-05	TPMT 110204	90-180	0,03-0,07	0,1-3,0

Dvoubřitá kulová stopková fréza $\phi 2$

Dvoubřitá kulová fréza o průměru 2 mm je použita při gravírování popisu součástí. Kulová fréza je zobrazena na obr. 5.8.



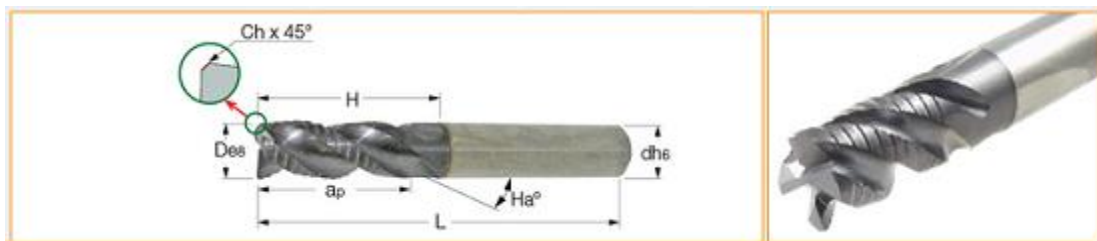
Obr. 5.8 Dvoubřitá stopková fréza EB-A2 020-030/25C4M60 [12].

Tab. 5.8 Typ monolitní frézy a řezné podmínky [12].

Monolitní fréza	v_c [m.min ⁻¹]	f_z [mm]	a_p [mm]
EB A2 020-030/25C4M60	120-180	0,03-0,15	0,1-2,0

Drážkovací fréza $\phi 10$

Drážkovací fréza znázorněna na obr. 5.9 o průměru 10 mm je použita pro hrubování středového otvoru.



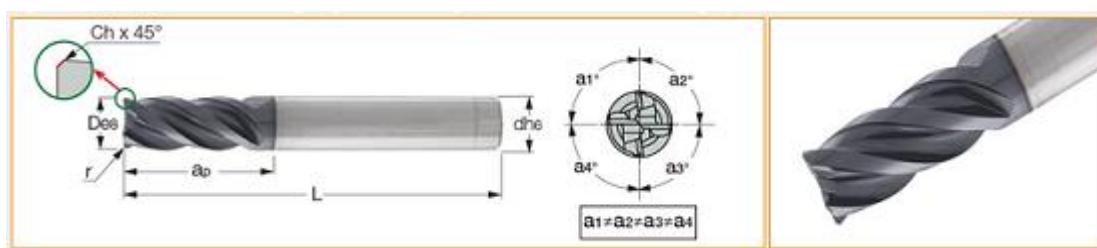
Obr 5.9 Drážkovací fréza ECP E4L [12].

Tab. 5.9 Typ monolitní frézy a řezné podmínky [12].

Monolitní fréza	v_c [m.min ⁻¹]	f_z [mm]	a_p [mm]
ECP E4L 10-22/32C10S72	80-180	0,03-0,12	1,0-5,5

Dokončovací frézy $\phi 3$; $\phi 8$; $\phi 10$; $\phi 20$

Tyto frézovací nástroje jsou použity pro obrobení ploch, které byly v předchozích operacích vyhrubovány. Vyznačují se vyšším počtem zubů než frézy hrubovací a používají se tam, kde je vyžadována vysoká přesnost rozměrů a jakost obráběného povrchu. Vybrané specifické frézy jsou znázorněny na obr. 5.10.



Obr.5.10 Vybrané dokončovací frézy [12].

Tab. 5.10 Typ monolitní frézy a řezné podmínky [12].

Monolitní frézy	v_c [m.min ⁻¹]	f_z [mm]	a_p [mm]
EC H4XL 03-10/20 C03CFR.3	70-180	0,03-0,08	0,1-1,5
EC H4XL 08-16/32 C08CFR.4	80-180	0,03-0,08	0,1-3,5
EC H4XL 10-20/40 C10CFR.5	80-200	0,04-0,09	0,1-4,0
EC H4XL 20-40/75 C20CFR.1.0	80-200	0,05-0,11	0,1-4,0

Závitovací nástroje

Zde jsou použity 2 strojní závitníky s úhlem šroubovice 45° a 50° pro zhotovení závitů M5 a G1/8. Tyto závitníky mají široké drážky pro dobrý odvod třísek z místa řezu. Vybrané závitníky s vnitřním chlazením jsou vyobrazeny na obr. 5.11.



Obr. 5.11 Strojní závitníky M5 a G1/8 [13].

5.3. Upínání nástrojů

Pro upínání nástrojů je používáno kleštinových upínačů HSK A 63, které jsou k dispozici v kratším a prodlouženém provedení, nebo tepelných upínačů HSK A 63 pro TK a HSS nástroje. Tyto tepelné upínače jsou vkládány do přístroje pro tepelné upínání, kde jsou ohřívány prostřednictvím indukční cívky, kdy během několika málo vteřin dojde k lokálnímu ohřevu pouzdra a tím i k rozšíření otvoru. Tímto způsobem jsou měněny původní nástroje za nové. Po usazení nového nástroje následně probíhá ochlazení ve speciální chladicí lázni. Takto připravené upínací držáky s nástroji jsou vkládány do zásobníku nástrojů, jehož kapacita je 72 pozic. Přístroj na tepelné upínání je znázorněn na obr. 5.12 a obr. 5.13.



Obr. 5.12 Přístroj na tepelné upínání.



Obr. 5.13 Přístroj na tepelné upínání.

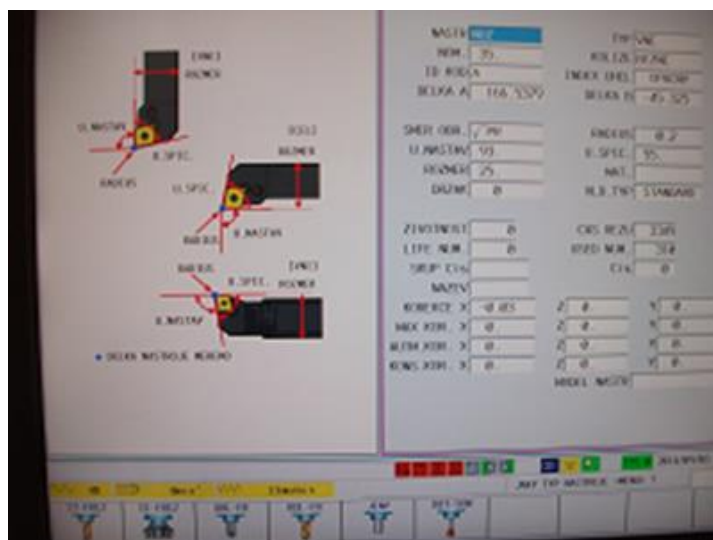
5.4 Odměrování nástrojů

Mazak Integrex I-200 ST je vybaven zásobníkem na 72 nástrojů, který je určen pro vkládání nástrojů do horní frézovací hlavy. Další nástroje jsou upevněny do spodní revolverové hlavy, která disponuje devíti pozicemi. Zde bývají upevněny nástroje pro vnitřní a vnější soustružení. Odměrování nástrojů probíhá následujícím způsobem. V manuálním režimu je zadán příkaz pro vyklopení odměřovacího oka a nástroj je přiblížen asi 3 mm před snímací hrot. Následně je zmáčknuto tlačítko pro posun dané osy a tím dojde k odměření nástroje. To je ohlášeno zvukovým signálem, který udává úspěšné zaměření. Současně je kontrolováno, zda se hodnota zaměření nástroje objeví v tabulce nástrojů. Ukázka odměřování nástrojů je znázorněna na obr. 5.14.



Obr. 5.14 Měření nástrojů pomocí dotykové sondy.

Do tabulky nástrojů je definováno, o jaký nástroj se jedná, směr otáčení, úhel nastavení hlavního a vedlejšího ostří, radius VBD, průměrovou a délkovou korekci nástroje. Tabulka nástrojů je znázorněna na obr. 5.15.



Obr. 5.15 Tabulka nástrojů.

5.5 Vyrobení součásti

Obrobení první strany

Vyráběná součást bude upnuta do tvrdých, zoubkovaných čelistí, které se zamáčknou do polotovaru a tím se zvýší tuhost upnutí obrobku a nebude docházet k případnému pootočení kusu při obrábění. Výchozím polotovarem je čtyřhran 55×55 mm. Vnější soustružnickým nožem je předhrubováno čelo a průměr s přídavkem na dokončení. Kruhovou frézou o průměru 40 mm je vyhrubován vnější tvar na rozměr 50×45 mm s dostatečným přídavkem na dokončení tvaru dokončovací frézou o průměru 20 mm. Ukázka vyhrubování polotovaru je znázorněna na obr. 5.16 a obr. 5.17.



Obr. 5.16 Předhrubování součásti.

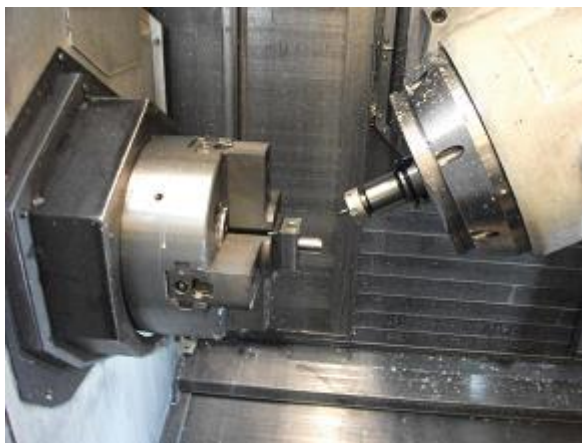


Obr. 5.17 Předhrubování součásti.

Monolitním vrtákem $\phi 8,8$ mm je vyvrtán otvor pro závit G1/8, dále ve stejné poloze je vrtán otvor vrtákem $\phi 4,2$ mm pro závit M5. Následuje předvrtání středového otvoru vrtákem $\phi 5$ mm a dovtáčení dalším nástrojem do hloubky 38,5 mm, kde se spojí dříve zhotovený otvor se závity G1/8 a M5. Vrtákem $\phi 8,4$ mm vyvrtáme čtyři otvory. Dalším krokem je vyvrtání otvoru vrtákem $\phi 5,5$ mm do hloubky 2 mm a následné zafrézování otvoru na $\phi 9,2$ mm do hloubky 1,25 mm. Vrtákem $\phi 3$ mm je vyvrtán otvor do hloubky 5 mm.

Na zhotovení středové díry bude použito drážkovací frézy $\phi 10$, která předhrubuje otvor na $\phi 12,9$ mm do hloubky 22,9 mm. Stejným nástrojem je vyhrubováno i osazení u závitu G1/8. Vrtákem $\phi 2$ mm jsou vyvrtány 2 otvory do hloubky 6 mm, které se nacházejí na druhé straně od závitu G1/8.

Na zhotovení šikmé díry pod úhlem 30° bude použito vrtáku $\phi 4$ mm s rovným čelem pro předvrtání. Předvrtání šikmé díry je uvedeno na obr. 5.18. Pro dokončení otvoru je zvolena fréza o $\phi 3$ mm, která po šroubovici vyfrézuje otvor na $\phi 4,2$ mm. Dokončovací frézou $\phi 20$ mm je obroben na čisto čtverec na rozměr 45×50 mm. Celokarbidovým navrtávákem a stopkovou frézou s pracovním úhlem 45° jsou sraženy veškeré ostré hrany a zhotoveno zahloubení pro všechny otvory.



Obr.5.18 Obrábění šikmé díry pod úhlem 30°.

Zapichovacím nožem s destičkou o šířce 3 mm je soustružena drážka, která má rozměr 3,6 mm. Nejpřesnějším rozměrem na vyráběné součásti je $\phi 20$ f7, který bude dokončen vnějším soustružnickým nožem. Na dokončení středové díry bude použita dokončovací fréza $\phi 10$ mm, která dokončí otvor na $\phi 13,05$ mm do hloubky 23 mm. Jako poslední operace při výrobě součásti z první strany je označení součásti popisem, na který bude použita kulová fréza o $\phi 2$ mm.

Obrobení 2 strany

Pro obrobení 2 strany součásti jsou určeny měkké čelisti, které budou soustružnickým nožem protočeny na $\phi 20$ mm a budou se nacházet na protivřetenu. Při přepnutí obrobku z hlavního vřetene do protivřetene je v offsetu obrobku nastaveno, do jaké vzdálenosti pojede osa W, aby došlo k předání obrobku. Po zarovnání čela na hotovou míru 48,2 mm, budou dokončeny čtyři otvory $\phi 13,5$ mm, které budou navazovat na díry vrtané z první strany. Jako poslední operace je opětovné sražení vnějších hran a čtyř vyvrtaných otvorů. Obrobená součást z 1. a 2. strany je znázorněna na obr. 5.19.



Obr. 5.19 Obrobená součást z 1 a 2 strany.

5.6 Měření součástí

Pro měření vnějších a délkových rozměrů budou použita digitální posuvná měřidla a mikrometrická měřidla délek. Ke změření vnitřního průměru je použit mikrometrický dutinoměr. Šířka drážky bude změřena pomocí koncových měrek a závity pomocí závitových kalibrů G1/8 a M5. Všechna měřidla jsou znázorněna níže v tabulce 5.6.

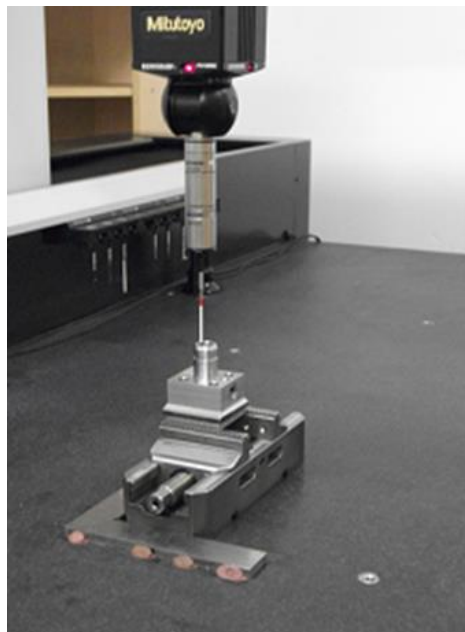
Tab. 5.6 Použitá měřidla.

	Digitální třmenový mikrometr [14].
	Sada koncových měrek [14].
	Digitální dutinoměr [14].
	Závitové kalibry G1/8 a M5 [15].
	Digitální posuvné měřítko [16].

Kompletní kontrola součásti byla provedena na souřadnicovém měřicím přístroji MITUTOYO Crysta Apex C7106, který ke měření používá vysoce přesné dotekové sondy od $\phi 0,3$ mm. Po změření prvního kusu a vyhodnocení naměřených hodnot došlo k úpravě v korekcích nástrojů a následující vyrobené kusy byly schváleny jako odpovídající. V průběhu výroby byla prováděna mezioperační kontrola, zda nedochází vlivem opotřebení nástrojů ke změnám v jakosti povrchu nebo k rozměrovým změnám. Ukázka měření součásti je znázorněna na obr. 5.20, 5.21.



Obr. 5.20 3D měřicí přístroj.



Obr. 5.21 Detail měření součásti.

5.7 Zámečnické pracoviště

Další operací po vyrobení a změření součásti je důkladné odjehlení všech ploch a odstranění případných ostřin, které mohou zůstat ve vyvrtaných otvorech. Zámečnické pracoviště je vybaveno velkým množstvím moderních odjehlovacích nástrojů, které ulehčují a urychlují tuto nezanedbatelnou část výroby. Poté bude součást důkladně očištěna, odmaštěna a poslána do kooperace na alkalické černění.

5.8 Černění součásti

Alkalické černění je povrchová úprava součásti, které má především zlepšit vzhled vyrobené součásti a zvýšit korozní odolnost. Je používáno především pro oceli, pro úpravu litiny už není příliš vhodné. Alkalické černění bylo provedeno v kooperaci v nedaleké firmě, se kterou byla navázána spolupráce před několika lety. Po černění následuje opětovná kontrola kvality povrchové úpravy, součást je poté zabalena a vyexpedována zákazníkovi.

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

Kapitola určuje technicko-ekonomické zhodnocení výroby součásti, kdy výrobní dávka byla stanovena v počtu 20 kusů. V tabulce 6.1 jsou uvedeny výrobní časy jednotlivých operací a celková doba pro vyrobení 1. kusu.

Tab. 6.1. Výrobní časy součásti.

Typ operace	Čas[min]
Soustružení	8,52
Frézování	15,73
Vrtání a závitování	9,75
Dokončovací operace	4,0
Dělení materiálu	3,0
Celkový čas výroby jednoho kusu	41
Celkový čas výroby série 20 ks	820

Soustružnické operace pro výrobu jedné součásti byly vypočítány v programu GibbsCAM na 8,52 min, kde je počítáno i s automatickou výměnou nástrojů, odjezdy a příjezdy stroje a upínáním obrobku. Podstatnou část výroby součásti zabere především frézovací a vrtací operace. Frézovací operace se podílí na výrobě časem 15,73 min, pro vrtání děr a zhotovení závitu je vypočten čas v délce 9,75 min. Zbývajících čas je určen pro dělení materiálu v čase 3 min a kompletním odjehlením kusu trvající 4 min. Předpokládaná doba výroby součásti na všech výrobních strojích byla určena v celkovém strojním čase na 41 minut. Výsledná hodnota pro výrobu 20 kusů tedy činí 820 min.

6.1 Výpočet nákladů na hodinu práce

Výpočet nákladů na hodinu práce je stanoven především z pořizovací ceny stroje, kde jsou započteny i náklady na dovoz stroje a vybudování případných základů pro ukotvení stroje. Dále jsou zde započítány náklady na mzdy pracovníka, energie a spotřeba nářadí. Hodinové náklady na provoz strojů, které byly použity při výrobě zvolené součásti jsou uvedeny v tabulce 6.2.

Tab. 6.2. Provozní náklady strojů.

Typ stroje	Minutová sazba[Kč]	Hodinová sazba[Kč]
Automatická pila Bomar	4	240
Okuma MB46 VAE	12	720
MazakIntegrex I-200ST	15	900

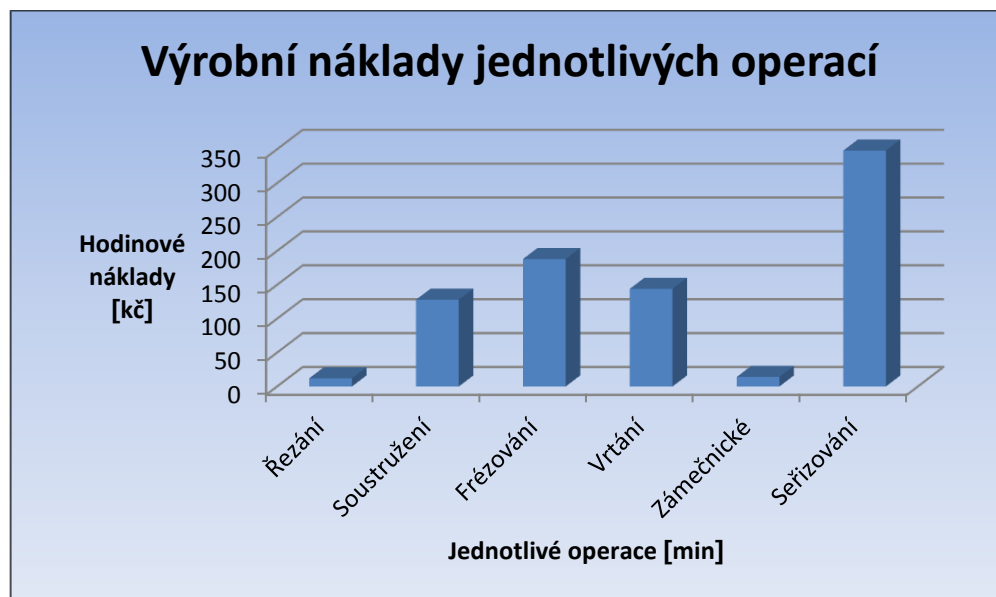
6.2 Výpočet výrobních nákladů

Zde jsou vypočteny výrobní náklady na výrobu zvolené součásti, kde jsou uvedeny přípravné a strojní časy. Tyto výpočty byly stanoveny na základě hodinových sazeb výrobních strojů. Výrobní náklady jsou uvedeny níže v tabulce 6.3. Dále je zde počítáno i s cenou materiálu.

Tab. 6.3 Výrobní náklady CNC technologie.

Typ operace	Sazba [Kč/hod]	Strojní časy [hod]	Cena [Kč]
Cena polotovaru	-	-	22
Řezání	240	0,05	12
Soustružení	900	0,14	128
Frézování	720	0,26	188
Vrtání	900	0,16	144
Dokončovací operace	210	0,06	14
Seřizování	810	8,6	348
Cena s materiálem	-	-	856

V obr. 6.1 je znázorněno, jakou cenou se jednotlivé operace podílí na ceně jednoho výrobku. Vzhledem ke složitosti součásti, kde je potřebné velké množství nástrojů jsou náklady na seřízení stroje z těchto jednotlivých operací nejvyšší.



Obr. 6.1 Výrobní náklady jednotlivých operací.

7 DISKUZE

Bakalářská práce blíže seznamuje s historií CNC strojů, kde jsou popsány čtyři vývojové generace. V teoretické části je dále uvedeno rozdělení CNC obráběcích strojů a jejich výhody a nevýhody. Dále jsou zde uvedeny referenční body, kterými se řídí vlastní CNC stroje.

Praktická část se zabývá návrhem technologie výroby zadané součásti. Ve třetí kapitole je uveden rozbor materiálu, jeho chemické složení a provedena analýza technologičnosti a funkčnosti součásti.

Čtvrtá kapitola je zaměřena na popis, jakými výrobními metodami bude součást vyráběna a představení všech výrobních strojů, které budou pro výrobu součásti použity. Především je zde popsáno multifunkční obráběcí centrum Mazak Integrex I-200ST-Matrix. Toto soustružnicko-frézovací centrum je vybaveno dvěma vřeteny, které si součást po obrobení první strany předá a je pokračováno v obrábění druhé strany součásti. Součástí stroje jsou i dvě revolverové hlavy. Spodní revolverová hlava slouží pro soustružnické operace a do horní frézovací hlavy jsou vkládány poháněné nástroje, vrtáky, frézy, závitníky. Je zde možnost samozřejmě upínat i soustružnické nože.

V páté kapitole je řešena samotná výroba součásti a to od prvopočátku výroby, kdy prvotním předpokladem je vytvoření 3D modelu součásti, podle kterého pomocí software GibbsCAM je vytvořen vlastní výrobní program, který je nahrán do stroje. V další fázi jsou navrženy nástroje potřebné pro výrobu, jejich značení a doporučené rezné rychlosti a posuvy. V krátkosti je tu uvedeno upínání a odměřování nástrojů. Výroba součásti na multifunkčním obráběcím centru probíhala bez zásadních komplikací. Největší problém se vyskytl při předávání součásti z hlavního vřetene do protivřetene, kdy díky špatnému nastavení čidel nedošlo k předání kusu. Po vyrobení kusu byla součást změřena na 3D měřicím přístroji a dále zde byly představeny měřicí pomůcky potřebné pro mezioperační kontrolu.

Šestá kapitola se zabývá technicko-ekonomickým posouzením, kdy je zde vypočítána předběžná cena pro vyrobení jednoho kusu a hodinové náklady na provoz jednotlivých výrobních strojů.

ZÁVĚR

V bakalářské práci „Výroba součásti na multifunkčním CNC stroji“ je řešena technologie výroby součásti pro hydraulické zařízení pro zahraničního zákazníka. Zadaná součást byla vyráběna v počtu 20 kusů, jedná se tedy o kusovou výrobu. Výrobní program byl vytvořen pomocí software GibbsCAM, kde jsou vytvořeny jednotlivé výrobní operace. Po samotné kontrole všech drah nástrojů v simulaci GibbsCAM, byl vygenerován NC kód a nahrán do určeného stroje. Součást byla vyráběna celkem na 3 strojích, kde první dva tvořily pouze podpůrné operace. Hlavní fáze výroby probíhala na soustružnicko-frézovacím centru, kde jsou popsány hlavní části stroje a použité nástroje. Zvolené nástroje byly shledány jako odpovídající, byly jen provedeny určité změny v řezných podmínkách některých nástrojů. Vyrobená součást byla zkontrolována na 3D měřicím přístroji a byly splněny všechny podmínky dané výkresovou dokumentací pro výrobu.

Poslední kapitola je technicko-ekonomické posouzení. Celková doba pro vyrobení jednoho kusu na všech výrobních úsecích činí 41 minut. Pro výrobu 20 kusů je tedy potřebné 820 minut. V další části je provedena analýza hodinových sazeb pro jednotlivé výrobní stroje, která byla stanovena po konzultaci s vedením firmy, kde byla součást vyráběna. V poslední části jsou vypočteny výrobní náklady na výrobu jednoho kusu, která byla stanovena v celkové výši 856 Kč.

Cíle bakalářské práce byly tedy splněny ve všech bodech, jak po stránce rozboru materiálu, tak i po konečném ekonomickém zhodnocení.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění: Kniha pro praktiky*. 1. české vydání 1997: Scientia s.r.o., 1997. ISBN 91-972299-4-6.
2. ŠTULPA, Miloslav. *CNC: obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 126 s. ISBN 80-730-0207-8.
3. POLÁŠEK, Jaromír. *Číslicově řízené stroje* [online]. 2007 [vid. 2015-03-29]. Dostupné z: http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U31_Cislicove_rizene_stroje.pdf
4. JANÍČKOVÁ, Petra. *Moderní konstrukční řešení CNC strojů* [online]. 2012 [vid. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.uh.cz/szesgsm/files/sblizovani/pdf/mod-konstr-cnc.pdf>
5. PÍŠKA, Miroslav. *Základní geometrické principy* [online]. [vid. 2015-04-29]. Dostupné z: <http://cnc.fme.vutbr.cz/fundament/fundamentals01.pdf>
6. Feron. *Sortimentní katalog* [online]. [vid. 2015-04-10]. Dostupné z: http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php
7. Normy materiálu: *Octopustools* [online]. [vid. 2015-04-10]. Dostupné z: http://octopustools.com/normy_materialu.php
8. LENTUS. *Ocel obrobená na míru* [online]. 2007 [vid. 2015-04-10]. Dostupné z: (<http://www.lentus-ocel.cz/tridy-oceli/n-120503.htm>)
9. BOMAR. *Pásové pily na kov: Automatické pásové pily* [online]. 2008. [vid. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.pasove-pily.eu/bomar-pasova-pila-na-kov-ergonomic-290-250-gae-27893.html>
10. MISAN. *Obráběcí stroje a nástroje* [online]. 2015 [vid. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.misan.cz/okuma/katalog-detail/mb-46vae-okuma-ace-center-mb-46vae/?viewpart=1>
11. MAZAK. <i>Provozní příručka: MazakIntegrex i- 200ST
12. ISCAR. *Electronic catalog* [online]. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/eCatalog/Index.aspx>
13. WNT. <i>Hlavní katalog</i> [online]. 2000 [vid. 2015-04-12]. Dostupné z: <https://www.toolingcenter.com/CS/product/Hlavn%C3%AD%20katalog/Vrt%C3%A1n%C3%AD/TK%20vrt%C3%A1ky/NC%20navrt%C3%A1v%C3%A1ky/Typ%20NC-A%20-%2090%C2%B0/TK%20NC%20NAVRT%C3%81V%C3%81K%20NC-A90%C2%B0-910-600-9R-9DIN6535-9HA%2010702010>
14. MITUTOYO. : *Katalog měřicí techniky* [online]. [vid. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.mitutoyo.com>
15. MICHOVSKY-TOOLS. : *Měřidla a příslušenství* [online]. [vid. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.kalibry.cz/kalibry/zavitove-kalibry-a-krouzky-m/>
16. MAHR. *Katalog měřicí techniky* [online]. [vid. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.mahr.cz/images/OnlineKataloge/Mahr-Metrology-Catalog--CZ--2013/blaetterkatalog/index.html>
17. CEJNAROVÁ, Andrea. *MM průmyslové spektrum* [online]. [vid. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://firmy.mmspektrum.com/clanek/paletizace-efektivni-pomocnik-obrace.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CAD	[-]	ComputerAidedControl
CAM	[-]	ComputerAidedManufacturing
CNC	[-]	ComputerNumericalControl
HSS	[-]	High speed steel
HSC	[-]	Vysokorychlostní obrábění
HPC	[-]	Vysokovýkonné obrábění
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
R_z	[μm]	Největší výška profilu
a_p	[mm]	Šířka záběru ostří
d	[mm]	Průměr nástroje
f	[mm]	Posuv na otáčku
f_z	[mm]	Posuv na zub
n	[min^{-1}]	Otáčky nástroje
v_c	[$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	Řezná rychlost

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres součásti
Příloha 2	List otvorů
Příloha 3	Technologický postup
Příloha 4	NC program

PŘÍLOHA 2

List otvorů.

<i>Zeichnung -Idx</i>	<i>Datum</i>	<i>Name</i>	<i>Masse</i>	<i>Abmessungen</i>
CB83142-001-A	07.03.14	FJT	0,3 kg	B-E:50 C-F:45 A-D:48,2

020.079

CB83142-001-A

<i>I</i>	<i>Bohrgr</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Winkel</i>	<i>Form</i>	<i>Parameter</i>	<i>Treffer</i>	<i>St</i>
	A0	11	8,5		C	ø8,4x100 ø13,5x12		
	A1	11	36,5		C	ø8,4x100 ø13,5x12		
	A2	39	36,5		C	ø8,4x100 ø13,5x12	E1	
	A3	39	8,5		C	ø8,4x100 ø13,5x12	E0	
	B0	38,2	22,5		G	ø8,6x13,5 ø16x0,5 G1/8"x11,5	D0,D3	X
	B0	38,2	22,5		E	ø4,2x25 M5x21	D0,D3	
	D0	25	22,5		C	ø5x38,5 ø13,00x23	B0	
	D0: Siehe Schnitt							
	D1	8	22,5		C,Schnitt	ø5,5x2 ø9,20+0,2x1,2+0,1 flach R<0,40 Schnitt	D3	
	D2	22	7		A	ø3x5		
	D3	-8,97	22,5	30>E	A(x)	ø4,2x10	B0,D1	
	E0	38,2	5,5		A	ø2,5x6	A3	
	E1	38,2	39,5		A	ø2,5x6	A2	

PŘÍLOHA 3

Technologický postup.

Číslo výkresu	020.079	Technologický postup				název součást	DECKEL	CC E T0 C 1		Datum vydání postupu :		
Dne :	20.4.2015	Vyhotovil :	Kratochvil			Polotovar:	55x 55		OTK :		Číslo listu :	1.
Číslo op. pořadové :	označení stroje	Dílňa :	Popis práce v operaci :				Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :	Výrobní podmínky :			
Orientace :	Třídící číslo :								v_c [m/min]	tac [min]	bc [min]	
00/00	PÁSOVÁ PILA BOMAR	Řezárna	řezat materiál na délku 75 mm				POSUVNÉ MĚŘITKO 250 ČSN 15 12 34		50	3,00 0	0	
01/01	FRÉZKA Okuma MB46VAE	Obrobna	upnout do svěráku zafrézovat čelo na 66 mm zafrézovat čtverec na 50x50 mm				H400 FR D040-052-16-12 ECP E4L 10-22/32C10S72 SOEX090408 32 POSUVNÉ MĚŘITKO 0-150 mm		120 170	3,500	60	
02/02	MAZAK INTEGREX I 200 ST	Obrobna	Soustružit dle programu M 1019 Nástroje dle nástrojového listu				POSUVNÉ MĚŘITKO 0-150mm dutinomě 10-16mm digitální mikrometr 0-25 mm koncové měrky			30,5	460	
03/03	OTK	ÚŘJ	kontrolovat závit G1/8 kontrolovat závit M5 měřit kompletně na 3D přístroji				závitový kalibr G1/8 závitový kalibr M5					
04/04		ÁMEČNICK PRACO VIŠTĚ	kompletně odjehlit celý dílec							4,000	0	
05/05	KOOPERACE		černění součástí									
06/06	OTK	ÚŘJ	vizuální kontrola po černění									

PŘÍLOHA 4 (1/2)

NC program.

(NOVY 9.4.2014 -020.079)

(SEZNAM NASTROJU)

(HORNÍ HLAVA)

(T6 INDEX:02 VRTAK D4,2 TK -VYSUN 30MM)

(T7 INDEX:01 VRTAK D5 TK -5D)

(T8 INDEX:01 VRTAK PILOT D4 TK -ROVNE CELO -KRATKY TEPELNY UPINAC)

(T9 INDEX:01 VRTAK D5,5 TK)

(T11 INDEX:01 VRTAK D8,8 TK)

(T15 INDEX:01 VRTAK D3 TK -VYSUN 35MM)

(T16 INDEX:01 VRTAK D8,4 TK)

(T19 INDEX:01 VRTAK D5 TK -DLOUHY 12D KRATKY TEPELNY UPINAC)

(T25 INDEX:01 FREZA KRUHOVA D42 -DLOUHY TRN)

(T35 INDEX:01 SDJCR- DCMT 11T302)

(T42 INDEX:01 VRTAK D2,5 TK)

(T45 INDEX:01 SRAZEC D21/45)

(T50 INDEX:01 FREZA PLATKOVA D8 -ISCAR)

(T53 INDEX:01 FREZA KULOVA D2 TK)

(T55 INDEX:01 ZAVITNIK SPIRALOVY G1/8)

(T57 INDEX:03 FREZA D10 TK -DELKA BRITU 23MM -SLICHTUJE D13)

(T60 INDEX:01 NAVRTAVAK D10 TK)

(T61 INDEX:01 FREZA D20 TK)

(T62 INDEX:02 FREZA D8 TK - VYSUN 32MM)

(T63 INDEX:02 FREZA HRUBOVACI D10 TK -ECP E4L -DELKA BRITU 23MM)

(T70 INDEX:01 FREZA D3 TK)

(T72 INDEX:01 ZAVITNIK SPIRALOVY M5)

(SPODNÍ HLAVA)

(T5 INDEX:01 MWLNR -WNMG 080404)

(T6 INDEX:01 DGTR -DGN 3102C)

(T9 INDEX:01 PWLNR 2525M-08X - WNMX 080708)

O1019

G109L1

G21

N25011

(FREZA KRUHOVA D40)

(FREZOVACI VRETENO)

(HLAVNÍ VRETENO)

M901

G54

G53X0.Y0.Z0.

T025.01T11M6

G53Z0.

G0G91G28W0.

G90

G10.9X1

M108

G0B0.

M107

G0G95G53X0.Z0.

M950

M205

(HRUBOVAT OBDELNIK)

(FREZA KRUHOVA D40)

(CS#4 - YZ ROVINA -DX)

(FREZOVACI VRETENO)

(HLAVNÍ VRETENO)

T025.01M6

G53Z0.

G0G91G28W0.

G90

G10.9X0

M108

G0B90.

M107

G54

M200

G0G91G28C0.

G0G90C0.

G97S1400M3

M250

G19
G68X0.Y0.Z0.I0J1K0R90.
G17
G94
G0G90G43X32.2Y-55.5Z63.899C0.
Z50.
M210
G61.1
G1Z27.067F4000.
Y55.5
G0Z80.
Y-55.5
Z49.067
G1Z26.133
Y55.5
G0Z80.
Y-55.5
Z48.133
G1Z25.2
Y55.5
G0Z80.
M212
G0X32.2Y-55.5C180.
M210
Z50.
G1Z27.067
Y55.5
G0Z80.
Y-55.5
Z49.067
G1Z26.133
Y55.5
G0Z80.
Y-55.5
Z48.133
G1Z25.2
Y55.5
G0Z80.
M212
G64
G69
(FREZA KRUHOVA D40)
(CS#9 - YZ 90)
(FREZOVACI VRETENO)
(HLAVNI VRETENO)
G0G28G91Y0.
G90
G68X0.Y0.Z0.I0J1K0R90.
G17
M200
G0G90G94X32.2Y-58.Z80.C90.
M210
G61.1

Z50.
G1Z27.117F4000.
Y58.
G0Z80.
Y-58.
Z49.117
G1Z26.233
Y58.
G0Z80.
Y-58.
Z48.233
G1Z25.35
Y58.
G0Z80.
Y-58.
Z47.35
G1Z24.467
Y58.
G0Z80.
Y-58.
Z46.467
G1Z23.583
Y58.
G0Z80.
Y-58.
Z45.583
G1Z22.7
Y58.
G0Z80.
M212
G0X32.2Y-58.C270.
M210
Z50.
G1Z27.117F4000.
Y58.
G0Z80.
Y-58.
Z49.117
G1Z26.233
Y58.
G0Z80.
Y-58.
Z48.233
G1Z25.35
Y58.
G0Z80.
Y-58.
Z47.35
G1Z24.467
Y58.
(CS#2 - XY ROVINA)
(FREZOVACI VRETENO)
(HLAVNI VRETENO)

M901
T007.01T19M6
G53Z0.
G0G91G28W0.
G90
G10.9X0
M108
G0B0.
M107
G54
M200
G97S5000M3
M250
G17
G94M100M131
G0G90G43Y0.Z10.CO.
X0.
M211
G81G98X0.Y0.CO.Z-15.R10.F650.
G80G0Z10.
M212
G49
G53X0.Y0.
G53Z0.
M9
M5
M202
N19011
(VRTAT D5 -DLOUHA)
(VRTAK D5 TK -DLOUHY 12D)
(CS#2 - XY ROVINA)
(FREZOVACI VRETENO)
(HLAVNI VRETENO)
M901
T019.01T16M6
G53Z0.
G0G91G28W0.
G90
G10.9X0
M108
G0B0.
M107
G54
M200
G97S300M3
M250
G17
G94
G0G90G43Y0.Z10.CO.
X0.
G1Z-12.F500.
M101M131
G4X1.

S6500
Z-40.F700.
Z-38.
M9
M8
S300
Z10.F1000.
M9
G0Z10.
M212
G49
G53X0.Y0.
G53Z0.
M5
M202
N16011
(VRTAT 4X D8,4)
(VRTAK D8,4 TK)
(CS#2 - XY ROVINA)
(FREZOVACI VRETENO)
(HLAVNI VRETENO)
M901
T016.01T9M6
G53Z0.
G0G91G28W0.
G90
G10.9X0
M108
G0B0.
M107
G54
M200
G97S3300M3
M250
G17G91X0.CO.
G90
G94M101M131
G0G90G43Y0.Z10.C45.
X19.799
G81G98X19.799C45.Z-40.R-
20.F500.M211
C315.
C225.
C135.
G80G0Z10.
M212
G49
G53X0.Y0.
G53Z0.
M9
G2X-24.6Y22.5I.4J0.
G1X24.6

G2X25.Y22.1I0.J-.4
G1Y-27.5
G3X41.Y-43.5I16.J0.
G40G1Y-30.5
G0Z10.
M212
G64
G49
G53X0.Y0.
G53Z0.
M9
M5
M202
N45011
(SRAZEC D21/45)
(CS#2 - XY ROVINA)
(FREZOVACI VRETENO)
(HLAVNI VRETENO)
M901
T045.01T60M6
G53Z0.
G0G91G28W0.
G90
G10.9X0
M108
G0B0.
M107
G54
M200
G97S5000M3
M250
G17
G94M8
G0G90G43Y-0.05Z10.CO.
X0.
Z5.
M211
G81G99X0.Y-0.05C0.Z-
3.775R5.F500.
G80G0Z10.
M212
(SRAZEC D21/45)
(FREZOVACI VRETENO)
(HLAVNI VRETENO)
M8
M200
G0G90G94X36.55Y31.504Z10.CO.
M210
G61.1
Z-25.
G1Z-32.F3000.
Y33.504F1000.
G3X31.55Y28.504I0.J-5.

G1Y-22.15
G2X24.65Y-29.05I-6.9J0.
G1X-24.65
G2X-31.55Y-22.15I0.J6.9
G1Y22.15
G2X-24.65Y29.05I6.9J0.
G1X24.65
G2X31.55Y22.15I0.J-6.9
G1Y20.741
G3X36.55Y15.741I5.J0.
G1Y17.741
G0Z10.
M212
G64
G49
G53X0.Y0.
G53Z0.
M202
(SRAZEC D21/45)
(CS#4 - YZ ROVINA -DX)
(FREZOVACI VRETENO)
(HLAVNI VRETENO)
T045.01M6
G53Z0.
G0G91G28W0.
G90
M108
G0B90.
M107
G54
M200
G97S5000M3
M250
G19
G68X0.Y0.Z0.I0J1K0R90.
G17
G94M8
G0G90G43X38.2Y0.Z66.129C0.
Z45.
Z30.
M211
G81G99X38.2Y0.CO.Z22.225R30.F50
0.
G80G0Z80.
M212
G69
G49
.
.
.
.
.
.

PŘÍLOHA 4 (2/2)

(REVOLVER)
(HLAVNI VRETENO)
M901
T009000.01
G54
M202
G92S2200R2
G97S505M203R2
#1=2* [#5041-#[680000+#3020]]
G18
G0G90G95G43P1X#1Z10.M8
X81.936
G1Z2.F.5
G96S130P1R2
M250
Z1.
X-1.6F.3
Z2.
G0X81.936
G1Z1.
Z0.1F.5
X-1.6F.3
Z1.
G0Z10.
X90.
(PWLNR 2525M-08X -)
(REVOLVER)
(HLAVNI VRETENO)
M202
G0G90G95Z1.321M8
G1X78.F.5
X73.4
Z-28.1F.35
X78.
G0Z1.321
G1X73.4
X68.8F.5
Z-28.1F.35
X73.4
G0Z1.321
G1X68.8
X64.2F.5
Z-28.1F.35
X67.858
X68.8
G0Z1.321
G1X64.2
X59.6F.5
Z-28.1F.35
X64.2
G0Z1.321

G1X59.6
X55.F.5
Z-28.1F.35
X59.6
G0Z1.321
G1X55.
X50.4F.5
Z-28.1F.35
X55.
G0Z1.321
G1X50.4
X45.8F.5
Z-28.1F.35
X50.4
G0Z1.321
G1X45.8
X41.2F.5
Z-28.1F.35
X45.8
G0Z1.321
G1X41.2
X36.6F.5
Z-28.1F.35
X41.2
G0Z1.321
G1X36.6
X32.F.5
Z-28.1F.35
X36.6
G0Z1.321
G1X32.
X27.4F.5
Z-28.1F.35
X32.
G0Z1.321
G1X27.4
X22.8F.5
Z-28.1F.35
X27.4
G0Z1.321
G1X22.8
X18.2F.5
Z-0.757F.35
X20.144Z-3.426
G3X20.24Z-3.7I-.752K-.274
G1Z-28.1
X22.8
G0Z1.321
G1X18.2
X16.687F.5
X18.2Z-0.757F.35
G0X90.
G49

G28G91X0.
G90
G28G91Z0.
G90
(PVLNR 2525M-08X -)
(PROTIVRETENO)
M902
G0G30G91Z0.X0.P4
M950
M9
N06011
(DGTR -DGN 3102C)
(PROTIVRETENO)
M902
G10.9X1
M951
G0G30G91Z0.X0.P4
G49
M305
(HOTOVE ZAPICH)
(DGTR -DGN 3102C)
(CS#1 - ZX ROVINA)
(HLAVNI VRETENO)
M901
T006000.01
G54
M202
G92S2200R2
G97S1019M203R2
#1=2* [#5041-#[680000+#3020]]
G18
G0G90G95G43P1X#1Z-11.29M8
X90.
X25.
G96S80P1R2
M250
G1X17.45F.05
G0X25.
G1Z-11.299F.1
X17.45
X25.
(DGTR -DGN 3102C)
G96S100P1R2
M202
G0G90G95Z-9.68M8
G1X23.F.5
X22.F.04
G2X20.Z-10.68I0.K-1.
G3X19.3Z-11.03I-.35K0.
G1X17.05
X17.458F2.273
G0X19.468
X23.Z-12.796

Z-13.02
G1X22.F.04
G3X20.Z-12.02I0.K1.
G2X19.3Z-11.67I-.35K0.
G1X17.05
Z-11.03
G0X25.
X90.
G97S354R2
G49
G28G91X0.
G90
G28G91Z0.
G90
M9
N05011
(SLICHTOVAT CELO NA Z-28,2-
0,05)
M901
T005000.01
G10.9X1
G54
M202
G92S3200R2
G97S1031M203R2
#1=2* [#5041-#[680000+#3020]]
G18
G0G90G95G43P1X#1Z-27.18M8
X90.
G1X77.201F1.
G96S250P1R2
M250
Z-28.18
X20.4F.06
Z-27.18
G0X90.
G49
G28G91X0.
G90
G28G91Z0.
G90
(MWLNR -WNMG 080404)
(REVOLVER)
(PROTIVRETENO)
M902
G0G30G91Z0.X0.P4
M952
T109000
M9
M953
M30