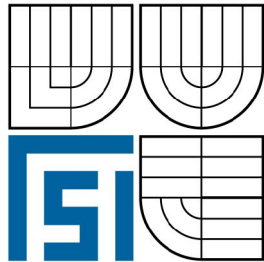


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ VÝROBY STROJNÍ SOUČÁSTI NA OBRÁBĚCÍCH STROJÍCH VE FIRMĚ FREUTECH AEROSPACE S.R.O.

**ECONOMIC COMPARISON OF MANUFACTURING THE MACHINE PARTS ON
MACHINE TOOLS IN THE COMPANY FREUTECH AEROSPACE S.R.O.**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ NOVÁK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JOSEF SEDLÁK, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lukáš Novák

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:

Ekonomické porovnání výroby strojní součástí na obráběcích strojích ve firmě Frentech Aerospace s.r.o

v anglickém jazyce:

Economic comparison of manufacturing the machine parts on machine tools in the company Frentech Aerospace s.r.o

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod
2. Současný stav problematiky
3. Inovace výroby strojního dílu
4. Charakteristika a realizace výroby na obráběcích strojích
5. Technicko ekonomické zhodnocení
6. Závěr

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je ekonomické porovnání výroby dané strojní součástky 2 stávajícími postupy firmy Frentech Aerospace s.r.o. s inovovanou výrobou a použitím strojů firmy Mazak. Součástí práce bude návrh programu pro vhodný obráběcí stroj v prostředí Mazatrol, ekonomické posouzení všech 3 postupů a jejich následné vyhodnocení.

Seznam odborné literatury:

1. FOREJT, M; PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vydání. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
2. PÍŠKA, M. a kolektiv. Speciální technologie obrábění. CERM 1.vyd. 246s. 2009. ISBN 978-80-214-4025-8.
3. KOČMAN, K; PROKOP, J. Technologie obrábění. 2. vydání. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
4. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje. 2. dotisk 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2008. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
5. MELUZÍN, T, MELUZÍN, V. Základy ekonomiky podniku. 2. vyd., přepracované. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2007. 119 s. ISBN 978-80-214-3472-1.
6. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ, s.r.o. Příručka obrábění-kniha pro praktiky. Přel. KUDELA, M. Praha: Scientia, s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Sedlák, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 16.11.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá ekonomickým posouzením tří různých způsobů výroby zadané součásti. Dva způsoby výroby jsou zadány firmou Frentech Aerospace s.r.o. Třetí způsob je navržen tak, aby bylo dosaženo snížení výsledné ceny součásti. Stroje v novém výrobním postupu jsou voleny z nabídky strojů Mazak. Součástí práce je vypracování programu pro výrobu obrobku na obráběcích strojích. Cílem práce je inovovat stávající způsob výroby zadané součásti. Bakalářská práce je uzavřena technicko-ekonomickým zhodnocením všech tří variant.

Klíčová slova

Dvouřetenový soustruh, Mazak, Mazatrol, obráběcí stroj, obrábění.

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with economic assessment of three different methods of production a given part. Two methods of production are given by Frentech Aerospace s.r.o. The third method is designed to lower the final price of the component. Machines are selected from the offer of Mazak machines in the new manufacturing process. Developing of program for manufacturing workpiece on machine tools belongs to this thesis. The goal is to upgrade the existing method of production the specified component. Bachelor thesis is concluded technical-economic evaluation of all three alternates.

Key words

Duplex lathe, Mazak, Mazatrol, machine-tool, machining.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NOVÁK, Lukáš. *Ekonomické porovnání výroby strojní součásti na obráběcích strojích ve firmě Frentech Aerospace s.r.o.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 47 s., 5 příloh. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Ekonomické porovnání výroby strojní součásti na obráběcích strojích ve firmě Frentech Aerospace s.r.o. vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....
Lukáš Novák

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Josefu Sedlákov, Ph.D a Ing. Martinu Závodníkovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Poděkování patří také mé rodině, která mi umožnila studium na vysoké škole a po celý tento čas studia mě podporovala v jeho dokončení.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod.....	8
1 Historie obrábění.....	9
2 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY.....	11
2.1 Frentech Aerospace s.r.o. [5].....	11
2.2 Zadaná součást.....	12
2.3 První způsob výroby s využitím stroje Integrex IGX200Y.....	14
2.4 Druhý způsob výroby s využitím strojů SQT 10M a FJV 20.....	15
3 INOVACE VÝROBY STROJNÍHO DÍLU.....	20
3.1 Výběr vhodného stroje.....	20
3.2 Soustruh QUICK TURN NEXUS 200MS II s protivřetenem [13].....	21
4 CHARAKTERISTIKA A REALIZACE VÝROBY NA OBRÁBĚCÍCH STROJÍCH.....	23
4.1 Volba nástrojů.....	23
Osazení pozic nástroji – první vřetenem.....	23
Osazení pozic nástroji - druhé vřetenem.....	28
Osazení pozic nástroji – zadání do řídicího systému stroje.....	28
Čelisti.....	29
4.2 Vypracování programu v řídicím systému MAZATROL Matrix.....	30
Popis programu.....	30
Uspořádání obráběcích operací.....	37
4.3 Postup výroby v těchto krocích.....	38
5 Technicko-ekonomické zhodnocení.....	39
5.1 Časy přípravy a obrábění na jednotlivých pracovištích.....	39
5.2 Ekonomické vyhodnocení.....	40
První způsob výroby.....	41
Druhý způsob výroby.....	41
Třetí způsob výroby.....	42
Porovnání cen výroby.....	42
5.3 Technické vyhodnocení.....	43
Závěr.....	44
Seznam použitých zdrojů.....	45
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	47
Seznam příloh.....	48

ÚVOD

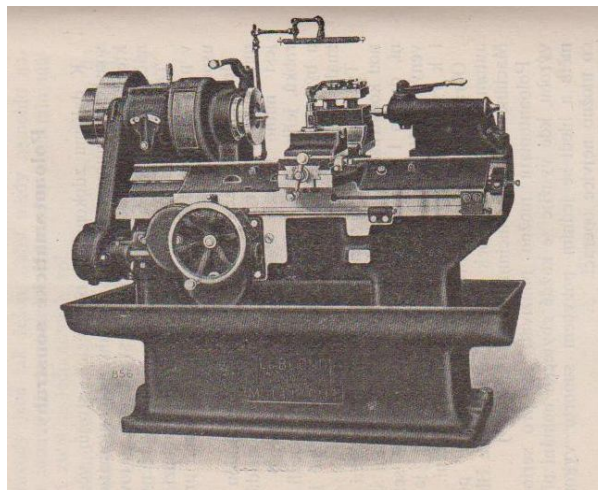
Bakalářská práce se zabývá porovnáváním různých způsobů malosériové výroby dané součástky a jejich ekonomickým posouzením. Cílem je vyhodnotit tyto způsoby a určit, který z nich je finančně nejvýhodnější. Dva z postupů jsou realizované ve firmě Frentech Aerospace s.r.o. Třetí postup bude navržen tak, aby se snížilo množství potřebných výrobních strojů, a díky tomu se snížily náklady na výrobu součásti s tím spojené. V ideálním případě by se všechny obráběcí operace kromě broušení měly provést na jediném stroji. Broušení bude zachováno pro dodržení stejné jakosti povrchu jako v případě existujících způsobů výroby. Při vyhodnocování budou předpokládány stejné životnosti použitých nástrojů, a tedy nebudou uvažovány náklady spojené s výměnou nástrojů. Budou vybírány stroje Mazak z nabídky obchodního zástupce pro Českou republiku, firmy Misan s.r.o. V současnosti je nabídka strojů natolik široká, že většina součástí lze vyrobit zároveň několika způsoby.

1 HISTORIE OBRÁBĚNÍ

V dnešní době se lidstvo bez obrábění nedokáže obejít. Ve výrobním cyklu každého předmětu byly využity obráběcí stroje a technologie. Obrábění je spojeno s lidstvem od počátku jeho existence. Prvními obrobky byly různé kosti, kusy dřeva nebo kameny obroušené o tvrdší materiály manuálně bez použití jiných nástrojů. První obráběcí stroje sloužily k obrábění dřeva – smyčcové soustruhy. Ty svou konstrukcí připomínaly luky. Obrobek byl upevněný mezi dva pevné hroty a roztáčení bylo zprostředkováno těživou obtočenou kolem obrobku. Doba vzniku těchto soustruhů se odhaduje na 1. stol. před naším letopočtem. Podobná konstrukce se vyžívala až do období vrcholného středověku, kdy došlo ke zdokonalení celého systému. Roztáčení obrobku bylo zprostředkováno šlapadlem tak, aby měl pracovník obě ruce volné. Od 14. století bylo využito kinetické energie vody jako hnací síly. Tou již nebyl poháněn samotný obrobek, ale upínací mechanismus obrobku. Později vznikly i další pohony s využitím kladkového mechanismu nebo setrvačnicku. Ve stejné době se poprvé na stroji objevil suport. [1] Od 17. století bylo možné obrábět soustruhem podle šablony a na začátku 18. století byl již znám soustruh pro řezání závitů. Stále však měly soustruhy dřevěnou konstrukci. Od konce 18. století vznikaly soustruhy s ocelovou konstrukcí umožňující přesnější vedení. Díky tomu došlo ke zpřesnění výroby závitů a odebrání většího množství materiálu na jeden záběr. V průběhu 19. století byl vývoj obráběcích strojů nevyhnutelný vzhledem ke zvyšujícím se požadavkům na přesnost součástí a také na jejich množství v období průmyslové revoluce. Proto v průběhu 19. století byla vyvinuta další vylepšení konstrukce zvyšující tuhost systému, přesnost strojů a jejich výkon. Asi nejdůležitější inovace bylo připojení parního stroje na pohon vřetene. Po objevení a rozvoji využití elektrické energie se i obráběcí stroje začaly pohánět elektrickými motory. Poloautomatický soustruh z počátku 20. století je znázorněn na **Obr. 1.1**. Dále v této době vznikly i první stroje, které měly automatizované cykly s využitím vačkových mechanismů (tyto mechanismy se později začaly označovat jako mechanické počítače). První světová válka a druhá světová válka se staly novou hnací silou pro vývoj obráběcích strojů. Armády požadovaly obrovské množství zbraní. Proto v období světových válek došlo k velkému posunu v automatizaci výroby. Bylo vyvinuto několik systémů pro ovládání strojů. Např. společnost GM (General Motors) vyvinula hydraulický mechanismus pro řízení procesu obrábění. Mechanismus opakoval pohyby, které ho „naučila“ obsluha stroje výrobou prvního kusu. [2] Kvůli požadavkům leteckého průmyslu na složitost a přesnost výroby se začaly vyvíjet nové automatizované stroje, které by výrobu takových součástí umožnily. Jako vzor konstruktérům při vývoji posloužilo ovládání děl na bojových lodích za 2. světové války, které využívalo nelineárního řízení. Pro dosažení požadované přesnosti bylo nutné zavést i zpětnou vazbu. Bez ní nebylo možné kontrolovat pohyb nástroje. Při obrábění proto docházelo k deformacím tvaru podle odporu při obrábění polotovaru v jednotlivých směrech. První obráběcí stroj, který byl řízen pomocí 7stopých děrovacích pásků byl patentován v roce 1952 společností MIT. Tento stroj byl ale natolik složitý, náročný na pracovní prostředí a nákladný, že nemohl být nasazen do sériové výroby. Ve stejné době (v roce 1955) konkurenční společnost Concord Controls uvedla svůj NC stroj využívající magnetickou pásku namísto

děrovacího pásu. V roce 1968 již existovalo 25 programovacích jazyků. [3] Proto bylo nutné vytvořit standardizovaný program. Další impuls pro vývoj se dotavil s příchodem tranzistorových nízkonákladových počítačů. Ty umožnili zpracovávat větší množství dat a rychleji připravovat programy.

Od 80. let minulého století dominují světovému trhu s CNC obráběcími stroji japonské společnosti. V dnešní době jsou informace zpracovávány několika procesory připojenými ke stroji. Data jsou přenášena pomocí přenosných paměťových zařízení (flash disků, atd.) nebo pomocí síťového propojení s centrálním počítačem. Samotné řízení stroje již nemusí probíhat přímo, ale pomocí vzdálené plochy z jiného počítače. Stav stroje pak může být přeposílán operátorovi na mobilní telefon formou SMS zprávy.



Obr. 1.1 Poloautomatický soustruh. [4]

2 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

2.1 Frentech Aerospace s.r.o. [5]

Společnost Frentech Aerospace s.r.o. byla založena v roce 1994 pod názvem Frenken s.r.o. V brněnské průmyslové zóně byla vybudována nová výrobní hala krátce po založení společnosti (**Obr. 2.1**). Firma se již od počátku zaměřila na výrobu přesných strojních součástí pro letecký, kosmický a další průmysl i zdravotnictví. V roce 2008 proběhla modernizace a přestavba výrobních (plocha asi 2400m²), skladovacích (o výměře 400m²) a administrativních prostor. Frentech se věnuje malosériové a kusové výrobě přesných strojních součástí na CNC obráběcích strojích. V dnešní době zajišťuje 68% obrátu společnosti výroba pro letecký průmysl. Další oblastí, kde může společnost uplatnit bohaté zkušenosti z výroby přesných strojních součástí, je účast v projektech ESA (*European Space Agency*) a ESO (*European Organization for Astronomical Research in the Southern Hemisphere*). Výroba je zajištěna jak pro zákazníky z České republiky, tak pro zahraniční trh. A to zejména pro Evropskou Unii, ale i pro USA. Proto je Frentech držitelem certifikátů ISO 9001, AS 9100 a také QSF-A, jakožto dodavatel součástí pro německý letecký průmysl.

Pro přípravu a programování výroby je firma vybavena programy Solidworks (3D modelovací CAD software) a Camware (CAM software, výrobce Mazak). Obrábění probíhá na moderních CNC strojích od výrobců Mazak, Fehlmann, Star a Tajmac. Nejnovějšími stroji, které přibyly v portfoliu společnosti jsou 5-osá svislá obráběcí centra Mazak VARIAXIS 5X-II a Fehlmann PICOMAX 95. Dále je k dispozici WIG mikrosvařovací zařízení pro svařování nerez ocelí v atmosféře nebo ve vakuu. Přesnost strojních součástí je měřena na moderních měřicích přístrojích v klimatizované místnosti. Ke kontrole jednotlivých součástí, ale i celých sestav se používají i dvě 3D CNC měřicí zařízení.

Společnost by v nejbližších letech chtěla vybudovat novou bezprašnou, klimatizovanou místnost určenou pro skládání sestav z přesných dílů.



Obr. 2.1 Nový objekt společnosti Frentech Aerospace s.r.o.

2.2 Zadaná součást

Zadaná součást je rotačního charakteru poměrně jednoduchého tvaru s množstvím vrtaných a frézovaných otvorů (**Obr. 2.2**). Velkým problémem při výrobě je dodržení rozměrových tolerancí, geometrických tolerancí a do jisté míry i drsnosti povrchu. Rozměrové tolerance funkčních ploch patří do tolerančních stupňů IT7 a IT6. Z geometrických tolerancí jsou na součásti předepsány přesnější parametry rovinnosti jednoho z čel, rovnoběžnosti, souososti vnitřních a vnějších průměrů a polohy děr neležících na ose rotace součásti. Drsnost povrchu je předepsána s využitím parametru Rz. Hodnota Rz určuje největší výšku profilu (součet výšky nejvyššího výstupku a nejhlubší prohlubně) [6]. Výkres součásti je uveden v příloze číslo 1. Součást najde své uplatnění v přípravku pro výrobu automobilových dílů.



Obr. 2.2 Zadaná součástka.

Materiál součásti

Na výkrese je předepsán materiál 1.7147 (20MnCr5) dle EN 10084. Jedná se o konstrukční nízkolegovanou ušlechtilou mangan-chromovou ocel vhodnou k cementování a kalení. Předepsané chemické složení je patrné z tabulky (**Tab. 2.1**).

Tab. 2.1 Předepsané chemické složení oceli 20MnCr5. [7]

Předepsané chemické složení oceli 20MnCr5 [%]						
C	Mn	Si	Cr	P	S	Al
0,17	1,10	0,15	1,00	max.	max.	min.
0,22	1,40	0,35	1,30	0,035	0,035	0,020

Po dohodě se zadavatelem je pro výrobu použit materiál ČSN 14220 (ekvivalent dle normy EN 10084 je 16MnCr5). Chemické složení oceli je patrné z tabulky - **Tab. 2.2**.

Tab. 2.2 Předepsané chemické složení oceli ČSN 14220. [8]

Předepsané chemické složení oceli ČSN 14220 [%]					
C	Mn	Si	Cr	P	S
0,14	1,10	0,17	0,80	max.	max.
0,19	1,40	0,37	1,10	0,035	0,035

Jedná se o nízkolegovanou ocel vhodnou k cementování. Ocel je dodávána tepelně nezpracovaná nebo vyžíhaná na měkko. Je dobře obrobitelná. Používá se pro výrobu menších hřídelí, ozubených kol, vačkových hřídelí, apod. [9] Přehled základních mechanických vlastností oceli po kalení jsou patrné z tabulky (**Tab. 2.3**).

Tab. 2.3 Mechanické vlastnosti oceli ČSN 14220.4. [9]

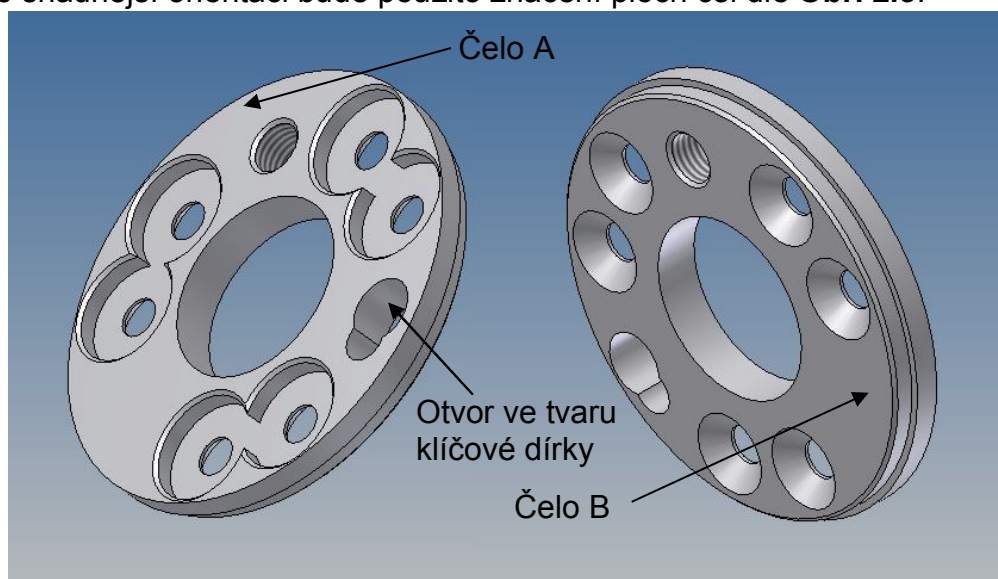
Rm (MPa)	Re _{min} (MPa)	tvrdost HB
Min. 785	590	min. 239

Chemicko-tepelné zpracování

Dále je na výkrese předepsána požadovaná tvrdost 53HRC až 57HRC do hloubky 0,2 (+0,1). Tvrdosti se dosáhne plazmovou nitridací. Při tomto chemicko-tepelném zpracování dochází k velmi malým rozměrovým změnám a změně drsnosti povrchu. Proto je možné součástku obrobit na hotovo a poté nitridovat.

Označení čel obrobku

Pro snadnější orientaci bude použito značení ploch čel dle **Obr. 2.3**.

**Obr. 2.3** Označení čel součásti.

2.3 První způsob výroby s využitím stroje Integrex IGX200Y

Postup byl navržen tak, aby se součástka obrobila na CNC multifunkčním obráběcím centru INTEGREGX 200Y. Zarovnání čela po upíchnutí se provede na CNC soustruhu. Na ručním pracovišti se srazí hrany a zahlubí otvory na čele B. Poté se součást brousí a nitriduje.

Multifunkční obráběcí centrum MAZAK INTEGREGX 200Y [10]

V nabídce multifunkčních obráběcích center je zařazen svými rozměry do středu nabídky. Stroj je vybaven automatickou výměnou nástrojů a zásobníkem na nástroje. Vysoká přesnost osy C a osy Y umožňuje obrábění nejnáročnějších obrobků. Vysoká tuhost konstrukce umožňuje produktivně obrábět těžko obrobitelné materiály jako nerezové oceli. Stroj je vybaven řídicím systémem Mazatrol umožňujícím využít dialogové programování. Stroj může být vybaven i druhým vřetenem. Společnost Frentech Aerospace s.r.o. má k dispozici jednovřetenovou verzi stroje. Nejdůležitější parametry stroje jsou uvedeny v tabulce **Tab. 2.4**. Stroj je zobrazen na obrázku **Obr. 2.4**.

Tab. 2.4 Parametry obráběcího centra INTEGREGX 200Y. [10]

Obráběcí centrum INTEGREGX 200Y	
Parametry stroje	Hodnota
Maximální Φ součásti	540 mm
Maximální Φ průchozí tyče	51 mm
Délka	3485 mm
Šířka	2105 mm
Výška	2416 mm
Příkon	32,7 kW
Potřebná plocha	7,34 m ²
Hmotnost stroje	6800 kg
Hlavní vřeteno	
Maximální otáčky vřetene	5000 ot.min ⁻¹
Výkon	22 kW
Maximální hmotnost obrobku	25 kg
Nástrojová hlava	
Max. otáčky hnaného nástroje	10000 ot.min ⁻¹
Výkon	7,5 kW
Maximální otáčky vřetene	12000 ot.min ⁻¹
Rychlost posuvu – osy X/Y/Z	30/15/33 m.min ⁻¹
Zásobník nástrojů	
Počet nástrojových míst	20
Výměna nástroje	1,2 s
Maximální hmotnost nástroje	4 kg



Obr. 2.4 INTEGREGX 200Y.

Postup výroby v těchto krocích

- řezání materiálu na délku 120 mm (pro 8 kusů),
- obrobení na multifunkčním centru Integrex 100-IV (čelo A, všechny otvory, vnější kontura a středový otvor) – na jedno upnutí obrobena 8 kusů,
- zarovnání čela po upíchnutí,
- odjehlení po upíchnutí, sražení hran a zahloubení 6 otvorů na čele B
- broušení,
- nitridace,
- kontrola součásti měřením.

Detailní výrobní postup je uveden v příloze číslo 2.

2.4 Druhý způsob výroby s využitím strojů SQT 10M a FJV 20

Tento způsob výroby byl vytvořen z kapacitních důvodů. Pro výrobu součásti vhodnější stroj byl příliš vytížen a výroba na něm nemohla probíhat. Proto se přešlo na nový postup s využitím CNC soustruhu s poháněnými nástroji a svislé CNC frézky. Následuje dokončení na ručním pracovišti. Poté opět následuje broušení a nitridace.

Soustruh MAZAK SQT 10 (SUPER QUICK TURN 10M) [11]

Jedná se o jeden z nejmenších CNC soustruhů s pohonem nástrojů v nabídce Mazak. Pro umístění nástroje je na revolverové hlavě k dispozici 12 pozic. Do všech pozic je možné upnout poháněné nástroje s přívodem chladicí kapaliny do místa řezu. Součástí stroje je tzv. nástrojové oko sloužící k odměřování polohy

nástrojů. Tento model je dále vybaven dopravníkem třísek z pracovního prostoru do vhodného kontejneru. Soustruh je vybaven řídicím systémem Mazatrol starší verze, která ještě nevyužívá operačního systému Windows XP pro svůj chod. Jeho předností je již zmíněný pohon nástrojů a vysoká tuhost konstrukce. Nevýhodou naopak může být malý výkon pohonu nástrojů. Ke stroji je dále připojen odsavač škodlivin z pracovního prostoru. Nejdůležitější parametry tohoto stroje jsou uvedeny v tabulce **Tab. 2.3**. Stroj je zobrazen na obrázku **Obr. 2.5**.



Obr. 2.5 Soustruh SQT 10.

Tab. 2.3 Parametry soustruhu SQT 10M. [11]

Soustruh SQT 10M	
Parametry stroje	Hodnota
Velikost sklíčidla	6 "
Maximální Φ součásti	435 mm
Maximální Φ průchozí tyče	52 mm
Délka	2475 mm
Šířka	1465 mm
Výška	1892 mm
Příkon	21 kW
Potřebná plocha	3,63 m ²
Hmotnost stroje	3500 kg
Vřeteno	
Maximální otáčky vřetene	5000 ot.min ⁻¹
Výkon	7,5 KW
Maximální kroutící moment	96,1 N.m
Maximální hmotnost obrobku	25 kg
Revolverová hlava	
Počet nástrojových míst	12
Výměna nástroje – 1 poloha	0,4 s
Max. otáčky hnaného nástroje	3000 ot.min ⁻¹
Výkon trvalý/10 min	2,2/2,9 kW
Maximální kroutící moment	20,6 N.m
Rychlost posuvu – osy X/Z	30/30 m.min ⁻¹
Rychlost posuvu – osa C	400 ot.min ⁻¹

Vertikální frézka MAZAK FJV 20 [12]

Frézka FJV 20 byla pořízena do společnosti Frentech v roce 1998. Stroj byl prezentován jako CNC obráběcí centrum, které umožní připravit výrobní programy i začátečníkům bez zkušeností v oboru s využitím technologického procesoru. Frézka je vybavena řídicím systémem MAZATROL. Vybavením stroje je i měřicí zařízení automaticky kontrolující délky nástrojů. Ve spojení s dialogovým programováním v řídicím systému MAZATROL je příprava programů velice efektivní. Předností stroje je vysoká tuhost konstrukce a zásobník nástrojů až na 21 nástrojů. Frézka je podobně jako soustruh vybavena odsavačem škodlivin z pracovního prostoru. Nejdůležitější parametry tohoto stroje jsou uvedeny v tabulce **Tab. 2.4**. Stroj je ukázán na obrázku **Obr. 2.6**.



Obr. 2.6 Frézka FJV 20.

Tab. 2.4 Parametry frézky FJV 20. [12]

Frézka FJV 20	
Parametry stroje	Hodnota
Upínací stůl – délka	800 mm
Upínací stůl – šířka	460 mm
Prostor mezi vřetenem a stolem	max. 560 mm
Maximální zatížení stolu	350 kg
Délka	2110
Šířka	2140
Výška	2678 mm
Příkon trvalý/30 min	32,7/27 kW
Potřebná plocha	4,52 m ²
Hmotnost stroje	4100 kg
Vřeteno	
Maximální otáčky vřetene	12000 ot.min ⁻¹
Výkon 10 min/30 min/trvalý	22/15/11 kW
Zásobník nástrojů	
Počet nástrojových míst	21
Výměna nástroje	5,5 s
Maximální hmotnost nástroje	8 kg

Postup výroby v těchto krocích

- řezání materiálu na délku 120 mm (pro 8 kusů),
- obrobení čela B a vrtání 6 otvorů, vnější kontury a středového otvoru na soustruhu SQT 10M (na vnitřním otvoru jsou ponechány přídavky pro obrábění na frézce, není obroben otvor ve tvaru klíčové díry, místo závitové díry je vyvrtán otvor $\Phi 7$ mm pro vymezovací kolík) – na jedno upnutí obrobeno 8 kusů,

- zarovnání čela po upíchnutí,
- broušení součásti,
- obrobení čela A, dokončení středového otvoru, výroba otvoru ve tvaru klíčové díry na frézce FJV 20 (sklíčidlo s vymežovacím kolíkem je znázorněno na obrázku **Obr. 2.7**),
- řezání závitu zámečnickem,
- nitridace,
- kontrola součásti měřením.



Obr. 2.7 Upnutí obrobku v pracovním prostoru frézky.

Detailní výrobní postup je uveden v příloze číslo 3.

3 INOVACE VÝROBY STROJNÍHO DÍLU

3.1 Výběr vhodného stroje

Z geometrie součástky je zřejmé, že pro výrobu budou nejvhodnější volbou soustružnická centra s poháněnými nástroji nebo multifunkční obráběcího centra. Využitím strojů s protivřetenem se minimalizuje meziskladování a přenášení součásti mezi stroji a zvýší se efektivita výroby. Důležitým parametrem voleného stroje je možnost frézování minimálně na jednom vřetení a při využití dvouvřetenového stroje pohon nástrojů na druhém vřetení. Důležitým kritériem jsou rozměry součásti a voleného polotovaru. V tomto případě je vnější průměr součásti 62 mm. Součást je obráběna z tyčového polotovaru o průměru 65 mm.

S využitím výše zmíněných kritérií byl proveden výběr stroje z katalogu obráběcích strojů Mazak nabízených českým distributorem a servisním střediskem - firmy Misan s.r.o. Výběr vhodného stroje je znázorněn na obrázku **Obr. 3.1**.



Obr. 3.1 Výběr obráběcího stroje.

Porovnáním rozměrů součásti a polotovaru s parametry jednotlivých strojů se výběr zúžil na 2 možnosti – INTEGREGEX 200-IVS-1000 (na obrázku **Obr. 3.2**) a QUICK TURN NEXUS 200MS II (na obrázku **Obr. 3.3**). Ostatní stroje byly vyřazeny, protože jejich parametry byly nedostatečné nebo přebytečné v porovnání se zadanými požadavky. Z toho důvodu se ve výběru nevyskytuje např. soustruh se dvěma vřeteny a dvěma revolverovými hlavami. Konečné rozhodnutí bylo provedeno až po detailnějším porovnání parametrů a možností obou strojů.

Integrex je stroj určený pro obrábění rozměrných a složitých součástí (maximální hmotnost polotovaru 300kg) [13]. Díky vysoké tuhosti konstrukce je vhodný pro obrábění hůře obrobitelných materiálů a materiálů s vyšší tvrdostí (např. nerezové oceli, nástrojové oceli, atd.). Jeho nevýhodou je ale poměrně dlouhá výměna nástroje v porovnání s revolverovými soustruhy, která při obrábění takto malé součásti a použití několika různých nástrojů má významnou roli. Výraznou nevýhodou je vysoká pořizovací cena stroje.



Obr. 3.2 INTEGREX 200-IVS-1000. [13]

Soustruh QTN je určen pro obrábění rotačních součástí menších rozměrů. Technolog je omezen 12 pozicemi na nástroje na každé straně revolverové hlavy. Tomu odpovídá i složitost součástí. Výměna nástrojů je ale v porovnání s Integrexem rychlejší. Konstrukce soustruhu nedosahuje takové tuhosti jako konstrukce Integrexu. Materiál ČSN 14220 je ale dobře obrobitelný, proto nižší tuhost konstrukce při výběru nemá vliv. Silným argumentem pro výběr soustruhu je i jeho pořizovací cena.



Obr. 3.3 QUICK TURN NEXUS 200MS II. [13]

Pro výrobu součásti byl zvolen dvouřetenový soustruh QUICK TURN NEXUS 200MS II s poháněnými nástroji. V následujícím odstavci jsou popsány schopnosti tohoto stroje.

3.2 Soustruh QUICK TURN NEXUS 200MS II s protivřetenem [13]

Společnost Misan s.r.o. dodává na trh tři soustruhy s poháněnými nástroji a protivřetenem. Tento model rozměrově patří do středu nabídky. Svojí koncepcí se nejlépe využije při výrobě středně velkých až velkých sérií nebo při výrobě

malých až středních sérií s vysokými požadavky na rychlost dodávky. Díky své konstrukci umožňuje obrobít součást z obou stran. Hlavní vřeteno je poháněno silným motorem o výkonu 26 kW. Pohon vedlejšího vřetene poskytne výkon 11 kW. Poháněné nástroje mohou využít až 5,5 kW výkonu. Použití stroje je dáno 12 pozicemi pro poháněné nástroje na jedné i druhé straně revolverové hlavy.

V základní verzi je stroj vybaven plynulým řízením osy C hlavního vřetene. Na druhém vřetení je umožněno pouze pozicování osy C. Nutno poznamenat, že cena oboustranného držáku pro poháněné nástroje je vysoká. Vždy je proto nutné velmi dobře zvážit využití nástrojů a jejich umístění na revolverové hlavě. Nejdůležitější parametry stroje jsou shrnuty v tabulce **Tab. 3.1**.

Tab. 3.1 Parametry soustruhu QTN 200-MS-II. [13]

Soustruh QTN 200-MS-II	
Parametry stroje	Hodnota
Velikost sklíčidla	8 "
Maximální Φ součásti	380 mm
Maximální Φ průchozí tyče	65 mm
Délka	2800 mm
Šířka	1860 mm
Výška	1860 mm
Příkon	41,6 kW
Potřebná plocha	5,21 m ²
Hmotnost stroje	5300 kg
Hlavní vřeteno	
Maximální otáčky vřetene	5000 ot.min ⁻¹
Výkon	26 kW
Maximální krouticí moment	465 N.m
Maximální hmotnost obrobku	300 kg
Vedlejší vřeteno	
Maximální otáčky vřetene	6000 ot.min ⁻¹
Výkon	11 kW
Maximální krouticí moment	90 N.m
Maximální hmotnost obrobku	150 kg
Revolverová hlava	
Počet nástrojových míst	12
Výměna nástroje – 1 poloha	0,2 s
Max. otáčky hnaného nástroje	4500 ot.min ⁻¹
Výkon	5,5 kW
Maximální krouticí moment	35 N.m
Rychlost posuvu – osy X/Z	30/33 m.min ⁻¹
Rychlost posuvu -osa W	30 m.min ⁻¹
Osa C	555 ot.min ⁻¹

4 CHARAKTERISTIKA A REALIZACE VÝROBY NA OBRÁBĚCÍCH STROJÍCH

4.1 Volba nástrojů

Vzhledem k tomu, že na každé straně revolverové hlavy je pouze 12 nástrojových pozic, musela volba nástrojů probíhat uváženě. Dodržení předepsaných geometrických tolerancí vyžadovalo obrobení všech otvorů najednou na jednom vřetení. Při výběru nástrojů byla snaha použít podobné řezné nástroje, jako v postupech vypracovaných firmou Frentech Aerospace s.r.o.

Osazení pozic nástroji – první vřetenno



1. Vnější soustružnický nůž hrubovací – volen z katalogu firmy PRAMET

- Držák nástroje: **PWLN R 2525 M 08** – dle **Obr. 3.4**

ISO	P/L	Rozměry / Rozmery [mm]								kg	ND	VBD VRD		
		h=h ₁	b	f	l ₁	l _{max}			λ _s °				γ°	
PWLN R/L 1616 H 0604	●/●	16	16	20	100	20				-6	-6	0,22	PW11	WNM. 0604..E
PWLN R/L 2020 K 0604	●/●	20	20	25	125	20				-6	-6	0,40	PW10	WNM. 0604..E
PWLN R/L 2020 K 08	●/●	20	20	25	125	22				-6	-6	0,40	PW22	WNM. 0804..E
*PWLN R/L 2525 K 0604-S	●/-	25	25	32	125	22				-6	-6	0,70	PW10	WNM. 0604..E
PWLN R/L 2525 M 08	●/●	25	25	32	150	22				-6	-6	0,70	PW20	WNM. 0804..E
*PWLN R/L 2525 K 08-S	●/-	25	25	32	125	22				-6	-6	0,70	PW20	WNM. 0804..E
PWLN R/L 3225 P 08	●/●	32	25	32	170	22				-6	-6	1,00	PW20	WNM. 0804..E
*PWLN R/L 3225 L 08-S	●/-	32	25	32	140	22				-6	-6	1,00	PW20	WNM. 0804..E

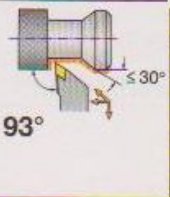
Obr. 3.4 Držák nástroje – 1. pozice první vřetenno. [14]

- Řezná destička: **WNMG 080404E-F 6615** – dle **Obr. 3.5**

Utvařec Utvařec	ISO	ANSI	Materiály / Materiály								Rádus Rádus	Posuv na ot. Posuv na ot.		Hloubka řezu Hloubka řezu			
			6605	6615	6630	6640	9210	9230	9235	8016		8030	r _z	f _{min}	f _{max}	a _{pmin}	a _{pmax}
	WNMG 06T308E-DM	WNMG 3(2.5)2E-DM							●			0,8	0,15	0,60	1,0	4,2	
	WNMG 080408E-DM	WNMG 432E-DM							●	●		0,8	0,15	0,60	1,0	5,6	
	WNMG 060404E-F	WNMG 331E-F		○					●		○	●	0,4	0,08	0,30	0,5	3,0
	WNMG 080404E-F	WNMG 431E-F		●	○				●	●	●	0,4	0,08	0,30	0,5	3,0	
	WNMG 080408E-F	WNMG 432E-F		●	○				●	●	●	0,8	0,08	0,35	0,8	3,0	


Obr. 3.5 Řezná destička – 1. pozice první vřetenno. [14]

- Hodnota řezné rychlosti udaná výrobcem $v_c = 275 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
2. Vnější soustružnický nůž dokončovací – volen z katalogu firmy SANDVIK
- Držák nástroje: **SDJCR 2525 M11** – dle **Obr. 3.6**

Insert	Ordering code	Dimensions, mm								
		a_r	h	h_1	b	l_1	l_3	f_1	$r_s^{(1)}$	
	07	SDJCR/L 1010E07	-	10	10	10	70	17	12	0.4
		1212F07	-	12	12	12	80	19	16	0.4
		1616H07	-	16	16	16	100	19	20	0.4
		2020K07	-	20	20	20	125	22	25	0.4
11	SDJCR/L 1616H11	-	16	16	16	100	24	20	0.8	
	2020K11	-	20	20	20	125	24	25	0.8	
	2525M11	-	25	25	25	150	28	32	0.8	

Obr. 3.6 Držák nástroje – 2. pozice první vřeteno. [15]

- Řezná destička: **DCMT11T302-PF GC4225** – dle **Obr. 3.7**

CUTTING CODE				CUTTING DATA, CMC 02.1 / HB 180							
Single sided	r_s	CT5015 ⁽¹⁾	GC1525 ⁽¹⁾	GC4015	GC4015	GC4225	Cutting speed v_c (m/min)				
							CT5015	GC1525	GC4015	GC4225	
		Cutting depth		Feed							
		a_p mm		f_s mm/r							
	DCMT 07 02 02-PF	★					0.26 (0.06-1.5)	0.06 (0.03-0.11)	460		480
	07 02 04-PF	☆		★			0.26 (0.08-1.5)	0.08 (0.05-0.17)	425		470
	11 T3 02-PF	★				☆	0.35 (0.08-2)	0.08 (0.04-0.15)	425		470
	11 T3 04-PF	☆		★		☆	0.35 (0.11-2)	0.11 (0.06-0.23)	390	520	450
	11 T3 08-PF	☆		★		☆	0.35 (0.15-2)	0.15 (0.08-0.3)	350	490	425

Obr. 3.7 Řezná destička – 2. pozice hlavní vřeteno. [15]

3. Vnitřní soustružnický nůž hrubovací – volen z katalogu firmy ISCAR

- Držák nástroje: **A16M PWLNR-06** – dle **Obr. 3.8**

Designation	d	l1	l2	h	h1	f	D	Ga°	Gr°	Coolant	R/L
A16M PWLNL-06	16.00	150.00	27.0	15.0	8.0	11.0	20.00	-6	-14	Y	L
A16M PWLNR-06	16.00	150.00	27.0	15.0	8.0	11.0	20.00	-6	-14	Y	R
S16Q PWLNL-06	16.00	180.00	27.0	15.0	8.0	11.0	20.00	-6	-14	-	L
S16Q PWLNR-06	16.00	180.00	27.0	15.0	8.0	11.0	20.00	-6	-14	-	R

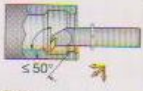
Obr. 3.8 Držák nástroje – 3. pozice první vřeteno. [16]

- Řezná destička: **WNMG 060408-TF IC9025** – dle **Obr. 3.9**

Designation	l	d _i	S	r	ft(min)	ft(max)	ap(min)	ap(max)
WNMG 060408-TF	6.52	9.52	4.76	0.80	0.12	0.35	1.00	3.00


Obr. 3.9 Řezná destička – 3. pozice první vřeteno. [16]

- Hodnota řezné rychlosti udaná výrobcem $v_c = 180 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ až $300 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$
4. Vnitřní soustružnický nůž dokončovací – volen z katalogu firmy SANDVIK
- Držák nástroje: **A16R-SVUBR 11-EB1** – dle **Obr. 3.10**

Insert	Ordering code	Dimensions, mm							Nm	
		$d_{m\text{ min}}$	$D_{m\text{ min}}$	f_1	h	l_1	l_3	$r_c^{1)}$		
 11 V 16	Cylindrical steel bar with flats									
	A16R -SVUBR/L 11-EB1	16	22	13	15	200	-	0.4	7P	0.9
	A20S -SVUBR/L 11-EB1	20	27	15	18	250	-	0.4		
	A25T -SVUBR/L 11-DB1	25	33	18	23	300	-	0.4	7P	0.9
	A25T -SVUBR/L 16-D	25	33	18	23	300		0.8		
A32T -SVUBR/L 16	32	40	22	30	300		0.8			

Obr. 3.10 Držák nástroje – 4. pozice první vřeteno. [15]

- Řezná destička: **VBMT 11 03 04-PF GC4015** – dle **Obr. 3.11**

CODE	 r_c	CUTTING DATA, CMC 02.1 / HB 180					
		CT5015 ¹⁾	GC1525 ¹⁾	GC4015	GC4225		
		Cutting depth		Feed		Cutting speed v_c (m/min)	
		a_p mm	f_n mm/r	CT5015	GC1525	GC4015	GC4225
VBMT 11 03 02-PF	★		0.3 (0.06-1.7)	0.06 (0.03-0.13)	460		480
11 03 04-PF	☆	★	0.3 (0.1-1.7)	0.1 (0.05-0.19)	400		460
11 03 08-PF	☆	★	0.3 (0.13-1.7)	0.13 (0.07-0.26)	370		440
11 03 12-PF		★	0.3 (0.3-1.7)	0.15 (0.08-0.31)			490

Obr. 3.11 Řezná destička – 4. pozice první vřeteno. [15]

5. Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami D24 - volen z katalogu firmy SANDVIK

- Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami – tělo: **880-D2400L25-02** – dle **Obr. 3.12**

Průměr vrtáku		Rozměry, mm							Radiální seřízení	
D_c mm	Objednací kód	$d_{m\text{ min}}$	l_{15}	l_2	l_{25}	l_4	Δ	Δ	D_c Max	
24	880-D2400L25-02	25	71	127	52	48	0.4	1.10	26.2	
25	880-D2500L25-02	25	74	130	54	50	0.4	1.00	27.0	
26	880-D2600L32-02	32	77	137	56	52	0.5	0.90	27.8	
27	880-D2700L32-02	32	79	139	58	54	0.5	0.70	28.4	
28	880-D2800L32-02	32	82	142	60	56	0.6	0.60	29.2	
29	880-D2900L32-02	32	84	144	62	58	0.6	0.50	30.0	

Obr. 3.12 Tělo vrtáku D24 – 5. pozice první vřeteno. [15]

- Řezné destičky - Obvodová VBD: **880-05 03 05H-C-GR GC1044** – dle **Obr. 3.13**
- Středová VBD: **880-05 03 W08H-P-GR GC4024** – dle **Obr. 3.13**

□	Objednací kód	Položka VBD	P		M			K			N		S		H		Rozměry, mm						
			GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	iC	s
05	880-05 03 05H-C-GR	☉	★																	8.4	3	0.5	3.2
	880-05 03 W08H-P-GR	☉		★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	8.9	3	0.8	3.2

Obr. 3.13 Řezné destičky pro vrták D24 – 5. pozice první vřeteno. [15]

- Hodnota řezné rychlosti udaná výrobcem $v_c = 150$ až 235 m.min^{-1} a posuv $f = 0,08$ až $0,30 \text{ mm.ot}^{-1}$

6. Upichovací soustružnický nůž – volen z katalogu firmy SANDVIK

- Držák nástroje: **151.2-21-30** – dle **Obr. 3.14**
- Řezná destička: **N151.2-300-5E** GC1125 – dle **Obr. 3.14**

max. planžety ¹⁾	Velikost lůžka ²⁾	Objednací kód	Rozměry, mm			Měrné břitavé destičky	Nm ³⁾
			h	h_1	l_1		
35	20	151.2-21-20	25.9	21.4	110	N151.2-200-5E	
35	25	151.2-21-25	25.9	21.4	110	N151.2-250-5E	
60		151.2-25-25	31.9	25	150	N151.2-250-5E	
35	30	151.2-21-30	25.9	21.4	110	N151.2-300-5E	
60		151.2-25-30	31.9	25	150	N151.2-300-5E	

Obr. 3.14 Upichovací nůž – 6. pozice první vřeteno. [15]

- Hodnota řezné rychlosti udaná výrobcem $v_c = 95$ až 205 m.min^{-1} a posuv $f = 0,05$ až $0,50 \text{ mm.ot}^{-1}$

7. Vrták D5,6 ze slinutého karbidu – volen z katalogu firmy SANDVIK

- Vrták s vnějším chlazením: **R840-0560-30-A0A** – dle **Obr. 3.15**

D_c mm	dm	Ordering code	Coromant GC1220 0 ¹⁾ 1 ²⁾	2 - 3 x D_c			4 - 5 x D_c			6 - 7 x D_c		
				l_2	l_4	l_6	l_2	l_4	l_6	l_2	l_4	l_6
5.56	6.0	0556-x0-AyA	– ★	66	19	28	82	35	44	93	42	50
5.60	6.0	R840-0560-x0-AyA	☆ ★	66	19	28	82	35	44	93	42	50
5.70	6.0	0570-x0-AyA	☆ ★	66	19	28	82	35	44	93	42	50

Obr. 3.15 Vrták D5,6 – 7. pozice první vřeteno. [15]

- Hodnota řezné rychlosti udaná výrobcem $v_c = 70$ až 120 m.min^{-1} a posuv $f = 0,1$ až $0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$

8. Vrták D7 ze slinutého karbidu – volen z katalogu firmy SANDVIK

- Vrták s vnějším chlazením: **R840-0700-30-A0A** – dle **Obr. 3.16**


D_c mm	d_{m1}	Ordering code	Coromant		2 - 3 x D_c			4 - 5 x D_c			6 - 7 x D_c		
			GC1220 0 ¹⁾ 1 ²⁾		l_2	l_4	l_6	l_2	l_4	l_6	l_2	l_4	l_6
6.90	8.0	0690-x0-AyA	☆	★	79	22	34	91	39	53	105	49	59
7.00	8.0	0700-x0-AyA	☆	★	79	22	34	91	40	53	105	49	59
7.10	8.0	0710-x0-AyA	☆	★	79	28	41	91	40	53	105	56	67

Obr. 3.16 Vrták D7,0 – 8. pozice první vřeteno. [15]

- Hodnota řezné rychlosti udaná výrobcem $v_c = 70$ až 120 m.min⁻¹ a posuv $f = 0,14$ až $0,30$ mm.ot⁻¹

9. Stopková fréza čelní válcová D6 hrubovací - volena z katalogu firmy Gühring

- Monolitní fréza ze slinutého karbidu s břitem přes střed: **3366** – dle Obr. 3.17

doporučené řezné parametry obj.číslo 3366		vytisknout data
průměr frézy: [mm]:	6	
počet břítů [z]::	4	
frézovaná hloubka a_p [mm]:	3	
frézovaná šířka a_e [mm]:	6,5	
řezná rychlost V_c [m/min]:	117 (+/- 15%)	
posuv f_z [mm/z]:	0,0306	
otáčky n [U/min]:	6207	
V_f [mm/min]:	760	

Obr. 3.17 Monolitní fréza – 9. pozice první vřeteno. [17]

10. Tvrdokovový odhrotovač – volen z katalogu firmy WNT

- Odhrotovač z TK povlakovaný: **52 151 120** – dle Obr. 3.18

$\varnothing d_{1h6}$ mm	K 10 F		Ti 1000		l_1 mm	d_{2h6} mm	V_c												
	Obj. č.	Kč	Obj. č.	Kč															
4,0*	515	040	694	040	50	4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Použití</th> <th>Ocel ≤ 850 N/mm²</th> <th>Ocel < 1100 N/mm²</th> <th>Ocel ≤ 1400 N/mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K 10 F</td> <td>60-110</td> <td>50-90</td> <td>40-100</td> </tr> <tr> <td>Ti 1000</td> <td>90-160</td> <td>80-140</td> <td>40-100</td> </tr> </tbody> </table>	Použití	Ocel ≤ 850 N/mm ²	Ocel < 1100 N/mm ²	Ocel ≤ 1400 N/mm ²	K 10 F	60-110	50-90	40-100	Ti 1000	90-160	80-140	40-100
Použití	Ocel ≤ 850 N/mm ²	Ocel < 1100 N/mm ²	Ocel ≤ 1400 N/mm ²																
K 10 F	60-110	50-90	40-100																
Ti 1000	90-160	80-140	40-100																
6,0	666	060	924	060	54	6													
8,0	790	080	1 131	080	59	8													
10,0	974	100	1 378	100	60	10													
12,0	1 372	120	1 873	120	70	12													

Obr. 3.18 Odhrotovač – 10. pozice první vřeteno. [18]

11. Stopková fréza čelní válcová D6 dokončovací - volena z katalogu firmy Gühring

- Monolitní fréza ze slinutého karbidu s břitem přes střed: **3366**
- Řezné podmínky viz Obr. 3.17

12. Závitník M8x1 – volen z katalogu firmy GÜHRING

- Závitník z rychlořezné oceli povlakovaný TiN: **2983 / 8,005** – dle **Obr. 3.19**

data náradí	
jmen. průměr d1:	metrický jemný M8
Předvrtaný otvor-Ø d _k :	7 mm 
průměr stopky d2:	6 mm
čtyřhran SW:	4,9 mm
celková délka l1:	90 mm
délka závitu l2:	18 mm
stoupání:	1 mm
počet drážek:	3

řezné parametry	
řezná rychlost V _c :	15 m/min
posuv f _u :	1 mm/U
otáčky n:	596 U/min

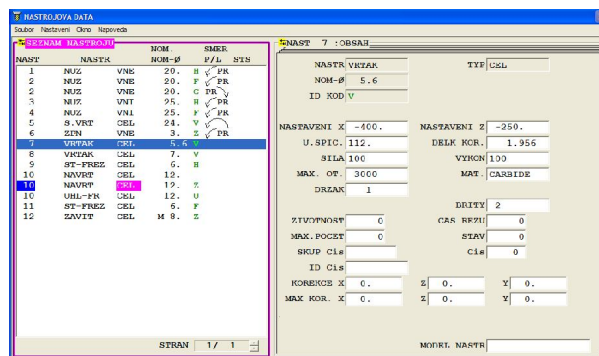
Obr. 3.19 Závitník M8x1 – 12. pozice první vřeteno. [17]

Osazení pozic nástroji - druhé vřeteno

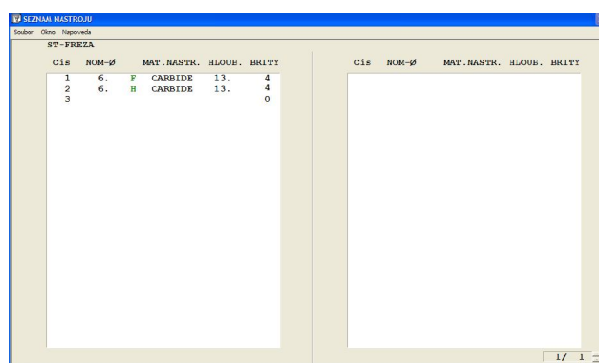
- Vnější soustružnický nůž dokončovací – volen z katalogu firmy SANDVIK
 - Držák nástroje: **SDJCR 2525 M11** – dle **Obr. 3.6**
 - Řezná destička: **DCMT11T302-PF GC4225** – dle **Obr. 3.7**
- Tvrdokovový odhrotač – volen z katalogu firmy WNT
 - Odhrotač z TK povlakovaný: **52 151 120** – řezné podmínky viz **Obr. 3.18**

Osazení pozic nástroji – zadání do řídicího systému stroje

Soustružnické nástroje se v řídicím systému ukládají pouze do složky DATA NÁSTROJŮ. Frézovací nástroje je nutné zařadit i do složky SEZNAM NÁSTROJŮ. Mazatrol si podle druhu nástroje vyžádá údaje, které následně využívá pro určení vhodných řezných podmínek. Odměření souřadnic špičky nástroje se určí při odlaďování programu na stroji. Zadání nástrojů do dat nástrojů je patrné z obrázku **Obr. 3.22**. Ukázka zadání nástrojů pro frézování je ukázáno na obrázku **Obr. 3.23**.



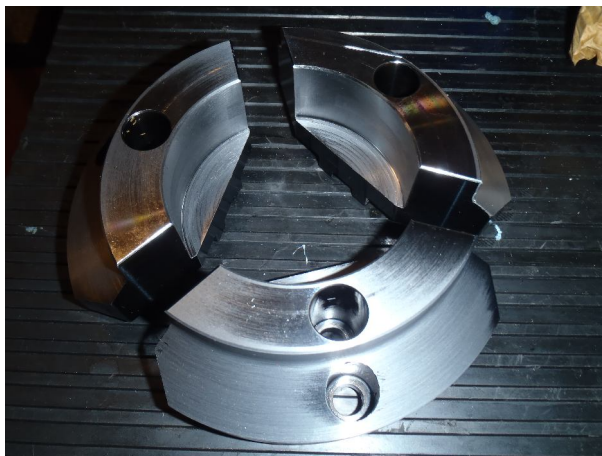
Obr. 3.22 Data nástrojů.



Obr. 3.23 Seznam nástrojů.

Čelisti

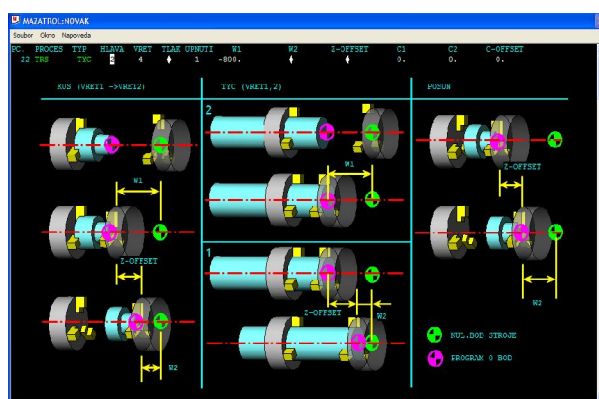
Na hlavní vřeteno byly zvoleny hrubovací (zubaté) čelisti podobně jako ve firmě Frentech Aerospace s.r.o. Na druhé vřeteno byly zvoleny čelisti měkké, tvarem podobné kruhovým výsečím s oporou čela (viz obrázek **Obr. 3.24**).



Obr. 3.24 Čelisti pro druhé vřeteno.

4.2 Vypracování programu v řídicím systému MAZATROL Matrix

Programování v řídicím systému MAZATROL probíhá formou dialogu. Struktura programu je upravena podle požadavků obsluhy. Řídicí systém se „ptá“ na potřebné parametry a obsluha stroje na ně odpovídá zadáváním údajů. Před vytvářením samotného programu je nutné nadefinovat všechny použité nástroje (v průběhu tvorby programu je lze samozřejmě upravovat). Po zadání jména nového programu obsluha zvolí typ programu (ISO, Mazatrol program). Výběrem vypracování programu v Mazatrolu se spustí dialog. Při vytváření programu si po zvolení požadovaného procesu MAZATROL vytvoří hlavičku nového procesu (vzhled procesů se liší pro různé operace) a vyžádá si výběr nástrojů vhodných pro zvolenou operaci. Následně je potřebné doplnit rezné podmínky. Zde lze využít technologického procesoru, vybrat volbu AUTO a nechat určit rezné podmínky procesor nebo zadat rezné podmínky manuálně. Po celou dobu je k dispozici obsluze grafická nápověda (viz **Obr. 3.25**), která ji graficky provede zadáním správných údajů.



Obr. 3.25 Grafická nápověda systému MAZATROL.

Popis programu

MAZATROL:NOVAK STRAN 1

PC.	MAT.	VNE-MAX	VNI-MIN	DELKA	ZAROV CELA	MAX-OT
0	CBN STL	65.	0.	15.	1.	4000

V nultém procesu se zvolí polotovár, z něhož bude kus obráběn. Materiál je možné předem definovat jeho mechanickými vlastnostmi. Technologický procesor potom díky těmto údajům dokáže volit vhodné rezné podmínky. Dále se určí průměr polotovaru, délka vysunutí z čelistí, přídavek na zarovnání čela a maximální povolené otáčky stroje. Nulový bod obrobku je umístěn na čele polotovaru po zarovnání čela.

PC.	PROCES	TYP	HLAVA	VRET
1	SEP	SRMO	1	◆

Obrábění bude probíhat nejprve na hlavním vřetení. První proces tedy slouží k volbě prvního vřetená.

```
PC. PROCES Cis M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7 M8 M9 M10 M11 M12
2 M-KOD 8
```

V druhém procesu se volí M-kódy, kterými je možné ovládat různé funkce jako například zapnutí/vypnutí přívodu chladicí kapaliny (jako je tomu právě v tomto případě), zapnutí/vypnutí přívodu stlačeného vzduchu apod.

```
PC. PROCES TYP PRID-Z
3 ZCL CEL 0.1
SCis NASTR NOM. Cis TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-Z RYCH POSV M M M
H 1 NUZ VNE 20. H 1 1. 1. 1. 1. 220 0.3
F 2 NUZ VNE 20. E 25 1. 1. 1. 0.1 230 0.15
FIG POB-X POB-Z KOB-X KOB-Z DRS
1 65. 3. 0. 0. 7
```

Následuje výpis procesu zarovnání čela. Tento proces i logicky následuje za procesem definujícím polotovar. V hlavičce procesu je uveden přídavek v ose Z 0,1 mm. Tento údaj má vliv na grafické zobrazení při simulacích. Poloha hrubovacího nástroje je ale určena hodnotou přídávku v ose Z uvedenou u dokončovacího nástroje. Hrubovací nástroj bude obrábět řeznými podmínkami zadanými u hrubovacího nástroje. Dokončovací nástroj se bude pohybovat zadanou řeznou rychlostí. Hodnota posuvu dokončovacího nástroje bude upravena podle zadané drsnosti DRS 7 (technologický procesor si dopočítá potřebný posuv z poloměru špičky nástroje a požadované drsnosti). DRS 7 odpovídá drsnosti Rz 4. Do počátečního bodu najede nástroj rychloposuvem a z něho se pohybuje tak, aby obrábění proběhlo podle zadaných údajů. Při zadávání počátečního a konečného bodu zarovnání čela je poloosa Z orientována ze součásti směrem do pracovního prostoru (ostatní procesy mají orientaci kladné poloosy Z do součásti). Pokud by nebylo chlazení zapnuto pomocí samostatného bloku, muselo by být aktivováno u každého procesu samostatně zadáním kódu M08 k jedné ze tří volných pozic M-funkcí. Údaj Cis souvisí s prioritami při obrábění. Jejich použití se věnuje následující podkapitola.

```
PC. PROCES TYP PRB-X PRB-Z PRID-X PRID-Z
4 SOU VNE 65. 0. 0.2 0.1
SCis NASTR NOM. Cis TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-Z RYCH POSV M M M
H 1 NUZ VNE 20. H 5 0 2. 1. 1. 220 0.3
F 2 NUZ VNE 20. E 30 1. 1. 1. 0.2 0.1 230 0.15
FIG PTN P-SRAZ POB-X POB-Z KOB-X KOB-Z K-SRAZ/$ R/uh DRS
1VAL C 0.5 61.85 10. 2 7
```

Na prvním vřetení se obrobí čelo A s kapsami. V dalším procesu se proto definuje obrobení vnějšího průměru $\Phi 62$ mm zároveň se sražením hrany dle výkresu. Řezné podmínky jsou určeny stejně, jako v předešlém bloku. Parametry hrubování jsou zadány, posuv při dokončování si určí technologický procesor podle zvolené drsnosti povrchu. Kladná poloosa Z je při procesu vnější obrábění orientována do součásti.

```
PC. PROCES TYP PRU
5 S.VRT CEL 24.
SCis NASTR NOM. Cis TYP HL-1 HL-2/POC. HL-3 PRI-X PRI-Z RYCH POSV M M M
1 S.VRT CEL 24. V 10 1 24. 3. 3. 100 0.3
FIG POB-Z KOB-Z
1 0. 8.
```

Vrtáním středového otvoru se vytvoří prostor pro vnitřní soustružnický nůž a obrobení vnitřního průměru středového otvoru. U procesu statického vrtání je

možné volit různé způsoby vrtání (přerušované vrtání, vrtání s výplachem, atd.) změnou údaje TYP. Volbou údaje HL – 1 24 (větším, než je hloubka otvoru) bude otvor vyvrtán bez přerušování.

PC.	PROCES	TYP	FRB-X	FRB-Z	FRID-X	FRID-Z	PRI-X	PRI-Z	FYCH	POSV	M	M	M
6	SOU	VNI	24.	0.	0.2	0.1							
SCis	NASTR	NOM.	Cis	TYP	HL-1	HL-2/POC.	HL-3						
H 1	NUZ	VNI	25.	H 15	0	2.			180	0.25			
F 2	NUZ	VNI	25.	F 20					200	0.2			
FIG	PTN	P-SRAZ	POB-X	POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ/\$	R/uh					
IVAL	C	0.2			26.05	6.47			DRS		7		
2KUZ			26.05	6.645	26.4	7.			▼▼▼		7		

Při obrábění vnitřní kontury se obrobí i požadované sražení na obou čelech. U zadního čela je k údaji na výkresu přičten přídavek pro zarovnání zadního čela a následné broušení na rovinné brusce. Počáteční sražení je zadáno pomocí P-SRAZ, koncové sražení je zadáno komolou kuželovou plochou navazující na válcovou plochu.

PC.	PROCES	MOD	POL-C	ZABER-A	ZABER-R	DRS	PRID-A	PRID-R	PRUSEC-R	SRAZ				
7	CARA	VNI	XC	3.	2.	4	0.2	0.2	99.	0.5				
SCis	NASTR	NOM-Ø	Cis	PRIBL-1	PRIBL-2	TYP	AFD	HLOU-A	SIR-R	FYCH	POSV	M	M	M
H 1	ST-FREZ	CEL	6.	H 35	22.76	0.	PSO	1.	2.4	80	0.1			
FIG	PTN	POSUN-Z	P1Rx/CRx	P1Cy/CCy	P3Rx/R	P3Cy	ROH1	ROH2	ROH3	ROH4				
1KRU		3.	22.76	0.	7.5									

PC.	PROCES	MOD	POL-C	ZABER-A	ZABER-R	DRS	PRID-A	PRID-R	PRUSEC-R	SRAZ				
8	CARA	VNI	XC	3.	2.	4	0.2	0.2	99.	0.5				
SCis	NASTR	NOM-Ø	Cis	PRIBL-1	PRIBL-2	TYP	AFD	HLOU-A	SIR-R	FYCH	POSV	M	M	M
H 1	ST-FREZ	CEL	6.	H 35	22.76	-36.	PSO	1.	2.4	80	0.1			
FIG	PTN	POSUN-Z	P1Rx/CRx	P1Cy/CCy	P3Rx/R	P3Cy	ROH1	ROH2	ROH3	ROH4				
1KRU		3.	22.76	-36.	7.5									

PC.	PROCES	MOD	POL-C	ZABER-A	ZABER-R	DRS	PRID-A	PRID-R	PRUSEC-R	SRAZ				
9	CARA	VNI	XC	3.	2.	4	0.2	0.2	99.	0.5				
SCis	NASTR	NOM-Ø	Cis	PRIBL-1	PRIBL-2	TYP	AFD	HLOU-A	SIR-R	FYCH	POSV	M	M	M
H 1	ST-FREZ	CEL	6.	H 35	22.76	120.	PSO	1.	2.4	80	0.1			
FIG	PTN	POSUN-Z	P1Rx/CRx	P1Cy/CCy	P3Rx/R	P3Cy	ROH1	ROH2	ROH3	ROH4				
1KRU		3.	22.76	120.	7.5									

PC.	PROCES	MOD	POL-C	ZABER-A	ZABER-R	DRS	PRID-A	PRID-R	PRUSEC-R	SRAZ				
10	CARA	VNI	XC	3.	2.	4	0.2	0.2	99.	0.5				
SCis	NASTR	NOM-Ø	Cis	PRIBL-1	PRIBL-2	TYP	AFD	HLOU-A	SIR-R	FYCH	POSV	M	M	M
H 1	ST-FREZ	CEL	6.	H 35	22.76	84.	PSO	1.	2.4	80	0.1			
FIG	PTN	POSUN-Z	P1Rx/CRx	P1Cy/CCy	P3Rx/R	P3Cy	ROH1	ROH2	ROH3	ROH4				
1KRU		3.	22.76	84.	7.5									

PC.	PROCES	MOD	POL-C	ZABER-A	ZABER-R	DRS	PRID-A	PRID-R	PRUSEC-R	SRAZ				
11	CARA	VNI	XC	3.	2.	4	0.2	0.2	99.	0.5				
SCis	NASTR	NOM-Ø	Cis	PRIBL-1	PRIBL-2	TYP	AFD	HLOU-A	SIR-R	FYCH	POSV	M	M	M
H 1	ST-FREZ	CEL	6.	H 35	22.76	-120.	PSO	1.	2.4	80	0.1			
FIG	PTN	POSUN-Z	P1Rx/CRx	P1Cy/CCy	P3Rx/R	P3Cy	ROH1	ROH2	ROH3	ROH4				
1KRU		3.	22.76	240.	7.5									

PC.	PROCES	MOD	POL-C	ZABER-A	ZABER-R	DRS	PRID-A	PRID-R	PRUSEC-R	SRAZ				
12	CARA	VNI	XC	3.	2.	4	0.2	0.2	99.	0.				
SCis	NASTR	NOM-Ø	Cis	PRIBL-1	PRIBL-2	TYP	AFD	HLOU-A	SIR-R	FYCH	POSV	M	M	M
H 1	ST-FREZ	CEL	6.	H 35	22.76	-156.	PSO	1.	2.4	80	0.1			
FIG	PTN	POSUN-Z	P1Rx/CRx	P1Cy/CCy	P3Rx/R	P3Cy	ROH1	ROH2	ROH3	ROH4				
1KRU		3.	22.76	204.	7.5									

V procesech 7, 8, 9, 10, 11 a 12 je definován proces hrubování čelních kapes. Obrábění se provede navrtáním frézy do středu kapsy $\Phi 15$ mm, tečným najetím ke kružnici, objetím celé kružnice a tečným oddálením frézy do středu otvoru. Fréza se při navrtávání bude pohybovat po šroubovici (průběh navrtávání si řídicí systém navrhne sám, nevyžaduje k tomu příkaz obsluhy). Stejným způsobem se obrobí postupně všech šest kapes. Poloha otvorů je definována pomocí orientovaného úhlu a poloměru roztečné kružnice. Údaje v hlavičce bloku systém využije pro navržení řezných podmínek hrubovací, dokončovací a úhlové frézy. Protože byly parametry zadávány ručně, nemají údaje v hlavičce veliký význam.

ZABER-A a ZABER-R jsou údaje o záběru frézy v axiálním / radiálním směru. DRS nemá v těchto blocích význam, protože se jedná pouze o hrubování (dokončovací a úhlová fréza byla z výběru nástrojů odstraněna). Je vybrán pouze hrubovací nástroj, který se bude pohybovat o hodnotu přídatku v axiálním a radiálním směru od výsledného tvaru (PRID-A / -R). PRUSEC-R lze zadat mezi 0,1 a 99 a procesoru tato hodnota napoví, jakou oblast může využít pro manévrování při nájezdu a výjezdu nástroje (pokud není polotovar upnut speciálními upínkami, zadává se hodnota 99 – maximální možná). Případné sražení hrany se zadá vepsáním jiné než nulové hodnoty ke SRAZ. Hodnota u POSUN-Z udává vzdálenost mezi čelem obrobku (nulovým bodem) a rovinou procházející dnem vytvářené kapsy. Při zadávání řezné rychlosti bylo nutné ověřit využitím vztahu pro výpočet řezné rychlosti maximální možnou řeznou rychlost frézy při maximálních otáčkách poháněného nástroje ($n_{max} = 4500 \text{ ot. min}^{-1}$). Tato hodnota nesmí být překročena (čas simulace by poté neodpovídal skutečnému času obrábění). Výpočet maximální řezné rychlosti [19]:

$$v_{c,max} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 4500}{1000} = 84,8 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} \quad (4.1)$$

PC.	PROCES	MOD	POL-C	ZABER-A	ZABER-R	DRS	PRID-A	PRID-R	PRUSEC-R	SRAZ				
13	CARA VNI	XC	3.	2.	6	0.2	0.2	99.	0.5					
SCis	MASTR	NOM-Ø	Cis	PRIBL-1	PRIBL-2	TYP	AFD	HLOU-A	SIR-R	RYCH	POSV	M	M	M
F	1 ST-FREZ	CEL	6.	F 40	25.1095	-31.9247	PSO	G01		65	0.05			
	2 UHL-FR	CEL	12.	U 60	17.7613	-0.3226	PSO	G01		70	0.05			
FIG	PTN	POSUN-Z	R/x	C/y	R/uh	I	J	P	SRAZ	H-POS.	DRS			
1	LINIE	3.	17.3233	-5.1665										
2	OEL-PS	♦	23.0637	-7.4939	7.5	22.76	0.	HOR	R	0.5		▼▼	7	
3	OEL-PS	♦	17.0517	-6.0026	7.5	18.4132	-13.378					▼▼	7	
4	OEL-LS	♦	17.3233	-5.1665	0.5	16.9606	-5.5106					▼▼	7	

PC.	PROCES	MOD	POL-C	ZABER-A	ZABER-R	DRS	PRID-A	PRID-R	PRUSEC-R	SRAZ				
14	CARA VNI	XC	3.	2.	6	0.2	0.2	99.	0.5					
SCis	MASTR	NOM-Ø	Cis	PRIBL-1	PRIBL-2	TYP	AFD	HLOU-A	SIR-R	RYCH	POSV	M	M	M
F	1 ST-FREZ	CEL	6.	F 40	25.6351	84.8995	PSO	G01		65	0.05			
	2 UHL-FR	CEL	12.	U 60	18.2226	128.2441	PSO	G01		70	0.05			
FIG	PTN	POSUN-Z	R/x	C/y	R/uh	I	J	P	SRAZ	H-POS.	DRS			
1	LINIE	3.	-4.1874	17.5857										
2	OEL-PS	♦	-5.042	23.7206	7.5	-11.38	19.7107	LEV	R	0.5		▼▼	7	
3	OEL-PS	♦	-3.3273	17.7684	7.5	2.3791	22.6353					▼▼	7	
4	OEL-LS	♦	-4.1874	17.5857	0.5	-3.708	17.4437					▼▼	7	

PC.	PROCES	MOD	POL-C	ZABER-A	ZABER-R	DRS	PRID-A	PRID-R	PRUSEC-R	SRAZ				
15	CARA VNI	XC	3.	2.	6	0.2	0.2	99.	0.5					
SCis	MASTR	NOM-Ø	Cis	PRIBL-1	PRIBL-2	TYP	AFD	HLOU-A	SIR-R	RYCH	POSV	M	M	M
F	1 ST-FREZ	CEL	6.	F 40	20.358	-124.3263	PSO	G01		65	0.05			
	2 UHL-FR	CEL	12.	U 60	18.6608	-127.966	PSO	G01		70	0.05			
FIG	PTN	POSUN-Z	R/x	C/y	R/uh	I	J	P	SRAZ	H-POS.	DRS			
1	LINIE	3.	-13.136	-12.4192										
2	OEL-PS	♦	-14.1506	-12.7412	7.5	-11.38	-19.7107	LEV	R	0.5		▼▼	7	
3	OEL-PS	♦	-13.7241	-11.7653	7.5	-20.7923	-9.2573					▼▼	7	
4	OEL-LS	♦	-13.136	-12.4192	0.5	-13.2523	-11.9325					▼▼	7	

Předešlými procesy bylo definováno pouze hrubování šesti kruhových otvorů. Dokončení celého tvaru se všemi rádiusy a sraženími hran je zapsáno v procesech 13, 14 a 15. Zadání tvaru je provedeno pomocí vnitřní čáry a složeného tvaru. První údaj při popisu tvaru (LINIE) slouží k určení výchozího bodu. Křivku je možné popsat s využitím na sebe navazujících oblouků. Údaje jsou zadány pomocí souřadnic X a Y na čtyři desetinná místa (černý text na bílém pozadí). Souřadnice byly získány s využitím CAD softwaru.

```

PC. PROCES TYP          TYP  Po.  ROZTEC  SIRKA  PRID
16 S.ZAP  VNE          0      1      3.      3.
SCis  NASTR          NOM.  Cis  TYP  HL-1  HL-2/POC.  HL-3  PRI-X  PRI-Z  RYCH  POSV  M  M  M
F 1 ZPN  VNE          3.  2 45  1.      1.      1.      1.      110  0.1
FIG  PTN  POB-R/x  POB-C/y  POB-Z  POC.  UHEL  Q  R
1      1  P-SRAZ  62.      6.7  KOB-X  KOB-Z  K-SRAZ  UHEL  DRS

```

Aby se při upichování nepřetěžoval upichovací nůž, provede se částečné upíchnutí součásti pod všechny vrtané díry před jejich vyvrtáním. Díky tomu se předejde přerušovanému řezu, ale obráběná součást je stále ještě spojena s tyčí dostatečným množstvím materiálu. Nástroj se nebude pohybovat plynule, ale díky údaji HL-1 vždy po 1 mm nůž vyjede o hodnotu danou parametrem ze záběru a opět se vrátí do místa řezu (tříška se vždy po 1 mm oddělí a odstraní se z místa řezu).

```

PC. PROCES MOD          POL-C  PRU  HLOUB  SRAZ
17 VRTANI  XC          5.6  8.      0.
SCis  NASTR          NOM-Ø  Cis  DIRA-Ø  DIRA-HL  PRE-D  PRE-HL  DRS  HLOUB  RYCH  POSV  M  M  M
1 VRTAK  CEL          5.6  V 34  5.6  8.      0.      100  CK-0  T 3.5  30  0.05
FIG  PTN  POB-R/x  POB-C/y  POB-Z  POC.  UHEL  Q  R
1BOD  24.5  35.      0.      0.      0.      0.
2BOD  16.3411  18.4957  0.      0.      0.      0.

```

V procesu číslo 17 se vrtákem D5,6 odvrtá část materiálu v místě, kde se bude frézovat otvor připomínající klíčovou díрку. Díky tomu se nebude fréza zavrtávat do plného materiálu, sníží se množství odebíraného materiálu a mělo by se předejít deformacím odpíchnuté části obrobku při frézování.

```

PC. PROCES MOD          POL-C  ZABER-A  ZABER-R  DRS  PRID-A  PRID-R  START  KONEC  PRUSEC-R  SRAZ
18 CARA VLE  XC          6.7  0.1  6  0.      0.      0.      0.      99.  0.
SCis  NASTR          NOM-Ø  Cis  PRIEL-1  PRIEL-2  TYP  AFD  HLOU-A  SIR-R  RYCH  POSV  M  M  M
H 1 ST-FREZ  CEL          6.  H 35  24.246  43.4843  I  G01  9.  35  0.03
FIG  PTN  POSUN-Z  R/x  C/y  R/uh  I  J  P  SRAZ  H-POS.  DRS
1 LINIE  9.      16.7453  19.7645
2 OEL-LS  20.      45.      3.3  16.4756  16.4756
3 OEL-LS  17.0229  12.8342  4.5  17.3241  17.3241  PRA
4 LINIE  17.3075  12.6445
5 OEL-LS  21.9355  16.5279  3.1  20.0692  14.0526  LEV
6 LINIE  21.7981  16.8411
7 OEL-LS  20.      45.      4.5  17.3241  17.3241
8 OEL-LS  19.1435  14.5333  3.3

```

```

PC. PROCES MOD          POL-C  ZABER-A  ZABER-R  DRS  PRID-A  PRID-R  START  KONEC  PRUSEC-R  SRAZ
19 CARA VLE  XC          6.7  0.1  6  0.      0.      0.      0.      99.  0.
SCis  NASTR          NOM-Ø  Cis  PRIEL-1  PRIEL-2  TYP  AFD  HLOU-A  SIR-R  RYCH  POSV  M  M  M
H 1 UHL-FR  CEL          12.  U 60  24.0375  44.0427  I  G01  9.  35  0.05
FIG  PTN  POSUN-Z  R/x  C/y  R/uh  I  J  P  SRAZ  H-POS.  DRS
1 LINIE  9.      16.7453  19.7645
2 OEL-LS  20.      45.      3.3  16.4756  16.4756
3 OEL-LS  17.0229  12.8342  4.5  17.3241  17.3241  PRA
4 LINIE  17.3075  12.6445
5 OEL-LS  21.9355  16.5279  3.1  20.0692  14.0526  LEV
6 LINIE  21.7981  16.8411
7 OEL-LS  20.      45.      4.5  17.3241  17.3241
8 OEL-LS  19.1435  14.5333  3.3

```

Procesy 18 a 19 se od sebe liší pouze zvoleným nástrojem. V 18. procesu se hrubovací frézou obrobí otvor ve tvaru klíčové díry. V 19. procesu se otvoru srazí hrana. Tvar je zadán s využitím příkazu čára vlevo a složeného tvaru. LINIE opět slouží k určení počátečního bodu. Tvar je zadefinován pomocí na sebe navazujících oblouků. Sražení hrany na přechodu obou otvorů je zadáno pomocí příkazu LINIE.

```

PC. PROCES MOD          POL-C  NOM-  HLAV-Ø  STOUP  HL-Z.  SRAZ
20 ZAVIT  XC          M 8.  8.      1.  7.      1.
SCis  NASTR          NOM-Ø  Cis  DIRA-Ø  DIRA-HL  PRE-D  PRE-HL  DRS  HLOUB  RYCH  POSV  M  M  M
1 VRTAK  CEL          7.  V 55  7.      8.      0.      100  CK-0  T 3.55  40  0.05
2 NAVRT  CEL          12.  65  9.      7.      90°  NAVRT  35  0.05
3 ZAVIT  CEL          M 8.  2 70  8.      7.      ZAVIT  10  1.
FIG  PTN  POB-R/x  POB-C/y  POB-Z  POC.  UHEL  Q  R
1BOD  21.      159.      0.      0.      0.      0.

```

V procesu číslo 20 je zadefinována výroba závitu (vrtání otvoru, zahloubení a řezání závitu). Souřadnice bodu jsou určeny orientovaným úhlem od kladné poloosy X a poloměrem roztečné kružnice.

PC.	PROCES	MOD	POL-C	PRU	HLOUB	SRAZ								
21	VRTANI	XC	♦	5.6	5.	0.2								
SCis	NASTR	NOM-Ø	Cis	DIRA-Ø	DIRA-HL	PRE-D	PRE-HL	DRS	HLOUB	RYCH	POSV	M	M	M
1	VRTAK	CEL	5.6	50	5.6	5.	0.	100	CK-0	T 2.8	30	0.05		
2	NAVRT	CEL	12.	65	6.	♦	♦	♦	90°	NAVRT	35	0.05		
FIG	PTN	POB-R/x	POB-C/y	POB-Z	POC.		UHEL	Q	R					
10BL	22.76	0.	3.	3.	3	120.	0	0						
20BL	22.76	-36.	3.	3.	3	120.	0	0						

V procesu 21 je popsáno vrtání posledních 6 chybějících otvorů ve středech frézovaných kapes. Zadání otvorů je provedeno pomocí příkazu OBL – pravidelně rozložené otvory na oblouku o daném poloměru a úhlu. Po vyvrtání otvorů se provede i sražení hran otvorů.

PC.	PROCES	TYP	HLAVA	VRET	TLAK	UPNUTI	W1	W2	Z-OFFSET	C1	C2	C-OFFSET
22	TRS	TYC	2	4	♦	1	-800.	♦	♦	0.	0.	0.

PC.	PROCES	TYP	HLAVA	VRET	TLAK	UPNUTI	W1	W2	Z-OFFSET	C1	C2	C-OFFSET
23	TRS	TYC	1	4	♦	1	♦	-750.	-11.	0.	0.	0.

PC.	PROCES	TYP	HLAVA	VRET
24	SEP	SYNC	1	♦

Pro obrobení čela B a zahloubení otvorů je nutné součást upnout do druhého vřetena. Proces 22 definuje pohyb druhého vřetena pracovním prostorem k obrobku a upnutí obrobku za vnější průměr. Údaj HLAVA určuje ovládané vřeteno, VRET určuje způsob předání, W1 určuje první polohu druhého vřetena. V procesu 23 je popsáno uvolnění tyče prvním vřetenem a posunutí tyče tak, aby byl vysunut polotovar pro další cyklus programu. W2 popisuje druhou polohu druhého vřetena. Upnutí obrobku oběma vřeteny a pohyb vřeten synchronizovaně je popsán v procesu 24. Hodnoty W1, W2 a Z-OFFSET jsou zadány orientačně tak, aby při simulaci byl ve strojním čase zahrnut i čas potřebný pro pohyb vřetene. Konkrétní hodnoty je nutné odměřit při odladování programu na stroji.

PC.	PROCES	TYP	TYP	Po.	ROZTEC	SIRKA	PRID							
25	S.ZAP	VNE	0	1	0.	3.	♦							
SCis	NASTR	NOM.	Cis	TYP	HL-1	HL-2/POC.	HL-3	PRI-X	PRI-Z	RYCH	POSV	M	M	M
F 1	ZPN	VNE	3.	2	80	♦	♦	♦	♦	100	0.07			
FIG	PTN	P-SRAZ	POB-X	POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ	UHEL	DRS					
1			65.	6.7	0.	6.7		0.						

Následuje upíchnutí obrobku.

PC.	PROCES	TYP	HLAVA	VRET	TLAK	UPNUTI	W1	W2	Z-OFFSET	C1	C2	C-OFFSET
26	TRS	POS	♦	♦	♦	♦	♦	0.	339.	♦	♦	0.

PC.	PROCES	TYP	HLAVA	VRET
27	SEP	SRMO	2	♦

Před obráběním druhé strany obrobku se vedlejší vřeteno přesune do nulové pozice, v které je konstrukce při obrábění nejtužší. Nulový bod obrobku je stále umístěn na čele A.

PC.	PROCES	TYP	FRB-X	FRB-Z	FRID-X	FRID-Z								
28	SOU	VNE	62.	7.	0.1	0.1								
SCis	NASTR	NOM.	Cis	TYP	HL-1	HL-2/POC.	HL-3	PRI-X	PRI-Z	RYCH	POSV	M	M	M
F 1	NUZ	VNE	20.	8	85	♦	♦	♦	♦	180	0.1			
FIG	PTN	P-SRAZ	POB-X	POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ/§	R/uh	DRS					
1VAL			♦	♦	25.5	6.55		♦						
2VAL			♦	♦	59.955	6.55		♦	▼▼▼	7				
3VAL	C	0.5	♦	♦	59.955	3.55		♦	▼▼▼	7				
4VAL			♦	♦	61.85	3.55	C 0.2	♦	▼▼▼	7				

Nejprve se provede obrobení čela a vnějšího průměru $\Phi 60$. Celý proces se provede pouze dokončovacím soustružnickým nožem. Kontura je popsána od nejvyšší souřadnice Z po nejnižší, protože nulový bod obrobku je stále umístěn na čele A.

PC.	PROCES	MOD	POL-C	PRU	HLOUB	SRAZ									
29	VRTANI	KC	♦	5.6	6.	3.									
SCis	NASTR		NOM-Ø	Cis	DIRA-Ø	DIRA-HL	PRE-D	PRE-HL	DRS	HLOUB	RYCH	POSV	M	M	M
1	NAVRT	CEL	12.	2 90	11.6	♦	♦	♦	90°	NAVRT	55	0.08			
FIG	PTN	POB-R/x	POB-C/y	POB-Z	POC.	UHEL	Q	R							
1BOD	22.76	-36.	6.55	♦	♦	♦	0								
2BOD	22.76	0.	6.55	♦	♦	♦	0								
3BOD	22.76	84.	6.55	♦	♦	♦	0								
4BOD	22.76	120.	6.55	♦	♦	♦	0								
5BOD	22.76	204.	6.55	♦	♦	♦	0								
6BOD	22.76	240.	6.55	♦	♦	♦	0								

Následuje 90° zahloubení 6 otvorů $\Phi 5,6$ na požadovaný průměr. Zadefinování je provedeno v procesu 29. Poloha otvorů je zadána pomocí poloměru a orientovaného úhlu.

PC.	PROCES	MOD	POL-C	PRU	HLOUB	SRAZ									
30	VRTANI	KC	♦	6.2	6.	0.2									
SCis	NASTR		NOM-Ø	Cis	DIRA-Ø	DIRA-HL	PRE-D	PRE-HL	DRS	HLOUB	RYCH	POSV	M	M	M
1	NAVRT	CEL	12.	2 90	6.4	♦	♦	♦	90°	NAVRT	55	0.08			
FIG	PTN	POB-R/x	POB-C/y	POB-Z	POC.	UHEL	Q	R							
1BOD	24.5	36.	6.55	♦	♦	♦	0								

PC.	PROCES	MOD	POL-C	PRU	HLOUB	SRAZ									
31	VRTANI	KC	♦	9.	6.	0.2									
SCis	NASTR		NOM-Ø	Cis	DIRA-Ø	DIRA-HL	PRE-D	PRE-HL	DRS	HLOUB	RYCH	POSV	M	M	M
1	NAVRT	CEL	12.	2 90	9.4	♦	♦	♦	90°	NAVRT	55	0.08			
FIG	PTN	POB-R/x	POB-C/y	POB-Z	POC.	UHEL	Q	R							
1BOD	24.5	45.	6.55	♦	♦	♦	0								

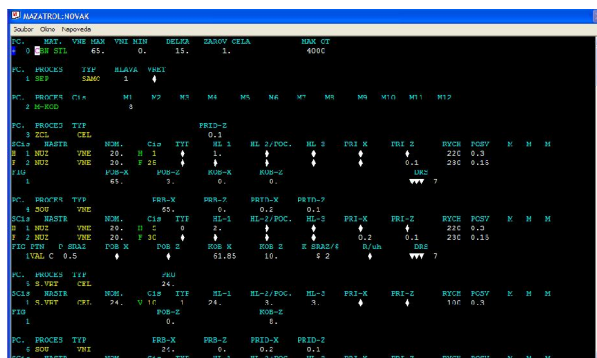
PC.	PROCES	MOD	POL-C	PRU	HLOUB	SRAZ									
32	VRTANI	KC	♦	7.	6.	1.									
SCis	NASTR		NOM-Ø	Cis	DIRA-Ø	DIRA-HL	PRE-D	PRE-HL	DRS	HLOUB	RYCH	POSV	M	M	M
1	NAVRT	CEL	12.	2 90	9.	♦	♦	♦	90°	NAVRT	55	0.08			
FIG	PTN	POB-R/x	POB-C/y	POB-Z	POC.	UHEL	Q	R							
1BOD	21.	159.	6.55	♦	♦	♦	0								

Operace 30, 31 a 32 popisují sražení hran otvoru ve tvaru klíčové díry a zahloubení závitů. Stroj je vybaven plynulým řízením nástroje v rovině XY pouze na prvním vřetení. Na druhém vřetení je umožněno pouze polohování. Proto se sražení otvoru ve tvaru klíčové díry provede pouze navrtáním ve středech otvorů $\Phi 6,2$ a $\Phi 9$.

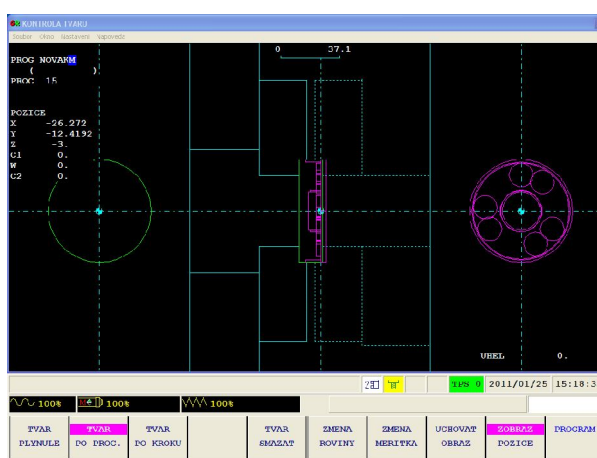
PC.	PROCES	SOUV.	OPAK.	POSUN	POC.	NAVRAT	PROG.	DALSI
33	END		♦	♦				♦

Posledním procesem každého programu je END. Proces END slouží k ukončení programu a nelze bez něho provést simulaci. Proces obsahuje informace o opakování programu (SOUV.), počtu opakování (POC.), poloze nástroje po ukončení procesu (NAVRAT) nebo o následujícím programu (PROG.). Pro provedení simulace tyto informace nejsou potřebné a neovlivňují výsledný čas.

Reálná podoba grafického zobrazení programu je ukázána na **Obr. 3.26**. Po ukončení jednotlivých procesů je k dispozici obsluze kontrola tvaru (**Obr. 3.27**). Kontrola tvaru slouží k průběžnému ověření správnosti zadávaných souřadnic a frézovaných tvarů.



Obr. 3.26 Okno programu.



Obr. 3.27 Kontrola tvaru.

Kompletní program je uveden v příloze číslo 5.

Uspořádání obráběcích operací

Pokud by byl ponechán sled operací tak, jak je napsán program, musela by se revolverová hlava po každé dílčí operaci otáčet. Protože otočení o jednu pozici trvá 0,2 s, dojde ke zbytečnému prodloužení výrobního času. Využitím priorit se mohou operace uspořádat tak, jak obsluha požaduje. Při vytváření pořadí ale není možné porušit pořadí nástrojů v jednotlivých procesech. I v tomto programu se využilo priorit (příkaz Cis) k určení pořadí. Obrábění tedy bude probíhat takto:

1. Hrubování čela a vnějšího průměru
2. Vrtání středového otvoru
3. Hrubování vnitřní kontury
4. Dokončování vnitřní kontury
5. Dokončování čela a vnějšího průměru
6. Hrubování kapes
7. Dokončování kapes
8. Částečné upíchnutí
9. Vrtání otvorů $\Phi 5,6$ mm

10. Frézování otvoru ve tvaru klíčové dírky
11. Vrtání otvoru $\Phi 7$ mm pro závit
12. Sražení všech hran a zahloubení otvorů
13. Řezání závitu
14. Předání kusu z hlavního vřetena do vedlejšího vřetena
15. Upíchnutí součásti
16. Obrobení čela a vnější kontury
17. Zahloubení otvorů a sražení hran
18. Konec programu

Vzhled okna pro úpravu priorit je vidět na obrázku **Obr. 3.28**.

PCIP	PRI	CLK	ISCLM	NASTF	NOM-Ø	ICLM	RC	PROCES	PRG
2								1	OSF
2								2	M-RTN
2	1	H	1	BUG	VNE	20.	H	3	ZCL
2								4	M-RTN
2	5	H	1	BUG	VNE	20.	H	5	SPT
2								6	M-RCD
2	10		1	S.VRT	CEL	25.	V	7	S.VRT
2								8	M-RCD
2	15	H	1	BUG	VNI	25.	H	9	SOU
2								10	M-RCD
2	20	F	2	BUG	VNI	25.	F	11	SOU
2								12	M-RCD
2	25	F	2	BUG	VNE	20.	F	13	ZCL
2								14	M-RCD
2	30	F	2	BUG	VNE	20.	F	15	SOU
2								16	M-RCD
2	34		1	VRTAN	CEL	5.6	V	17	VRTAN
2								18	N.SOC
2	35	H	1	ST-FREZ	CEL	6.	H	19	CABA VRT
2	35	H	1	ST-FREZ	CEL	6.	H	20	CABA VRT
2	35	H	1	ST-FREZ	CEL	6.	H	21	CABA VRT
2	35	H	1	ST-FREZ	CEL	6.	H	22	CABA VRT

Obr. 3.28 Okno sledu operací.

4.3 Postup výroby v těchto krocích

- řezání materiálu na délku 120 mm (pro 8 kusů),
- obrobení na dvouvřetenovém soustruhu s poháněnými nástroji QTN-200MS II,
- broušení,
- nitridace,
- kontrola součásti měřením.

Detailní postup výroby je uveden v příloze číslo 4.

5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Technicko-ekonomické zhodnocení bude provedeno na základě zvyklostí ve firmě Frentech Aerospace s.r.o. Při vyhodnocování nebudou uvažovány náklady spojené s opotřebením a výměnou nástrojů. Náklady spojené s výměnou nástrojů jsou zahrnuty v hodinové sazbě stroje. Dále do vyhodnocení nebudou zahrnuty operace totožné pro všechny tři postupy. Tzn., že v ceně jednoho obrobku nebude zahrnuta položka spojená s řezáním materiálu, broušením, nitridací u subdodavatele a měřením přesnosti dílu.

Vyhodnocení bude provedeno pro sérii 10 kusů, 137 kusů (série vyráběná ve Frentechu) a sérii 300 kusů.

5.1 Časy přípravy a obrábění na jednotlivých pracovištích

V prvním postupu bude tedy do zhodnocení zahrnuto obrábění na multifunkčním obráběcím centru INTEGREGX 200Y, zarovnání čela na soustruhu ALPHA PLUS a dokončení součástky na zámečnickém ručním pracovišti. Doby na přípravu jednotlivých pracovišť a časy potřebné pro výrobu jednoho kusu jsou uvedeny v tabulce **Tab. 5.1**.

Tab. 5.1 Časy – 1. postup.

Postup 1. - s využitím stroje INTEGREGX 200Y		
Doby přípravy a časy pro výrobu jednoho kusu		
pracoviště	doba přípravy [min]	čas pro výrobu jednoho kusu [min]
INTEGREGX 200Y	120	21,583
soustruh ALPHA	30	2,5
zámečnick	15	5

V druhém postupu bude ve zhodnocení uvažováno obrábění na soustruhu SQT 10M, zarovnání čela na soustruhu ALPHA PLUS, frézování součásti na frézce FJV 20 a dokončení součásti na zámečnickém ručním pracovišti. Doby na přípravu jednotlivých pracovišť a časy potřebné pro výrobu jednoho kusu jsou uvedeny v tabulce **Tab. 5.2**.

Tab. 5.2 Časy – 2. postup.

Postup 2. - s využitím strojů FJV 20 a SQT 10		
Doby přípravy a časy pro výrobu jednoho kusu		
pracoviště	doba přípravy [min]	čas pro výrobu jednoho kusu [min]
soustruh SQT 10M	120	8,683
soustruh ALPHA	30	2,5
frézka FJV 20	120	10,65
zámečnick	15	4

Třetí postup nebyl v praxi ověřen. Strojní čas (11 min 48 s) získaný při simulaci obrábění součásti na soustruhu s protivřetenem QTN 200 MS II je tedy navýšen o 20 %, aby vznikla časová rezerva potřebná pro změny při odlaďování programu na stroji. Doba seřízení soustruhu byla stanovena po konzultaci s odborníky z Frentechu na 180 min. Potřebný čas je vyšší, než u soustruhu SQT 10M, protože je nutné osadit obě vřetena čelistmi a připevnit na revolverovou hlavu nástroje pro obrábění na obou vřetenech. Čas potřebný pro dokončení součásti zámečnickem byl opět stanoven společně s odborníky firmy Frentech na 3 min. Doby na přípravu jednotlivých pracovišť a časy potřebné pro výrobu jednoho kusu jsou uvedeny v tabulce **Tab. 5.3**.

Tab. 5.3 Časy – 3. postup.

Postup 3. - s využitím stroje QTN 200 MS II		
Doby přípravy a časy pro výrobu jednoho kusu		
pracoviště	doba přípravy [min]	čas pro výrobu jednoho kusu [min]
soustruh QTN 200 MS II	180	14,160
zámečnick	15	3

5.2 Ekonomické vyhodnocení

Ekonomické vyhodnocení bude provedeno s využitím hodinových sazeb pracovišť (**Tab.4**) firmy Frentech Aerospace s.r.o. Hodinová sazba soustruhu s protivřetenem byla stanovena společně s odborníky firmy Frentech s přihlédnutím k typu stroje a jeho parametrům. Přehled hodinových sazeb jednotlivých pracovišť je shrnut v tabulce **Tab. 5.4**. Kalkulace ceny jednoho kusu danými postupy je provedena podle vztahu (5.1).

$$N = \sum \left(\frac{\text{doba přípravy [min]}}{60 \cdot \text{počet kusů}} \cdot \text{hodinová sazba [Kč]} + \frac{\text{čas pro výrobu jednoho kusu [min]}}{60} \cdot \text{hodinová sazba [Kč]} \right) \quad (5.1)$$

Tab. 5.4 Hodinové sazby pracovišť.

Hodinové sazby pracovišť	
pracoviště	hodinová sazba [Kč]
frézka FJV 20	1287
soustruh SQT 10M	1277
zámečnick	561
INTEGREX 200Y	1325
soustruh ALPHA	721
soustruh QTN 200 MS II	1277

První způsob výroby

Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 10 kusů:

$$N_{1,10} = \frac{120}{(10 \cdot 60)} \cdot 1325 + \frac{21,583}{60} \cdot 1325 + \frac{30}{(10 \cdot 60)} \cdot 721 + \frac{2,5}{60} \cdot 721 + \frac{15}{(10 \cdot 60)} \cdot 561 + \frac{5}{60} \cdot 561 = 868,5 \text{ Kč} \quad (5.2)$$

Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 137 kusů:

$$N_{1,137} = \frac{120}{(137 \cdot 60)} \cdot 1325 + \frac{21,583}{60} \cdot 1325 + \frac{30}{(137 \cdot 60)} \cdot 721 + \frac{2,5}{60} \cdot 721 + \frac{15}{(137 \cdot 60)} \cdot 561 + \frac{5}{60} \cdot 561 = 576,4 \text{ Kč} \quad (5.3)$$

Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 300 kusů:

$$N_{1,300} = \frac{120}{(300 \cdot 60)} \cdot 1325 + \frac{21,583}{60} \cdot 1325 + \frac{30}{(300 \cdot 60)} \cdot 721 + \frac{2,5}{60} \cdot 721 + \frac{15}{(300 \cdot 60)} \cdot 561 + \frac{5}{60} \cdot 561 = 563,9 \text{ Kč} \quad (5.4)$$

Druhý způsob výroby

Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 10 kusů:

$$N_{2,10} = \frac{120}{(10 \cdot 60)} \cdot 1277 + \frac{8,683}{60} \cdot 1277 + \frac{30}{(10 \cdot 60)} \cdot 721 + \frac{2,5}{60} \cdot 721 + \frac{120}{(10 \cdot 60)} \cdot 1287 + \frac{10,65}{60} \cdot 1287 + \frac{15}{(10 \cdot 60)} \cdot 561 + \frac{5}{60} \cdot 561 = 1052,9 \text{ Kč} \quad (5.5)$$

Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 137 kusů:

$$N_{2,137} = \frac{120}{(137 \cdot 60)} \cdot 1277 + \frac{8,683}{60} \cdot 1277 + \frac{30}{(137 \cdot 60)} \cdot 721 + \frac{2,5}{60} \cdot 721 + \frac{120}{(137 \cdot 60)} \cdot 1287 + \frac{10,65}{60} \cdot 1287 + \frac{15}{(137 \cdot 60)} \cdot 561 + \frac{5}{60} \cdot 561 = 531,1 \text{ Kč} \quad (5.6)$$

Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 300 kusů:

$$N_{2,300} = \frac{120}{(300 \cdot 60)} \cdot 1277 + \frac{8,683}{60} \cdot 1277 + \frac{30}{(300 \cdot 60)} \cdot 721 + \frac{2,5}{60} \cdot 721 + \frac{120}{(300 \cdot 60)} \cdot 1287 + \frac{10,65}{60} \cdot 1287 + \frac{15}{(300 \cdot 60)} \cdot 561 + \frac{5}{60} \cdot 561 = 508,8 \text{ Kč} \quad (5.7)$$

Třetí způsob výroby

Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 10 kusů:

$$N_{3,10} = \frac{180}{(10 \cdot 60)} \cdot 1277 + \frac{14,160}{60} \cdot 1277 + \frac{15}{(10 \cdot 60)} \cdot 561 + \frac{2,5}{60} \cdot 561 = 721,9 \text{ Kč} \quad (5.8)$$

Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 137 kusů:

$$N_{3,137} = \frac{180}{(137 \cdot 60)} \cdot 1277 + \frac{14,160}{60} \cdot 1277 + \frac{15}{(137 \cdot 60)} \cdot 561 + \frac{2,5}{60} \cdot 561 = 353,7 \text{ Kč} \quad (5.9)$$

Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 300 kusů:

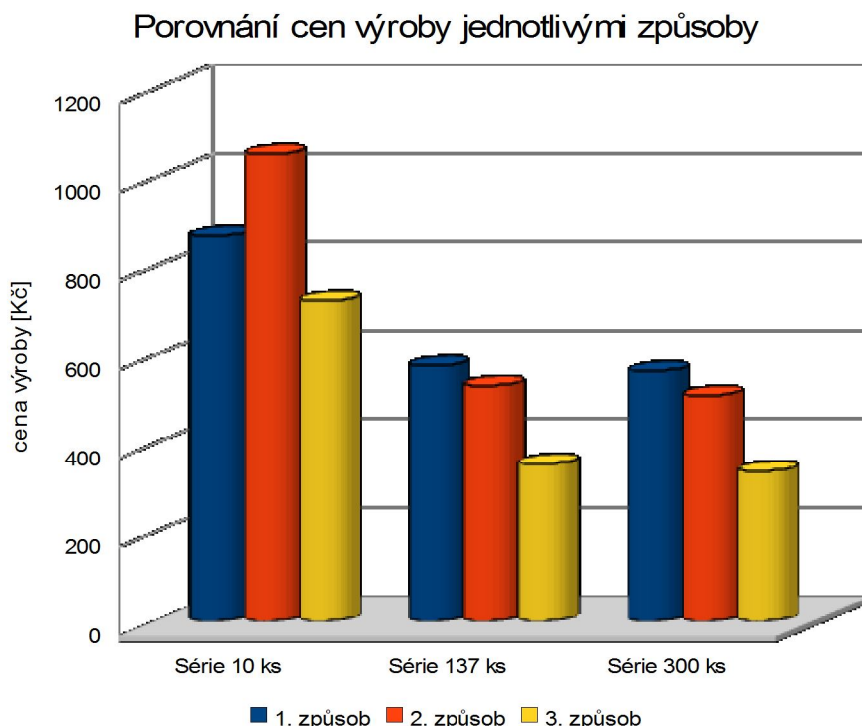
$$N_{3,300} = \frac{180}{(300 \cdot 60)} \cdot 1277 + \frac{14,160}{60} \cdot 1277 + \frac{15}{(300 \cdot 60)} \cdot 561 + \frac{2,5}{60} \cdot 561 = 338,0 \text{ Kč} \quad (5.10)$$

Porovnání cen výroby

Porovnání cen výroby jednotlivými způsoby je patrné z tabulky **Tab. 5.5** a grafické zobrazení výsledků z grafické závislosti - **Graf 5.1**. Z výsledků je patrné, že výroba součásti třetím způsobem je nejlevnější pro série 10 kusů, 137 kusů i 300 kusů.

Tab. 5.5 Porovnání cen výroby jednotlivými způsoby.

Způsoby výroby	Cena prováděných operací [Kč]		
	Série 10 ks	Série 137 ks	Série 300 ks
1. způsob	868,5	576,4	563,9
2. způsob	1052,9	531,1	508,8
3. způsob	721,9	353,7	338,0



Graf 5.1 Porovnání cen výroby jednotlivými způsoby.

5.3 Technické vyhodnocení

Při obrábění součásti na multifunkčním obráběcím centru INTEGRIX 200Y (v prvním způsobu výroby) a na soustruhu SQT 10M (v druhém způsobu výroby) je tyčový materiál upnut v hrubovacích čelistech tak, že se obrábí všech 8 kusů bez posunu tyče. Proto je nutné zadat takové řezné parametry, aby nedošlo k uvolnění tyče z čelistí. Dlouhé vyložení tyče při obrábění na INTEGRIXU 200Y (v případě prvního způsobu výroby) a upnutí součásti mechanickým tříčelistovým sklíčidlem s vymezovacím kolíkem při obrábění na frézce FJV 20 (v druhém způsobu výroby) není dostačující pro frézování 6 přesně tolerovaných kapes. Proto je v obou případech využito vyvrtávacích tyčí. Při obrábění třetím způsobem na soustruhu s protivřetenem QTN 200MS II je tyč vyložena pouze pro obrobení jednoho kusu. Díky tomu se kapsy obrobí s dostatečnou přesností frézou a není využito vyvrtávacích tyčí. Polotovarem pro výrobu součásti je tyč válcovaná za tepla. Z tohoto důvodu se tyč i v případě třetího způsobu výroby řeže na délku 120 mm pro výrobu 8 kusů (pro snížení možného házení dlouhé tyče a zvýšení přesnosti výroby).

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout nový způsob výroby zadané součásti s ohledem na snížení ceny produkce a následné porovnání inovovaného způsobu výroby se způsoby vytvořenými ve firmě Frentech Aerospace s.r.o. Prvním krokem bylo seznámení se stávajícími výrobními postupy. Následně byl proveden výběr vhodného stroje z nabídky strojů Mazak. Jako nejvhodnější stroj pro obrábění zadané součástky byl zvolen soustruh s protivřetenem QTN 200MS II. Ve spolupráci s firmou Misan s.r.o. v Lysé nad Labem byl vytvořen program pro výrobu součásti na zvolený stroj. Řezné podmínky byly voleny s využitím údajů zadaných v existujících způsobech výroby a s využitím znalostí odborných pracovníků firmy Frentech Aerospace s.r.o. Při volbě nástrojů se vycházelo z nástrojů volených v existujících postupech výroby. Následně bylo provedeno technicko-ekonomické vyhodnocení všech tří způsobů výroby.

Soustruh s protivřetenem umožní vyrobit součást na jediném stroji. Využitím kvalitnějšího upnutí je docíleno snížení strojního času potřebného pro obrábění součásti a s tím spojené snížení ceny výroby obrobku. Nově navržený způsob výroby je ekonomicky výhodnější pro všechny tři uvažované série (tedy 10 kusů, 137 kusů a 300 kusů). Z grafické závislosti v **Graf 5.1** je dále patrné, že výroba součásti v sérii 10 kusů prvním způsobem je levnější, než výroba součásti druhým způsobem. Naopak pro sérii 137 kusů a 300 kusů je ekonomicky výhodnější využít druhého způsobu výroby.

Nově vytvořený způsob výroby by tedy vedl k zefektivnění výroby a snížení ceny obrobku oproti stávajícím způsobům.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Vzpomínky – Historie obrábění*. [online]. 2003. [cit. 24.1.2011]. Dostupný z World Wide Web: <<http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/ospolecnosti/historie/vzpominky/>>.
- [2] Pease, W., *An automatic machine tool*, Scientific American, 1952, vol. 187, no. 3, s. 101-115, ISSN 0036-8733.
- [3] Ross, Douglas T., *Origins of the APT language for automatically programmed tools*, ACM SIGPLAN Notices, srpen 1978, vol. 13 no. 8, s. 61–99.
- [4] HAASE, Karel. *Praktické výpočty a návody pro soustruhy a stroje frézovací*. Tiskem lidové knihtiskárny A. Němec a spol. v Praze II, rok neuveden., 249 s.
- [5] Propagační materiály společnosti Frentech Aerospace, Brno: Frentech Aerospace s.r.o., 2010.
- [6] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., DVOŘÁČEK, J., PROKEŠ, F., *Základy konstruování*. 2. vyd. Brno: CERM, 2008. 234 s., ISBN 978-80-7204-584-6.
- [7] *Ocel 20MnCr5* [online]. 2010. [cit. 28.1.2010]. Dostupný z World Wide Web: <http://www.ushamartin.com/pdf/wire_rods/Material%20Specification%20Sheet%2020MnCr5%20Coils.pdf>.
- [8] *Ocel 14220* [online]. 2010. [cit. 28.1.2010]. Dostupný z World Wide Web: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/databaze_modelu_soubory/ocel_14220.pdf>.
- [9] LEINVEBER, J., VÁVRA, P., *Strojnické tabulky*. 4. vyd. Úvaly: Vydavatelství Albra, 2008. 914 s., ISBN 978-80-7361-051-7.
- [10] *Operating manual INTEGREGX 200Y.*, Japonsko: Yamazaki MAZAK, 2001. Číslo publikace E135WG0017E0.
- [11] *Operating manual MAZAK SQT 10.*, UK: Yamazaki MAZAK Corp., 1999. Číslo publikace: H352SG0010E.
- [12] *Operating manual MAZAK FJV-20.*, Japonsko: Yamazaki MAZAK, 1995. Číslo publikace H531SA0010E.
- [13] *Nabídka společnosti Mazak* [online]. 2010. [cit. 15.1.2010]. Dostupný z World Wide Web: <<http://www.misan.cz/mazak/obsah-kategorie/mazak/produkty/>>.

[14] *Soustružení 2010* – PRAMET [online]. 2010. [cit. 18.12.2010]. Dostupný z World Wide Web: <<http://www.pramet.com/index2fa9.html?lang=cz>>.

[15] *CoroKey 2007* – nabídka nástrojů SANDVIK Coromant. Švédsko: SANDVIK Coromant, 2007. 208 s.

[16] *Nabídka nástrojů Iscar* [online]. 2010. [cit. 20.12.2010]. Dostupný z World Wide Web: <www.iscar.com>.

[17] *Nabídka nástrojů Guehring* [online]. 2010. [cit. 20.12.2010]. Dostupný z World Wide Web: <<http://www.guehring.cz/>>.

[18] *Total tooling 2008/2009* - nabídka nástrojů WNT, Německo: WNT, 2008. 1896 s.

[19] KOČMAN, K., PROKOP, J., *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: CERM, 2004. 270 s., ISBN 80-214-3068-0.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
3D		3-Dimension
CAD		Computer Aided Design
CAM		Computer Aided Manufacturing
CNC		Computer Numerical Control
ČSN		Česká technická norma
ESA		European Space Agency
ESO		European Organization for Astronomical Research in the Southern Hemisphere
ISO		International Organization for Standardization
NC		Numerical Control
QTN		Quick turn nexus
SMS		Short message service
WIG		Wolfram-Inert-Gas
D	[mm]	Průměr nástroje
f	[mm]	Posuv na otáčku
n	[ot.min ⁻¹]	Otáčky
N	[Kč]	Cena výroby
N _{1,10}	[Kč]	Cena výroby prvním způsobem, série 10 kusů
N _{1,137}	[Kč]	Cena výroby prvním způsobem, série 137 kusů
N _{1,300}	[Kč]	Cena výroby prvním způsobem, série 300 kusů
N _{2,10}	[Kč]	Cena výroby druhým způsobem, série 10 kusů
N _{2,137}	[Kč]	Cena výroby druhým způsobem, série 137 kusů
N _{2,300}	[Kč]	Cena výroby druhým způsobem, série 300 kusů
N _{3,10}	[Kč]	Cena výroby třetím způsobem, série 10 kusů
N _{3,137}	[Kč]	Cena výroby třetím způsobem, série 137 kusů
N _{3,300}	[Kč]	Cena výroby třetím způsobem, série 300 kusů
Rz	[μm]	Největší výška profilu
v _c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
Φ	[mm]	Průměr

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres zadané součásti
- Příloha 2 Výrobní postup – první způsob výroby
- Příloha 3 Výrobní postup – druhý způsob výroby
- Příloha 4 Výrobní postup – třetí způsob výroby
- Příloha 5 Program NOVAK pro výrobu součásti na stroji QTN 200MS II