

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2341 Strojírenství

Studijní zaměření: Programování NC strojů

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Porovnání technologických možností víceosého a konvenčního obrábění

Autor: **Martin Trojan**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Trojan	Martin	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2341 – Programování NC strojů		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	doc.Ing.Duchek, Ph.D.	Vladimír	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Porovnání technologických možností konvenčního a víceosého obrábění		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	51	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	42	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	9
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Bakalářská práce se zaměřuje na porovnání technologických možností konvenčního a víceosého obrábění. Porovnává technologické postupy pro dvě varianty obrábění a navrhuje podrobný technologický postup a řídicí program pro technologii víceosého obrábění.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Obrábění, technologické možnosti, konvenční obrábění, víceosé obrábění

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Trojan	Martin	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2341 - Programming of NC Machines		
<b>SUPERVISOR</b>	doc.Ing.Duchek, Ph.D.	Vladimír	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Comparison of technological possibilities of conventional and multi-axis machining.		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KTO	<b>SUBMITTED IN</b>	2014
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	51	<b>TEXT PART</b>	42	<b>GRAPHICAL PART</b>	9
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b> <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The bachelor thesis deals with the comparison of technological possibilities of conventional and multi-axis machining. Technological processes of two variants are compared and detailed technological process and programming code for multi-axis machine is presented.
<b>KEY WORDS</b>	Machining, technological process, conventional machining, multi-axis machining

## **Poděkování**

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce doc.Ing.Vladimírovi Duchkovi, Ph.D. za jeho ochotu, se kterou se mi věnoval a za jeho cenné připomínky, konzultace a metodické vedení při psaní této práce.

Děkuji také konzultantovi ze společnosti ASTRO KOVO Plzeň, s.r.o., v jejíž spolupráce byla tato bakalářská práce realizována, Ing. Miroslavovi Duškovi, bez jehož odborných rad, pomoci a potřebných firemních materiálů by tato práce nevznikla.

Dále děkuji své rodině za podporu během celého studia.

## 1 Obsah

Seznam obrázků .....	3
Seznam tabulek .....	4
Úvod .....	5
2 Představení společnosti .....	6
3 Metody obrábění .....	7
3.1 Historie obrábění kovů[10].....	7
3.2 Charakteristika jednotlivých metod obrábění.....	8
3.2.1 Konvenční obrábění .....	8
3.2.2 Vícesé obrábění .....	9
4 Programování CNC strojů.....	11
4.1 Způsoby programování[2] .....	11
4.2 Dílenské programování.....	12
4.2.1 Uplatnění dílenského programování: .....	12
4.2.2 Systémy dílenského programování: .....	12
4.2.3 Omezení systému dílenského programování.....	13
4.3 Systém Mazatrol .....	13
Praktická část.....	15
5 Popis výrobních variant.....	15
5.1 Varianta A.....	15
5.2 Varianta B.....	17
6 Vybrané součásti .....	18
6.1 Součást 1 .....	18
6.2 Součást 2.....	19
6.3 Součást 3.....	20
7 Návrh technologických postupů – varianta A .....	21
7.1 Návrh postupu – součást 1 .....	21
7.2 Návrh postupu – součást 2.....	22
7.3 Návrh postupu – součást 3.....	23
8 Návrh technologických postupů – varianta B .....	25
8.1 Návrh postupu – součást 1 .....	25
8.2 Návrh postupu – součást 2.....	25

8.3	Návrh postupu – součást 3 .....	26
8.4	Volba řezných parametrů, nástrojů, přípravků .....	26
9	Porovnání výrobních variant .....	28
10	Výběr součásti a zpracování technologie obrábění pro víceosé obrábění.....	31
10.1	Výběr součásti.....	31
10.2	Popis výrobní technologie.....	32
10.3	Návrh technologického postupu .....	32
10.4	Tvorba programu .....	33
10.5	Vyhodnocení .....	38
11	Závěr.....	40
12	Reference.....	41
13	Přílohy .....	42
13.1	Výkres součásti 1 .....	42
13.2	Výkres součásti 2 .....	42
13.3	Výkres součásti 3 .....	42
13.4	Výkres vybrané součásti pro víceosé obrábění .....	42
13.5	Výrobní postup.....	42
13.6	Řídicí program .....	42

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Sídlo společnosti ASTRO KOVO Plzeň, s.r.o. ....	6
Obrázek 2 - Osy víceosého frézování .....	10
Obrázek 3 - Osy víceosého soustružnického centra .....	10
Obrázek 4 - Rozdělení metod obrábění .....	10
Obrázek 5 - Dialogové okno Mazatrol .....	14
Obrázek 6 - Mazak QTNX 100 .....	15
Obrázek 7 - Kornosvit, MAS MCV 754 Quick[8] .....	16
Obrázek 8 - Mazak Hyper QUADREX 150MSY .....	17
Obrázek 9 - Součást 1 .....	18
Obrázek 10 - Součást 2 .....	19
Obrázek 11 - Součást 3 .....	20
Obrázek 12 - Vybraná součást pro víceosé obrábění .....	31
Obrázek 13 - MAZAK QTNX 200MSY .....	32
Obrázek 14 - Víceosé vs. konvenční obrábění .....	39



## Seznam tabulek

Tab. 1 - Technické parametry Mazak QTNX 100 .....	16
Tab. 2 - Technické parametry MAS MCV 754 Quick .....	16
Tab. 3 - Technické parametry Mazak Hyper QUADREX 150MSY .....	17
Tab. 4 - Pracovní úkony - Mazak QTNX 1000.....	21
Tab. 5 – Pracovní úkony - MAS MCV 754 Quick.....	22
Tab. 6 - Pracovní úkony - Mazak QTNX 100.....	22
Tab. 7 - Pracovní úkony - MAS MCV 754 Quick .....	23
Tab. 8 - Pracovní úkony - Mazak QTNX 100.....	24
Tab. 9 - Pracovní úkony - MAS MCV 754 Quick .....	24
Tab. 10 - Pracovní úkony Mazak Hyper QUADREX 150MSY Součást 1.....	25
Tab. 11 - Pracovní úkony Mazak Hyper QUADREX 150MSY - Součást 2 .....	26
Tab. 12 - Pracovní úkony Mazak Hyper QUADREX 150MSY - Součást 3 .....	26
Tab. 13 - Porovnání z hlediska počtu strojů.....	28
Tab. 14 - Porovnání z hlediska počtu operací .....	28
Tab. 15 - Porovnání z hlediska počtu upínání .....	29
Tab. 16 - MAZAK QTNX 200MSY .....	32
Tab. 17 - Pracovní úkony MAZAK QTNX 200MSY.....	33

## Úvod

V současné době jsou kladeny čím dál větší nároky na výrobní stroje, je požadována vysoká produktivita, vysoká jakost výrobků, snižování dopadů výroby nejen na životní prostředí ale i na pracovníky a rostou požadavky společnosti na trvalou udržitelnost. Tyto faktory jsou katalyzátorem vývoje ve všech oblastech strojírenství.

Při pohledu na oblast obrábění je patrné, že jeho vznik v elementární formě sahá do daleké historie a je spojen se samotnými počátky lidské civilizace. Jak bude popsáno v historii obrábění ve třetí kapitole této práce, vývoj obrábění prošel mnoha etapami, až se dostal do současného stavu poznání, které se ovšem bude do budoucna dále vyvíjet, inovovat a měnit.

Cílem práce je proto porovnat technologické možnosti konvenčního a moderního víceosého obrábění. Problematika víceosého obrábění není zdaleka novým oborem, právě naopak. Již v dobách konvenčních strojů se zámečníci úspěšně vypořádávali s obráběním ve více rovinách, frézováním tvarových prvků a s celou řadou dalších úkolů, které bychom mohli zahrnout pod obecný pojem víceosé obrábění, [9].

V rámci této bakalářské práce jsou kromě výše zmíněné historie obrábění v úvodu popsány základní principy obrábění, jeho metody a typy. Dále je vysvětlen posun od tradičních způsobů obrábění ke komplexnějšímu a dnes využívanému víceosému obrábění, společně s vysvětlením jeho výhod a nevýhod tak, aby bylo možné v rámci praktické části na tato teoretická východiska navázat a naplnit tak cíl práce, kterým je porovnání technologických možností moderního víceosého a konvenčního typu obrábění.

## 2 Představení společnosti

Společnost ASTRO KOVO PLZEŇ, s.r.o. se sídlem v Třemošné u Plzně, v jejíž spolupráci je zpracována tato bakalářská práce, byla založena v roce 1994. Tato firma se specializuje na zakázkovou sériovou a malosériovou výrobu se specializací na díly pro automobilový průmysl. Výroba je zaměřena převážně na obrábění rotačních součástí pomocí nejmodernějších CNC obráběcích center, které disponují poháněnými jednotkami umožňující vrtání a snadné frézovací úkony. Společnost je držitelem certifikace systému jakosti dle ISO 9001:2001. V současné době ve firmě ASTRO KOVO pracuje 52 zaměstnanců v třísměnném provozu a zaměřuje se na zakázky od zahraničních společností, u nichž je nutný vývoz, tak i na zakázky od českých společností.



Obrázek 1 - Sídlo společnosti ASTRO KOVO Plzeň, s.r.o.

### **3 Metody obrábění**

Téma této bakalářské práce je věnováno obrábění a porovnání možností jeho jednotlivých metod, proto následující podkapitoly představují teoretická východiska pro další praktický postup navazující v kapitole 5.

#### **3.1 Historie obrábění kovů[10]**

Historie obrábění obecně sahá do počátků lidské civilizace, do pravěku, kdy došlo k napřimení lidské postavy a horní končetiny začaly používat nejprve předměty nalezené v jejich okolí a následně jimi opracovávat - zušlechťovat jiné předměty a materiály. Byly jimi hlavně kameny, kosti a dřevo. S vynálezem rozdělování ohně se primitivní obrábění rozšiřuje o opalování hrotů a vynálezem prvních vrtáků. S přechodem obživy od sběračství a lovu k zemědělství dochází k dalšímu rozšíření obrábění pro výrobu zemědělských nástrojů, nástrojů k výstavbě obydlí a stájí a dalších. V době bronzové a železné nastoupilo vlastní obrábění kovů spojené s nástupem prvních metalurgických pecí.

Hnacím motorem vývoje nových nástrojů byl vývoj zbraní – určených jak k lovu, tak i boji. V této době dochází už k výrobě různých ochranných přilbic a brnění – plátů kovu chránících životně důležité partie lidského těla.

V prehistorii obrábění kovů lze jasně oddělit dvě linie – 1) obrábění kovů pro používání kovových nástrojů a 2) výrobou nástrojů k obrábění dřeva, jež bylo základním konstrukčním materiálem. Pro obrábění kovů se používaly základní nástroje – pilníky, průrazníky, sekáče a vrtáky; pro obrábění dřeva byly vyvinuty první jednoduché stroje – pily, soustruhy a vrtačky. O strojích jako takových lze hovořit od 4. století našeho letopočtu, kdy byly v římských provinciích postaveny první vodní pily. Obráběcí stroje jako takové byly objeveny až v pozdním novověku, kdy během průmyslové revoluce došlo k objevu kotoučové pily, rozmítacího pilového stroje a řetězové pily.

V počátcích strojního obrábění kovů bylo nejdůležitější vrtání a soustružení. Vrtání, které je pravděpodobně nejstarší technologií, bylo objeveno již v době kamenné a zdokonaleno ve smyčkovou vrtačku, kdy byl vrták poháněn těživou luku. Tento způsob vrtání zůstal prakticky stejný až do 15. století, kdy byla objevena vrtačka poháněná klikovým mechanismem. Tento stroj byl zdokonalen v 17. století, kdy byl představen vyvrtávací stroj poháněný vodním kolem.

O prvních náznacích soustružení se dá hovořit již v mladší době kamenné a následně v době bronzové. Antické Řecko již znalo první soustružnický stroj (3. století před naším letopočtem).

S objevem střelného prachu v Evropě ve 14. století nastupuje vývoj nových zbraní, který si vynutil vývoj nových technologií. Bylo nutno přesněji opracovávat hlavně střelných zbraní a k tomu bylo potřeba vyvinout vhodné obráběcí stroje, nejdříve vrtačky a následně pak soustruhy.

Dalším krokem ve vývoji obráběcích strojů byl objev frézky s příslušnými frézami jako pracovními nástroji. Tyto frézy byly vyvinuty ke konci 18. století a byly využívány v zámečnictví a na pilovací práce.

První frézovací stroj byl vyvinut okolo roku 1818. Tento stroj, který měl všechny základní části jako dnešní frézy, nebyl v době svého vzniku využit a upadl v zapomnění. Tato situace ve vývoji konstrukčních nápadů byla velmi častá, pouze malá část jich byla použita v praxi. Následující generace konstruktérů musely stejné problémy řešit znovu.

Kolem roku 1862 došlo ke zkonstruování univerzální frézky, která byla určena k výrobě šroubových vrtáků, neboť dříve se drážky šroubových vrtáků pilovaly. Použitím této frézky byla dosažena větší přesnost a rovněž se urychlila výroba. Frézka se vyznačovala na tehdejší dobu účelnou a úhlednou konstrukcí. Tato frézka byla vystavena na Světové výstavě v Paříži roku 1867 a sklídila při praktickém představení způsobu práce velký a zasloužený obdiv. Úspěch předváděné frézky způsobil rozšíření frézek v praxi.

Další vývoj obráběcích strojů byl urychlen požadavky zbrojní výroby a vynálezem parního stroje. Ve 20. století se vedle požadavků zbrojního průmyslu dalšími hnacími motory staly automobilový a letecký průmysl.

Postupem vývoje se staly obráběcí stroje tak přesnými, že výrobky jimi zhotovované byly vyrobeny s přesností na setiny až tisícin milimetru. Významným prostředkem k tomu byl objev a zkonstruování univerzální brusky k broušení do kulata. V průběhu let byly obráběcí stroje neustále zdokonalovány, stejně je tomu doposud. Na další zlepšení kvality konstrukcí měl vliv vynález rychlořezné oceli a objev tvrdých kovů. Průmyslový rozvoj prokázal naprostou nepostradatelnost frézek a ostatních obráběcích strojů ve většině odvětví strojírenské výroby.

## **3.2 Charakteristika jednotlivých metod obrábění**

Jak je patrné už z názvu, tato bakalářská práce má za cíl porovnat technologické možnosti konvenčního a víceosého obrábění. Další odstavce proto popisují, co to je konvenční a víceosé obrábění.

### **3.2.1 Konvenční obrábění**

Jak bylo zmíněno v předcházející kapitole Historie obrábění, je jasné, že se způsoby obrábění a jeho metody v průběhu času postupně měnily a vyvíjely. Ještě před několika lety byl standardem právě konvenční způsob obrábění, který znamenal způsob obrábění, kdy dochází k vytváření požadovaných ploch řezáním, při němž se přebytečný materiál z polotovaru odděluje břitem řezného nástroje ve formě třísek. Oproti tomu nekonvenční obrábění je založeno na využívání elektrických, tepelných a chemických účinků.

Toto základní dělení podle podstaty odebrání materiálu samozřejmě přetrvává do současnosti, avšak vzhledem k pokročilému stádiu vývoje je nutné dále rozdělit i tyto základní skupiny do dalších. Vzhledem k zadání práce nebudou uvažovány a dále charakterizovány metody, u nichž dochází k odebrání materiálu pomocí zmíněných

fyzikálních a chemických principů, naopak zbylá část této práce se bude věnovat právě konvenčnímu obrábění dle výše uvedené definice.

Vzhledem k významnému pokroku ve vývoji obráběcích strojů je v dnešní době zažité, že se u základního označení konvenční obrábění začalo znovu rozlišovat obrábění jako konvenční a moderní. Tentokrát však toto dělení nevystihuje podstatu způsobu odebrání třísky z materiálu, ale je definováno počtem řízených os.

Do základních druhů konvenčního obrábění se řadí především následující metody:

- Soustružení
- Frézování
- Broušení
- Vrtání
- Hoblování
- Obrázení

Konvenční stroje fungují jako jednoúčelové, sestrojené tak, aby na nich byla prováděna vždy jedna z výše uvedených metod obrábění. Mezi tyto stroje patří ty, které mají jednu až tři řízené osy, tzn., že do této kategorie patří klasické soustruhy, frézky, vyvrtávačky, hoblovky a další jedno, dvou a tří osé obráběcí stroje.

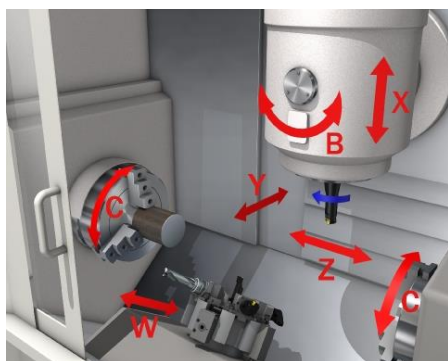
### **3.2.2 Víceosé obrábění**

Obráběcí stroje nepatřící do kategorie konvenčních strojů a pracující s více než třemi řízenými osami jsou považovány za moderní. Jedná se o nejnovější komplexní stroje využívající nejmodernější technologie a úroveň poznání. Do této kategorie lze zařadit především víceosá obráběcí centra.

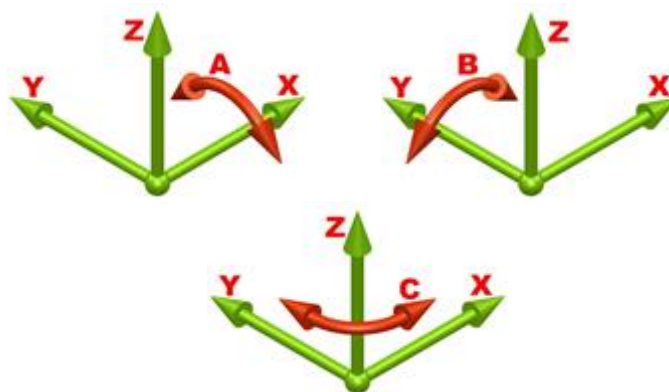
Víceosé obrábění lze považovat v tom případě, kdy je u soustruhu počet řízených os větší než dvě a u frézky je počet řízených os větší než tři. Dalším kritériem u rozdělení víceosého obrábění je rozlišení víceosého obrábění s polohováním a souvislé víceosé obrábění.

U víceosého obrábění s polohováním jsou tři základní lineární osy (X, Y, Z) plus rotační osy (A,B,C) tak, jak je zobrazeno na obrázku 2. Stroj tedy může pohybovat lineárními nebo rotačními osami, ale nelze s nimi pohybovat najednou. V tomto případě stroj nejprve natočí nástrojovou hlavu pomocí rotačních os a následně může začít pohyb po lineárních osách. Pomocí víceosého obrábění lze obrobit i složitější tvarové plochy obrobku.[1]

Souvislé víceosé obrábění umožňuje pohyb lineárních i rotačních os obráběcího stroje najednou. Pomocí souvislého víceosého obrábění lze dosáhnout maximálních přesností, geometrických a tvarových požadavků bez nutnosti přeupínání obrobku. Na obr. 3 je dále znázorněna přídatná osa W, která je paralelní s osou Z. Osa W ovlivňuje pohyb vřeten či protivřeten, kdežto osa Z ovlivňuje pohyb nástroje. [1]

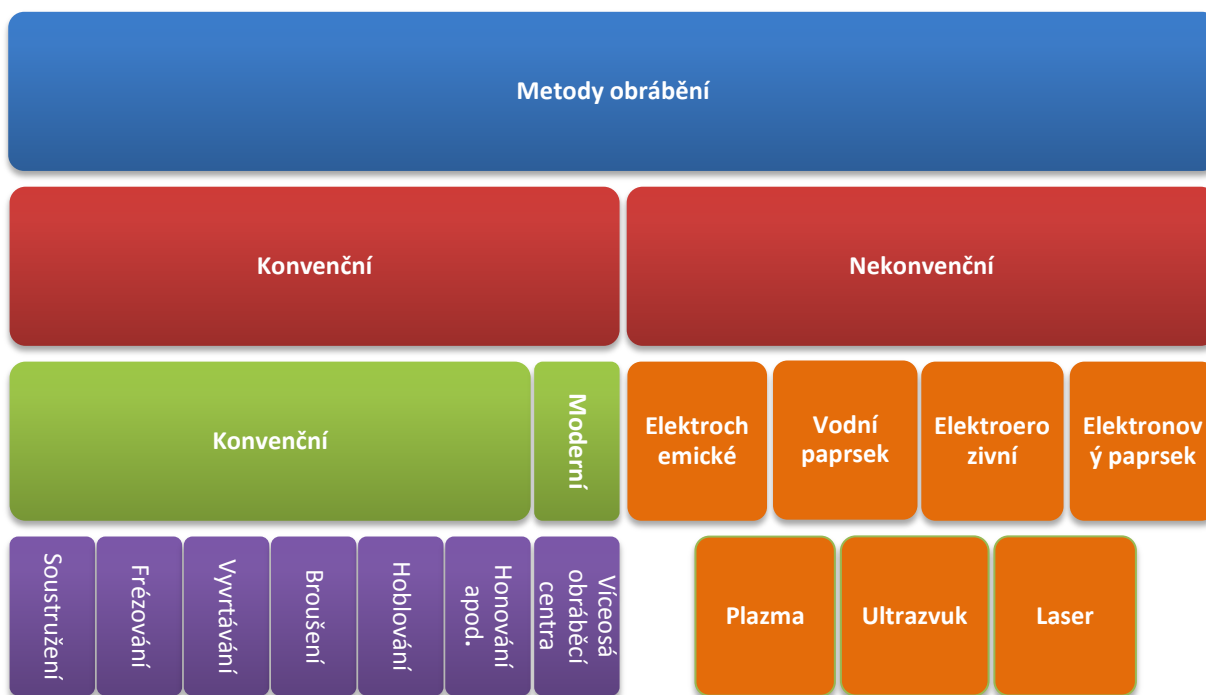


Obrázek 3 - Osy víceosého soustružnického centra



Obrázek 2 - Osy víceosého frézování

Výše popsané rozdělení metod obrábění a jejich běžné značení je pro vyšší přehlednost a pochopitelnost uvedeno v následujícím obrázku 4.



Obrázek 4 - Rozdělení metod obrábění

## 4 Programování CNC strojů

Programování CNC strojů se vyvíjelo z důvodu zvyšování kvality a produktivity práce. Nejdříve se začalo využívat „tvrdé automatizace“, což je řízení pomocí nárážek, šablon, vaček a dorazů. V této automatizaci se uplatňují automatické výrobní linky a jednoúčelové stavebnicové stroje. Tvrdou automatizaci je výhodné použít pouze ve velkosériové a hromadné výrobě, protože je velmi náročné změnit typ obrobku. Později byla vyvinuta „pružná automatizace“ (NC/CNC stroje). Automatizace výrobních operací pomocí číslicového řízení byla, tak jako většina činností, limitována znalostním vývojem, schopnostmi techniky a technologie. Na konci druhé světové války začaly být vyráběny proudové motory pro pohon stíhacích tryskových letadel. Lopatky kompresorů a turbín těchto motorů jsou na výrobu tvarově velmi náročné výrobky, které navíc musí splňovat velmi přísná kritéria kvality. Konvenční výroba byla časově zdlouhavá a tím velmi nákladná. Vzhledem k tomu, že v průběhu II. světové války byly sestrojeny první elektronické počítače, které mohly být použity jako základ řídicího systému stroje, bylo možno zkonstruovat první stroje řízené číslicovým řídicím systémem. [2,5]

Pružnou automatizaci lze snadno přizpůsobit změnám a je vhodná pro malosériovou i hromadnou výrobu. Během vývoje pružné automatizace se užívala tato nosná média informací[4]:

**děrný štítek, děrná páska** – hodnoty jsou zaznamenány v určitém kódu, který je tvořen seskupením děr podle určitých pravidel. Zápis programu měl být co nejstručnější.

**magnetická páska** – na rozdíl od děrného štítku a děrné pásky má vyšší záznamovou kapacitu a je možné pásku nebo její část vymazat a pak ji znovu použít.

V současnosti je program uchováván v řídicím systému jako datový soubor, z důvodu zpětné vazby zůstal formát programu zachován. Struktura programu a formát jednotlivých bloků (řádků programu) je dán normou ISO 6983. [4]

### 4.1 Způsoby programování[2]

Program lze sestavit včetně využívání techniky podprogramů a parametrického programování následovně:

- ručně,
- pomocí softwarových podpor.

#### Ručně

Program je tvořen programátorem pomocí ISO kódu a běžného textového editoru podle podkladů výrobního výkresu.

Systém ISO (DIN 66025) – je možné přímo zadávat jednotlivé bloky s patřičnými funkcemi včetně souřadnic. Jde méně často využívaný ale zároveň nejjednodušší systém.



## **Pomocí softwarových podpor**

Program je uspořádán pomocí speciálního softwaru, do kterého už programátor nezadává ISO kód, ale speciální instrukce, na základě kterých software vygeneruje základní podobu programu. Programátor tedy nemusí detailně ovládat ISO kód, ale musí perfektně ovládat software. I do takto vygenerovaných systémů je možné „ručně“ vstoupit, což ovšem není doporučeno, protože by mohlo dojít k porušení vazeb.[2]

**Programování pomocí CAD/CAM systému** – podmínkou je bezchybné zadávání dat. Výhodou systému je výrazné zkrácení doby určené pro programování stroje oproti ručnímu programování. Nevýhodou tohoto systému je možnost napadení sítě virem. V dnešní době se v oblasti CAD/CAM systémů používají tyto typické softwary: AutoCAD, CATIA, Autodesk Inventor, Pro/ENGINEER, SolidWorks, PowerMILL atd. Svými vlastnostmi jsou téměř srovnatelné, rozdíl je především v ceně.[2]

## **4.2 Dílenské programování**

Dílenské programování, jinak označované jako WOP – workshop oriented programming – funguje tím způsobem, že do řídicího softwaru je začleněna grafická podpora, což umožňuje programovat i poměrně složité součásti přímo na CNC stroji.

Dílenské programování je podle [6] charakterizováno tím, že využívá stejné programování pro různé technologie obrábění. Stejným způsobem je možné programovat operace frézování, soustružení nebo například broušení. Způsob programování v dílně i na externím programátorském pracovišti je jednotný, což přináší značné výhody a zjednodušení.

Dílenské programování má přímý vstup do stroje a využívá grafické podpory, která usnadňuje programovací proces. Popis geometrie obráběné součásti nezávisí na technologii obrábění a program je možné opakovaně editovat ve WOP nebo do něj ručně vstupovat a upravovat ho. Tato možnost s sebou ovšem nese také jistá rizika a nemusí být zcela výhodná, neboť může dojít k porušení vazeb.

### **4.2.1 Uplatnění dílenského programování:**

Hlavní cílovou skupinou využívající dílenského programování jsou firmy začínající s CNC obráběním, firmy bez znalosti NC programování, ale i bez znalosti vlastní technologie obrábění na CNC strojích. Potvrdilo se však, že se dílenské programování nerozšiřuje mezi jejich zákazníky se základní znalostí NC problematiky, ISO programování, kteří chtějí ovlivňovat způsoby drah obráběcích nástrojů. Kvalitní systémy dílenského programování nacházejí uplatnění i v provozech s více CNC obráběcími stroji tehdy, je-li důraz managementu výrobního provozu kladen na spojení NC programátora, seřizovače a obsluhy v jednoho zaměstnance starajícího se o přidělený stroj.[7]

### **4.2.2 Systémy dílenského programování:**

Systémy dílenského programování jsou vytvořeny třemi způsoby:

- řešení výrobců CNC řídicích systémů - např. Manuál Guide i (Fanuc), Navi-Mill, Navi-Lathe (Mitsubishi), ShopMill, ShopTurn (Siemens),

- řešení výrobců CNC obráběcích strojů - např. CAMWARE (Mazak), MAPS (Mori Seiki),
- řešení výrobců CNC obráběcích strojů, kteří si vyvíjejí i vlastní CNC řídicí systémy (např. Haas, Hurco a další).

Nabízené systémy dílenského dialogového programování jsou plně sofistikované, nabízející CNC obráběči „ruku“ při přípravě NC programů. [7]

#### **4.2.3 Omezení systému dílenského programování**

Systém dílenského programování nese se svými výhodami samozřejmě i jistá omezení, která jsou souhrnně popsána dle [7]:

- dostupnost a kvalita zaškolení a technické podpory od prodejce CNC obráběcího stroje, kvalita a jazyková dostupnost manuálů; toto platí i v případě přímé podpory od dodavatele řídicího systému, protože servisní technik nebo vývojář PLC není ten pravý NC technolog, který dokáže být přítelem na telefonu;
- otázka aktualizací servisu produktu, nahrání nové, opravené verze dílenského dialogového (konverzačního) programování;
- CAD geometrické nástroje dílenského dialogového (konverzačního) programování jsou většinou omezeny na tvorbu jednoduchých tvarů; tvorba geometrie přímo na panelu CNC řídicího systému při práci se standardním papírovým výkresem není příliš pohodlnou a rychlou záležitostí; grafické formáty CAD dat modelů zákazníků si nevybíráme a nemožnost importu CAD dat je omezující při tvorbě nabídky;
- programátor, který dialogové (konverzační) programování vyvíjel, většinou není technolog obráběč, při používání dílenského dialogového (konverzačního) programování nás může překvapit několik nedokonalostí, jakou může být například nemožnost definice polotovaru – můžeme volit pouze kvádr pro frézování, případně tyčovinu pro soustružení, ne výkovek, odlitek, svařenec apod.
- Ve srovnání s jinými softwarovými produkty sloužícími k řízení strojů, v případě dílenského programování není zcela jednoduché v případě potíží s tvorbou rozpracovaného dílu, který je tvořen přímo na CNC obráběcí stroji, vyžádat pomoc od centra technické podpory dodavatele. Rozpracovaný díl nelze poslat emailem, jako u jiných způsobů. Nezbyvá jiné cesty než telefon nebo zaplatit výjezd technické pomoci ke stroji, což není určitě odpovídající a nejrychlejší řešení, jaké je v danou chvíli potřeba.

### **4.3 Systém Mazatrol**

Systém MAZATROL je řídicí systém nejmodernějších obráběcích strojů od japonské firmy Yamazaki Mazak. Tato firma byla založena v roce 1919 a v roce 1927 byla zahájena výroba soustruhů a vrtaček. V roce 1981 přišel pro tuto firmu velký skok a byl vytvořen první dialogový CNC řídicí systém. Řídicí systém MAZATROL spadá do skupiny dílenského programování, které již bylo popsáno v předchozí kapitole. V tomto systému je možné využití ručního programování v ISO kódu pomocí M a G funkcí. Tvorba programu se může realizovat v dialogovém okně zobrazeném na obrázku 5, nebo je možné program vytvořit

v kanceláři na PC v systému MATRIX Mazatrol. Po vytvoření programu na PC se nahraje do stroje. Pro kontrolu správných drah nástrojů lze využít čárové nebo jednoduché objemové simulace.



Obrázek 5 - Dialogové okno Mazatrol

## Praktická část

Tato kapitola se zabývá porovnáním technologických možností víceosého a konvenčního obrábění. Toto porovnání bylo provedeno srovnáním technologických postupů pro obrábění tří zvolených referenčních součástí pro dvě výrobní varianty. Jednotlivými kroky praktické části této bakalářské práce byly proto stanoveny následovně:

- Vytvoření technologického postupu pro tři vybrané součásti při použití konvenčních obráběcích strojů
- Vytvoření technologického postupu pro tři vybrané součásti při použití víceosého obráběcího centra
- Porovnání vytvořených technologických postupů z technologického hlediska
- Vyhodnocení ekonomické náročnosti obou technologických variant
- Tvorba technologického postupu a NC programu pro výhodnější technologickou variantu pro zvolenou součást

## 5 Popis výrobních variant

Jak bylo zmíněno výše, porovnání možností konvenčního a víceosého obrábění bylo provedeno pomocí jednoduchého porovnání počtu pracovních úkonů, pomocí nichž je třeba vyrobit dále popsané součásti, a zároveň pomocí počtu strojů, na nichž jsou tyto úkony realizovány. Dále budou brány v potaz i další pracovní úkony, bez nichž by nebylo možné výrobu zmíněných součástí realizovat – tzn. úkony typu přenastavení strojů, využívání speciálních přípravků, případné mezioperační skladování apod.

### 5.1 Varianta A

Výrobní technologie varianty A je založena na využití dvou obráběcích strojů. Oba stroje byly voleny dle požadavků výrobní společnosti, ve které byly postupy této bakalářské práce ověřovány. Prvním z použitých strojů je soustruh od firmy Mazak, model QTNX 100, viz obr. 6.



Obrázek 6 - Mazak QTNX 100

Mazak QTNX 100 patří do světové třídy CNC soustruhů, který disponuje využitím moderních technologií, vysokou produktivitou, výkoností stroje a hlavně bezpečností stroje. Bližší technické údaje jsou přehledně uvedeny v tabulce 1.

<b>Výrobce stroje</b>	<b>Yamazaki Mazak</b>
<b>Řídicí systém stroje</b>	Mazatarol Matrix
<b>Počet vřeten</b>	1
<b>Počet nástrojových hlav</b>	1
<b>Počet nástrojů v nástrojové hlavě</b>	12
<b>Max. průměr tyče</b>	51 [mm]
<b>Max. otáčky vřetene</b>	6000 [ot/min]
<b>Vyjímání obrobku z vřetena</b>	Plechový košíček
<b>Počet řízených os</b>	2 (X1, Z1)

Tab. 1 - Technické parametry Mazak QTNX 100

Druhým obráběcím strojem použitým ve variantě A je 3osá frézka od firmy Kovosvit, MAS MCV 754 Quick, viz obr. 7. MAS MCV 754 Quick je charakteristická převážně svou vysokou tuhostí konstrukce. Vyniká svou kvalitou, výkonností, spolehlivostí a přesností.



Obrázek 7 - Kovosvit, MAS MCV 754 Quick[8]

V následující tabulce 2 jsou souhrnně uvedeny bližší technické parametry.

<b>Výrobce stroje</b>	<b>Kovosvit Mas</b>
<b>Řídicí systém stroje</b>	Heidenhain iTNC 530
<b>Počet vřeten</b>	1
<b>Počet zásobníků</b>	1
<b>Počet nástrojů v zásobníku</b>	24
<b>Max. upínací plocha stolu</b>	1000 x 500 [mm]
<b>Max. otáčky vřetene</b>	10000 [ot/min]
<b>Kuželová dutina vřetene</b>	ISO 40
<b>Počet řízených os</b>	3 (X1, Y1, Z1)

Tab. 2 - Technické parametry MAS MCV 754 Quick

Výše uvedené obráběcí stroje mají dvě (soustruh) a tři (frézka) řízené osy a tudíž spadají podle dělení popsaného v kapitole 3.2 do kategorie konvenčních obráběcích strojů. Varianta A, se kterou se bude pracovat v následujících kapitolách, je založena na klasických metodách obrábění.

## 5.2 Varianta B

Výrobní technologie varianty B je založena na využití víceosého obráběcího centra opět od firmy Mazak. Konkrétně se jedná o model HYPER QUADREX 150MSY, viz obr.8.



Obrázek 8 - Mazak Hyper QUADREX 150MSY

Stejně jako u předcházející varianty A byl typ stroje volen s ohledem na požadavky společnosti. Toto obráběcí centrum disponuje dvěma vřeteny a dvěma nástrojovými hlavami, které zajišťují vysokou produktivitu obráběcího procesu. Obě vřetena mohou pracovat společně nebo odděleně, což zvyšuje efektivitu obrábění a na stejném principu mohou pracovat obě nástrojové hlavy. Bližší technické parametry jsou přehledně uvedeny v tabulce 3.

<b>Výrobce stroje</b>	<b>Yamazaki Mazak</b>
<b>Řídicí systém stroje</b>	Mazatarol Matrix
<b>Počet vřeten (primární, sekundární)</b>	2
<b>Počet nástrojových hlav</b>	2 (horní, dolní)
<b>Počet nástrojů v horní nástrojové hlavě</b>	12
<b>Počet nástrojů v dolní nástrojové hlavě</b>	12
<b>Max. průměr tyče</b>	65 [mm]
<b>Max. otáčky na obou vřetenech</b>	6000 [ot/min]
<b>Vyjímání obrobku z primárního vřetena</b>	Plechový košíček
<b>Vyjímání obrobku ze sekundárního vřetena</b>	Manipulátor
<b>Počet řízených os</b>	9 (X1, Z1, C1, Y1, X2, Z2, C2, Y2, W)

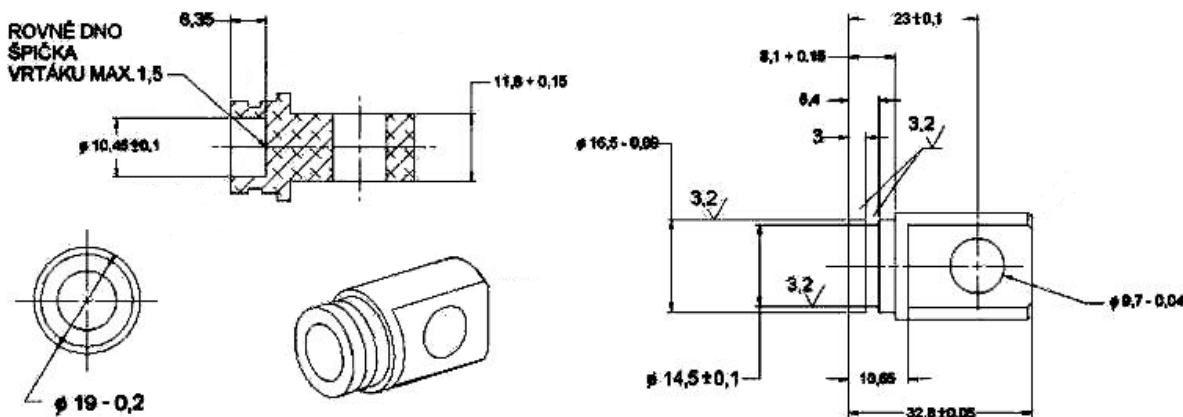
Tab. 3 - Technické parametry Mazak Hyper QUADREX 150MSY

Jak uvádí výše uvedená tabulka, obráběcí stroj HYPER QUADREX 150MSY disponuje devíti řízenými osami, což je podle dělení v kapitole 3.2.2 jasný příklad moderního víceosého obráběcího centra. Tento stroj je schopen komplexních obráběcích operací, v nichž je možno sdružovat původní možnosti standardních obráběcích strojů do jednoho, a proto je možné vyrábět většinu součástí na jednom stroji při jednom upnutí.

## 6 Vybrané součásti

Pro porovnání jednotlivých variant byly vybrány tři tvarově složitější rotační součásti, popsány níže. Hlavní obráběcí operací u těchto součástí bylo soustružení, ale u všech součástí bylo nutné provést také frézovací, vrtací a závitovací operace.

### 6.1 Součást 1



Obrázek 9 - Součást 1

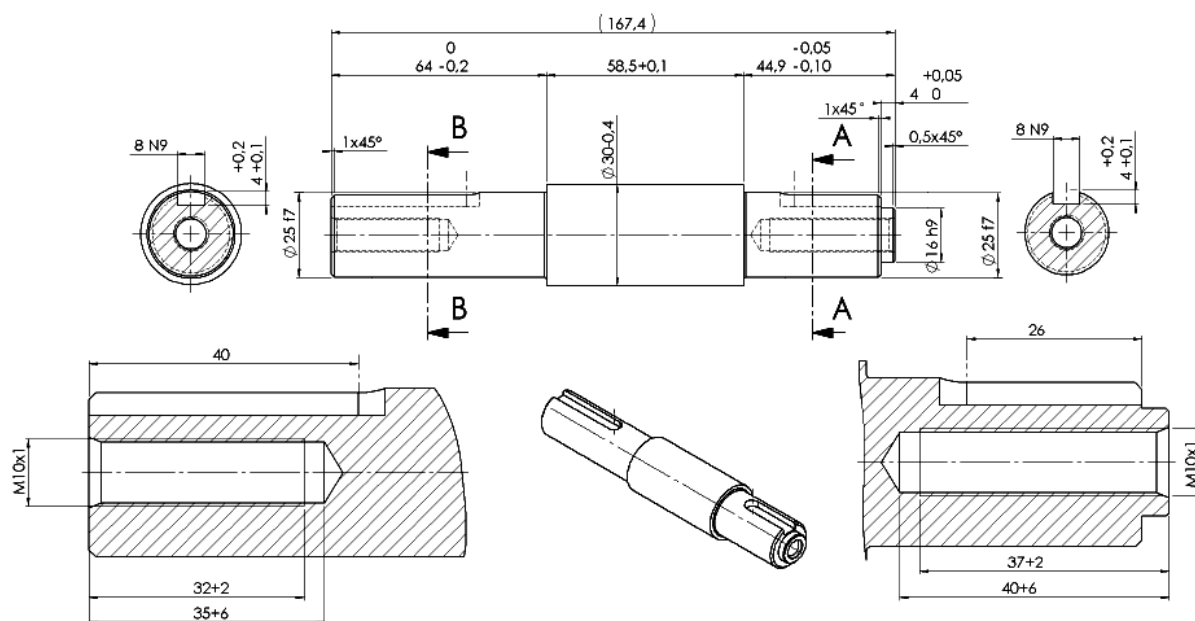
Jak je patrné z obrázku 9, součást 1 je rotačního typu. Tato součást má maximální  $\phi 19$ mm s tolerancí  $-0,2$ mm a maximální délku  $32,8 \pm 0,05$ mm. Průměr  $19$ mm je v délce  $24,7$ mm z pravé strany při pohledu na výkres, na tomto průměru jsou z obou stran vyfrézované plochy v délce  $22,15$ mm a šířce  $11,8 \pm 0,15$ mm. Na vyfrézované ploše je vyvrtaná díra o  $\phi 9,7 - 0,04$ mm ve vzdálenosti  $23 \pm 0,1$ mm od levé strany. Z levé strany je  $\phi 16,5 - 0,09$ mm v délce  $3$ mm kde je přípustná maximální drsnost  $3,2$ . Poté následuje zápich o  $\phi 14,5 \pm 0,1$ mm v délce  $2,4$ mm s drsností  $3,2$  a dále je opět  $\phi 16,5$ mm. Posledním konstrukčním prvkem na součásti z levé strany je vyvrtaná díra hloubky  $6,35$ mm a  $\phi 10,45 \pm 0,1$ mm, u níž je požadováno rovné dno, ale je zde povolena odchylka  $1,5$ mm od špičky vrtáku.

Výrobní výkres součásti je v příloze 13.1.





### 6.3 Součást 3



Obrázek 11 - Součást 3

Poslední součást je opět rotačního typu o maximální délce 167,4mm. Prvním průměrem na hřídeli je  $\varnothing 25 f7$  v délce  $64 0-0,2$ , dále je  $\varnothing 30 -0,4$ mm v délce  $58,5 +0,1$ mm, poté následuje stejný průměr jako na začátku a to je  $\varnothing 25 f7$  v délce  $40,9 -0,05 -0,10$ . Z pravé strany je ještě osazení s  $\varnothing 16 h9$ . Z levé strany je vyvrtaná díra v délce  $35+6$ mm a v této díře je závit M10x1 a to v délce  $32+2$ . Na vnějším průměru je sražení hrany  $1x45^\circ$  a drážka pro pero v šířce 8 N9, hloubce  $4 +0,1+0,2$  a délce 40mm od levého okraje. Z pravé strany je opět vyvrtaná díra v délce  $40+6$ mm a v této díře je také závit M10x1, který je vyříznutý v délce  $37+2$ mm. Na průměru 16 h9 je sražení vnější hrany  $0,5x45^\circ$  a na průměru 25 f7 je sražení hrany  $1x45^\circ$ . Jako posledním prvkem na této součásti je z pravé strany drážka pro pero v šířce 8 N9, hloubce  $4 +0,1+0,2$ mm a délce 26mm od pravé hrany  $\varnothing 25 f7$ .

Výrobní výkres součásti 3 je v příloze 13.3.

## 7 Návrh technologických postupů – varianta A

Jak již bylo zmíněno v předcházející kapitole, výroba zvolených součástí při využití varianty A byla realizována na soustruhu Mazak QTNX 100 a frézce Kovosvit, MAS MCV 754 Quick. Vzhledem k vlastnostem jednotlivých strojů a jejich technologickým možnostem výroby je pravděpodobné, že součásti bude třeba vyrábět na několik upnutí.

V následujících odstavcích jsou popsány jednotlivé postupy pro každou součást.

### 7.1 Návrh postupu – součást 1

Výroba součásti 1 při variantě A je zahájena na stroji Mazak, jehož specifikace jsou uvedeny v tab. 1. Prvním úkonem je upnutí polotovaru, po němž následuje zarovnání čela, dále se hrubuje  $\varnothing 16,5\text{mm}$  a  $\varnothing 19\text{mm}$ . Dalšími pracovními úkony je soustružení načisto  $\varnothing 16,5\text{mm}$  a  $\varnothing 19\text{mm}$ , zápich v šířce 2,4mm, vyvrtání díry o  $\varnothing 10,45\text{mm}$ , sražení hrany v díře a následné upíchnutí. Tabulka 4 přehledně uvádí sled jednotlivých pracovních úkonů pro výrobu součásti 1 na soustruhu Mazak.

<b>Stroj: Mazak QTNX 100</b>
1. Automatické upnutí tyče ve vřetení
2. Zarovnat čelo
3. Hrubovat $\varnothing 16,5\text{mm}$ a $\varnothing 19\text{mm}$
4. Hotově $\varnothing 16,5\text{mm}$ a $\varnothing 19\text{mm}$
5. Zápich šířka 2,4mm
6. Předvrtat díru $\varnothing 10\text{mm}$
7. Vrtat díru $\varnothing 10,45\text{mm}$
8. Zarovnat dno $\varnothing 10,45\text{mm}$
9. Sražení hrany $\varnothing 10,45\text{mm}$
10. Upíchnutí

Tab. 4 - Pracovní úkony - Mazak QTNX 1000

Vzhledem k tomu, že se součást vyrábí v sérii a ve společnosti není využívána metoda One-Piece-Flow, po obrábění na soustruhu se ukládají obrobeneé kusy do beden s rozpracovanou výrobou a jsou přesunuty do skladu. Následuje mezioperační skladování. Rozpracované kusy jsou skladovány do ukončení výroby celé série. Až po dokončení celé série na stroji Mazak, se přechází na dokončení součástí na stroji MAS MCV.

Po obrobení celé série a jejím vyskladnění z mezioperačního skladu jsou součásti připraveny pro obrábění na druhém stroji, Kovosvit MAS, jehož technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.

První pracovní úkon je upnutí součásti do dělicího přístroje, dále je ofrézována plocha, po ofrézování se součást otočí o  $180^\circ$  pomocí dělicího přístroje a vyfrézuje se plocha z druhé strany. Následují pracovní úkony: vyvrtání díry, sražení hrany v díře, otočení součásti o  $180^\circ$ , sražení hrany v díře z druhé strany. Obdobně jako u předcházejícího stroje, tabulka 5 přehledně uvádí sled jednotlivých pracovních úkonů pro výrobu součásti 1 na frézce Kovosvit MAS.

<b>Stroj: MAS MCV 754 Quick</b>
1. Ruční upnutí do dělicího přístroje
2. Frézovat plochu 11,8+0,15mm
3. Otočení dílu o 180°
4. Frézovat plochu 11,8+0,15mm
5. Vrtat díru Ø 9,7mm
6. Sražení hrany Ø 9,7mm
7. Otočení dílu o 180°
8. Sražení hrany Ø 9,7mm
9. Úpich

Tab. 5 – Pracovní úkony - MAS MCV 754 Quick

## 7.2 Návrh postupu – součást 2

Prvním obráběcím úkonem pro součást 2 a variantu A je upnutí polotovaru do stroje MAZAK. Samotný proces obrábění začíná zarovnáním čela, po kterém následuje hrubování Ø 24mm, vyvrtání díry o Ø 22mm, sražení hrany této díry a zápich v díře o šířce 1,8mm. Po obrobění zápichu se součást upíchně. Dále se součást otočí a ručně se upne za obrobenou plochu. Z druhé strany se zarovná čelo a provede se hrubování Ø 22mm a Ø 23,6mm. Jednotlivé kroky tohoto postupu jsou souhrnně uvedeny v tabulce 6.

<b>Stroj: Mazak QTNX 100</b>
1. Automatické upnutí tyče ve vřetení
2. Zarovnání čela
3. Hrubovat Ø 24mm
4. Hotově Ø 24mm
5. Sražení vnější hrany
6. Vrtat díru Ø 20mm
7. Sražení hrany v díře Ø 20mm
8. Zápich šířka 1,8mm
9. Úpich
10. Otočení + ruční upnutí dílu
11. Zarovnání čela
12. Hrubování Ø 22mm a Ø 23,6mm
13. Hotově Ø 22mm a Ø 23,6mm

Tab. 6 - Pracovní úkony - Mazak QTNX 100

Tímto způsobem jsou obroběny všechny díly v sérii a až po jejich dokončení se přechází na druhý stroj. Po obrobění všech dílů na CNC soustruhu pokračuje obráběcí proces na CNC frézce.

Prvním úkonem na CNC frézce je upnutí součásti do dělicího přístroje a prvním obráběcím úkonem je frézování plošky, po kterém se vyvrtá díra o Ø 2mm a srazí se v ní hrana. Dalším krokem je přeupnutí součásti a obrobění druhé strany, kde se provádí frézování plochy, poté se součást otočí o 180° kde se obrobí druhá strana. Dalším obráběcím úkonem je frézování drážky, vyvrtání díry o Ø 10,85mm a sražení hran v této díře. Všechny pracovní úkony jsou sepsány v tab.7.

<b>Stroj: MAS MCV 754 Quick</b>
1. Ruční upnutí do dělicího přístroje
2. Frézovat plošku 11,4-0,1mm
3. Vrtat díru Ø 2mm
4. Otočení + Ruční upnutí do dělicího přístroje
5. Frézovat plochu 18mm
6. Otočení dílu o 180°
7. Frézovat plochu 18mm
8. Otočení dílu o 90°
9. Frézovat drážku šířka 10,2mm
10. Vrtat díru Ø 10,85mm
11. Sražení hrany Ø 10,85mm
12. Otočení dílu o 180°
13. Sražení hrany Ø 10,85mm

Tab. 7 - Pracovní úkony - MAS MCV 754 Quick

Stejně jako u součásti 1 je u součásti 2 při variantě A potřeba mezioperačního skladování mezi výrobou na stroji Mazak QTNX 100 a MAS MCV 754 Quick.

### 7.3 Návrh postupu – součást 3

Výroba součásti 3 u varianty A je stejně jako u předchozích součástí zahájena obráběním na stroji Mazak QTNX 100. Technologický postup se bude skládat celkově z 23 pracovních úkonů. Součást 3 se bude obrábět na 4 upnutí.

Nejprve se součást upne do stroje MAZAK. Po upnutí následuje první obráběcí úkon, čímž je zarovnání čela. Po něm následují: hrubování Ø 25mm a Ø 30mm, sražení vnější hrany 1x45°, vyvrtání díry se závitem M10x1. Po provedení těchto operací je nutné upíchnutí. Po upíchnutí se součást otočí a ručně se upne. Poté následuje zarovnání čela součásti z druhé strany, hrubování Ø 16mm a Ø 25mm s následným sražením hran a vyvrtání díry se závitem M10x1. Po provedení těchto operací je součást připravena k upnutí do druhého stroje MAS MCV 754 Quick.

<b>Stroj: Mazak QTNX 100</b>
1. Automatické upnutí tyče ve vřetení
2. Zarovnání čela
3. Hrubovat Ø 25mm a Ø 30mm
4. Hotově Ø 25mm a Ø 30mm
5. Sražení vnější hrany 1x45°
6. Vrtat díru Ø 10mm
7. Sražení vnitřní hrany
8. Závít M10x1
9. Úpich
10. Otočení + ruční upnutí dílu
11. Zarovnání čela
12. Hrubování Ø 16mm a Ø25mm
13. Hotově Ø 16mm a Ø 25mm
14. Sražení vnějších hran 0,5x45° a 1x45°
15. Vrtat díru Ø 10mm

16. Sražení vnitřní hrany
---------------------------

17. Závít M10x1
-----------------

Tab. 8 - Pracovní úkony - Mazak QTNX 100

Na frézce MAS MCV 754 Quick se součást ručně upne do dělicího přístroje a vyfrézuje se drážka o šířce 8mm v délce 40mm a srazí se zde hrany. Poté se součást otočí a znovu se upne do dělicího přístroje. Po upnutí následuje vyfrézování drážky o šířce 8mm a délce 26mm a jako poslední je sražení hrany v drážce. Všechny pracovní úkony jsou přehledně uvedeny v tabulce 9.

<b>Stroj: MAS MCV 754 Quick</b>
---------------------------------

1. Ruční upnutí do dělicího přístroje
---------------------------------------

2. Frézovat drážku šířka 8mm
------------------------------

3. Sražení hrany v drážce
---------------------------

4. Otočení + Ruční upnutí do dělicího přístroje
---

5. Frézovat drážku šířka 8mm
------------------------------

6. Sražení hrany v drážce
---------------------------

Tab. 9 - Pracovní úkony - MAS MCV 754 Quick

Totožným způsobem jako u součásti 1 a 2 je u součásti 3 při variantě A potřeba mezioperačního skladování mezi výrobou na stroji Mazak QTNX 100 a MAS MCV 754 Quick.

## 8 Návrh technologických postupů – varianta B

Jak bylo vysvětleno v popisu technologické varianty B v kapitole 5.2, tento způsob výroby je založen na využití technologickým možností komplexního víceosého obráběcího centra Mazak Hyper QUADREX 150MSY. Následující odstavce vysvětlují technologický postup výroby všech dříve zmíněných součástí.

### 8.1 Návrh postupu – součást 1

Sled pracovních úkonů pro variantu B pro součást 1 je patrný z tab. 10. Při využití víceosého obráběcího stroje Mazak Hyper QUADREX 150MSY je možné součást obrobít pouze na jedno upnutí s následujícími patnácti pracovními úkony, přičemž se začíná zarovnáním čela, po kterém následuje hrubování  $\varnothing 16,5\text{mm}$  a  $\varnothing 19\text{mm}$  a následně načisto  $\varnothing 16,5\text{mm}$  a  $\varnothing 19\text{mm}$ . Dalším úkonem je vytvoření zápichu v šířce 2,4mm. Vyvrtání díry o  $\varnothing 10,45\text{mm}$  následuje ve 3 následujících krocích, poté se vyfrézuje plocha a v posledních krocích se vyvrtává díra  $\varnothing 9,7\text{mm}$  se sražením hran v této díře. Posledním pracovním úkonem je upíchnutí.

1. Upnutí tyče ve vřetení	9. Frézovat plochu 11,8+0,15mm
2. Zarovnat čelo	10. Otočení dílu o 180°
3. Hrubovat $\varnothing 16,5\text{mm}$ a $\varnothing 19\text{mm}$	11. Frézovat plochu 11,8+0,15mm
4. Hotově $\varnothing 16,5\text{mm}$ a $\varnothing 19\text{mm}$	12. Vrtat díru $\varnothing 9,7\text{mm}$
5. Zápich šířka 2,4mm	13. Sražení hrany $\varnothing 9,7\text{mm}$
6. Vrtat díru $\varnothing 10,45\text{mm}$	14. Otočení dílu o 180°
7. Zarovnat dno $\varnothing 10,45\text{mm}$	15. Sražení hrany $\varnothing 9,7\text{mm}$
8. Sražení hrany $\varnothing 10,45\text{mm}$	16. Úpich

Tab. 10 - Pracovní úkony Mazak Hyper QUADREX 150MSY Součást 1

### 8.2 Návrh postupu – součást 2

Pracovní postup se skládá z 24 pracovních úkonů. Vzhledem k možnostem víceosého centra a jeho dvěma pracovními vřetením se bude součást obrábět na 2 upnutí. Sled pracovních úkonů je podrobněji rozepsán v tab. 11. Prvním obráběcím úkonem je zarovnání čela, dále následuje hrubování  $\varnothing 24\text{mm}$ , vrtání díry o  $\varnothing 20\text{mm}$ , zápich o šířce 1,8mm, sražení vnější hrany z  $\varnothing 24\text{mm}$  na  $\varnothing 22\text{mm}$ . Jako poslední dva pracovní úkony v primárním vřetení se ofrézuje plocha na  $\varnothing 24\text{mm}$  a vyvrtá se malá díra o  $\varnothing 2\text{mm}$ . Po vyvrtání díry se obrobek automaticky upne do protějšího (sekundárního) vřeteně a součást se upíchne. Po upnutí obrobku do protějšího vřeteně se hrubuje  $\varnothing 22\text{mm}$  a  $\varnothing 23,6\text{mm}$ , ofrézují se plochy na  $\varnothing 22\text{mm}$ , dále se vyfrézuje drážka v šířce 10,2mm na  $\varnothing 22\text{mm}$  a vyvrtá se díra o  $\varnothing 10,85\text{mm}$ , kde se srazí hrany z obou stran na této díře.

1. Upnutí tyče ve vřetení	13. Zarovnat čelo
2. Zarovnání čela	14. Hrubování $\varnothing 22\text{mm}$ a $\varnothing 23,6\text{mm}$
3. Hrubovat $\varnothing 24\text{mm}$	15. Hotově $\varnothing 22\text{mm}$ a $\varnothing 23,6\text{mm}$
4. Hotově $\varnothing 24\text{mm}$	16. Frézovat plochu 18mm
5. Sražení vnější hrany	17. Otočení dílu o 180°
6. Vrtat díru $\varnothing 20\text{mm}$	18. Frézovat plochu 18mm
7. Sražení hrany v díře $\varnothing 20\text{mm}$	19. Otočení dílu o 90°
8. Zápich šířka 1,8mm	20. Frézovat drážku šířka 10,2mm
9. Frézovat plošku 11,4-0,1mm	21. Vrtat díru $\varnothing 10,85\text{mm}$

10. Vrtat díru $\varnothing$ 2mm	22. Sražení hrany $\varnothing$ 10,85mm
11. Přepnutí do protivřetene	23. Otočení dílu o $180^\circ$
12. Úpich	24. Sražení hrany $\varnothing$ 10,85mm

Tab. 11 - Pracovní úkony Mazak Hyper QUADREX 150MSY - Součást 2

### 8.3 Návrh postupu – součást 3

Stejně jako předcházející součást se i tato bude opět obrábět na dvě upnutí. Nejprve se upne polotovar - tyč, poté se provede zarovnání čela, hrubování  $\varnothing$  25mm a  $\varnothing$  30mm. Dalším obráběcím úkonem je vyfrézování drážky v šířce 8mm a délce 40mm, sražení hrany v drážce. Dále následuje sražení vnější hrany na  $\varnothing$  25mm. Posledním úkonem je vyvrtání díry se závitem, což se provede ve 21 následujících krocích, po dokončení závitu se obrobek automaticky přepne do druhého (sekundárního) vřetene, upíchne se a začne obrábění druhé strany hřídele. Začíná se zarovnáním čela, dále je hrubování  $\varnothing$  16mm,  $\varnothing$  25mm a  $\varnothing$  30mm, vyfrézování drážky, sražení hrany v drážce, sražení vnějších hran na  $\varnothing$  16mm a  $\varnothing$  25mm. Poslední obráběcí úkony jsou vyvrtání díry a závitu, což se provede v posledních krocích. Kompletní přehled postupu výroby součásti 3 je opět uveden v tabulce 12.

1. Upnutí tyče ve vřeteni	12. Úpich
2. Zarovnání čela	13. Zarovnání čela
3. Hrubovat $\varnothing$ 25mm a $\varnothing$ 30mm	14. Hrubování $\varnothing$ 16mm a $\varnothing$ 25mm
4. Hotově $\varnothing$ 25mm a $\varnothing$ 30mm	15. Hotově $\varnothing$ 16mm a $\varnothing$ 25mm
5. Sražení vnější hrany $1 \times 45^\circ$	16. Sražení vnějších hran $0,5 \times 45^\circ$ a $1 \times 45^\circ$
6. Frézovat drážku šířka 8mm	17. Frézovat drážku šířka 8mm
7. Sražení hrany v drážce	18. Sražení hrany v drážce
8. Vrtat díru $\varnothing$ 10mm	19. Vrtat díru $\varnothing$ 10mm
9. Sražení vnitřní hrany	20. Sražení vnitřní hrany
10. Závit M10x1	21. Závit M10x1
11. Přepnutí do protivřetene	

Tab. 12 - Pracovní úkony Mazak Hyper QUADREX 150MSY - Součást 3

### 8.4 Volba řezných parametrů, nástrojů, přípravků

Řezné podmínky jsou vždy voleny v závislosti na vlastnostech materiálu obrobku, na vlastnostech stroje, nástroje i prostředí. Řezné podmínky se volí i s ohledem na požadované vlastnosti obrobku, jako je například drsnost obrobeného povrchu, přesnost tvaru a rozměrů, ovlivnění povrchové vrstvy a podobně. Součást 1 a 2 je z materiálu EN AW 2024 a EN AW 7075, třetí součást je z automatové oceli. Všechny tři součásti se upínají do klasického sklíčidla a následně do sklíčidla s měkkými čelistmi, dále ani u jedné součásti není potřeba použití speciálních přípravků.

Rozdíl ve volbě řezných podmínek u technologických variant A a B se odvíjí od rozdílné konstrukce výrobních zařízení. Pro frézovací operace na stroji MAS MCV lze využít vyšší tuhosti upnutí nástroje pomocí upínače s ISO kuželem. Tento způsob upnutí má vyšší tuhost než v případě upnutí u varianty s využitím CNC soustružnického centra, proto lze obrábět vyšší řeznou rychlostí i posuvem. U CNC soustružnického centra není využito ISO kužele a nástroj je upnut pouze v upínacím pouzdře.

### **Součást 1**

- Označení materiálu: EN AW 2024 T351 ALUM, ČSN 424203
- Chemické označení: AlCu4Mg1
- Vlastnosti materiálu: nevhodný ke svařování, k eloxování, obrobitelnost je velmi dobrá, korozní odolnost je přijatelná, dá se leštit, má vysokou pevnost - pevnost v tahu 420MPa (tvrdost cca 120 HBW).

### **Součást 2**

- Označení materiálu: EN AW 7075, DIN EN 573-3
- Chemické označení AlZnMgCu1,5
- Vlastnosti materiálu: nevhodný ke svařování, k eloxování, použití ve vytvrzeném stavu, snížená odolnost proti korozi, je velmi dobře obrobitelný, leštitelný, velmi vysoká pevnost - pevnost v tahu 460-540MPa (tvrdost cca 135-161HBW).

### **Součást 3**

- Označení materiálu: EN 11SMn30, ČSN 11109
- Vlastnosti materiálu: automatová ocel je velmi dobře obrobitelná, po obrobení je drsnost ploch velmi dobrá, pevnost v tahu 380-520MPa

Volba řezných podmínek, volba nástrojů a přípravků bude detailně stanovena až pro technologický postup výroby konkrétní vybrané součásti pro výhodnější technologickou variantu v kapitole 10.



## 9 Porovnání výrobních variant

Cílem následujících odstavců je porovnat výrobní varianty A a B a pomocí tohoto porovnání zvolit vhodnější a výhodnější variantu. Porovnání výrobních variant je provedeno v následujících oblastech:

- Počet použitých strojů
- Počet operací
- Počet upnutí
- Náročnost přípravy výroby
- Kvalita
- Prostorová náročnost
- Náklady

Zmíněné oblasti byly vybrány z důvodů jasných ekonomických i technologických přínosů při volbě vhodnější varianty.

### Počet použitých strojů

Varianta A využívá dva konvenční obráběcí stroje, zatímco varianta B pracuje pouze s jedním komplexním víceosým obráběcím centrem. Počet použitých strojů je vhodné zohlednit z hlediska pořizovacích nákladů a prostorové náročnosti. Vzhledem k tomu, že přesné pořizovací ceny strojů nejsou pro účely práce k dispozici, neboť ty jsou předmětem konkrétní nabídky, je možné porovnat počet použitých strojů pouze z hlediska přímé prostorové náročnosti. Z hlediska výrobního layoutu musíme uvažovat, že samotné stroje pro výrobní variantu A zabírají dle dokumentace jednotlivých strojů cca 9m<sup>2</sup>, zatímco obráběcí stroj pro variantu B zabírá pouze 6,5m<sup>2</sup> – bez dalších příslušenství, odkládacích boxů apod. Z tohoto hlediska je výhodnější varianta B.

Počet strojů	Součást 1	Součást 2	Součást 3
Varianta A	2	2	2
Varianta B	1	1	1
Potřebná podlahová plocha		m <sup>2</sup>	
Varianta A (2 stroje)		8,9	
Varianta B (1stroj)		6,5	

Tab. 13 - Porovnání z hlediska počtu strojů

Ve srovnání počtu strojů bez ohledu na pořizovací náklady je pro všechny součásti výhodnější varianta B.

### Počet operací

V následující tabulce 14 je uveden počet operací u všech součástí pro varianty A a B:

Počet operací	Součást 1	Součást 2	Součást 3
Varianta A	19	25	23
Varianta B	16	24	21

Tab. 14 - Porovnání z hlediska počtu operací

Ve všech třech případech je z hlediska počtu operací lepší varianta B.

### Počet upnutí

Počet upnutí je odlišný u jednotlivých variant pro každou součást. Počet upnutí má smysl zohledňovat především z důvodu kvality. Každé znovuupnutí nese riziko vzniku chyb a zanášení nepřesností do výroby. V ideálním případě je vhodné obrábět součást na jediné upnutí. Jak je patrné v tabulce 15, u varianty B je u všech třech součástí počet upnutí při výrobě menší.

Počet upnutí	Součást 1	Součást 2	Součást 3
Varianta A	2	4	4
Varianta B	1	2	2

Tab. 15 - Porovnání z hlediska počtu upínání

### Náročnost přípravy výroby

Náročnost přípravy výroby spočívá v několika faktorech. V první řadě je třeba zohlednit tvorbu řídicího programu pro obráběcí stroje. Ve variantě A se využívá dvou obráběcích strojů a proto je třeba pro každou součást vytvořit dva řídicí programy. Ve srovnání s tím je u varianty B potřeba pro každou součást pouze jeden řídicí program. Na druhé straně je třeba si uvědomit, že řídicí program pro variantu B je rozsáhlejší a bude obsahovat více příkazů než jednodušší programy u varianty A.

U varianty A je třeba plánovat výrobu pro dva obráběcí stroje, kdežto u B pouze pro jeden stroj. Plánování pro variantu A je podrobnější, musí se zohledňovat kapacity obou strojů, kapacity více pracovníků, kteří musí stroj obsluhovat. Dále je třeba plánovat místo pro mezioperační skladování, přítomnost manipulačních prostředků pro přesun rozpracované výroby do skladu apod.

Ze zmíněných důvodů je příprava výroby pro variantu A složitější než pro variantu B.

### Kvalita

Přesnost a jakost obrobků jednotlivých strojů u obou variant je víceméně srovnatelná a záleží především na vhodně zvolených nástrojích a řezných podmínkách. Správnost této volby však přímo nesouvisí s vlastností konkrétních variant. Jak bylo zmíněno v předchozích odstavcích, jediný parametr, který je z hlediska kvality u obou variant ovlivnitelný, je právě dříve zmíněný počet upnutí. S rostoucím počtem upnutí se může vnašet chyba přesnosti. Z tohoto hlediska je výhodnější varianta B.

### Prostorová náročnost

V předcházejících odstavcích byly porovnány výrobní varianty z hlediska počtu strojů a s tím související prostorová náročnost jednotlivých strojů. Jak však plyne z charakteristiky výrobní varianty A, ve výrobním layoutu je třeba zohlednit potřebu připravených boxů pro rozpracovanou výrobu a její mezioperační skladování. Pro každý stroj je zároveň potřeba přítomnost vstupního materiálu, což u varianty A opět zabírá 2x více místa než u varianty B.

Dále vzhledem k tomu, že veškerou rozpracovanou výrobu není možné skladovat přímo u strojů či v prostorách výroby, je nutné mít volné skladovací kapacity v centrálním skladu. U varianty B tato potřeba odpadá, neboť všechny vstupní materiál je rovnou zpracováván a po obrobení je přesunut přes kontrolu do výstupního skladu.

### **Náklady**

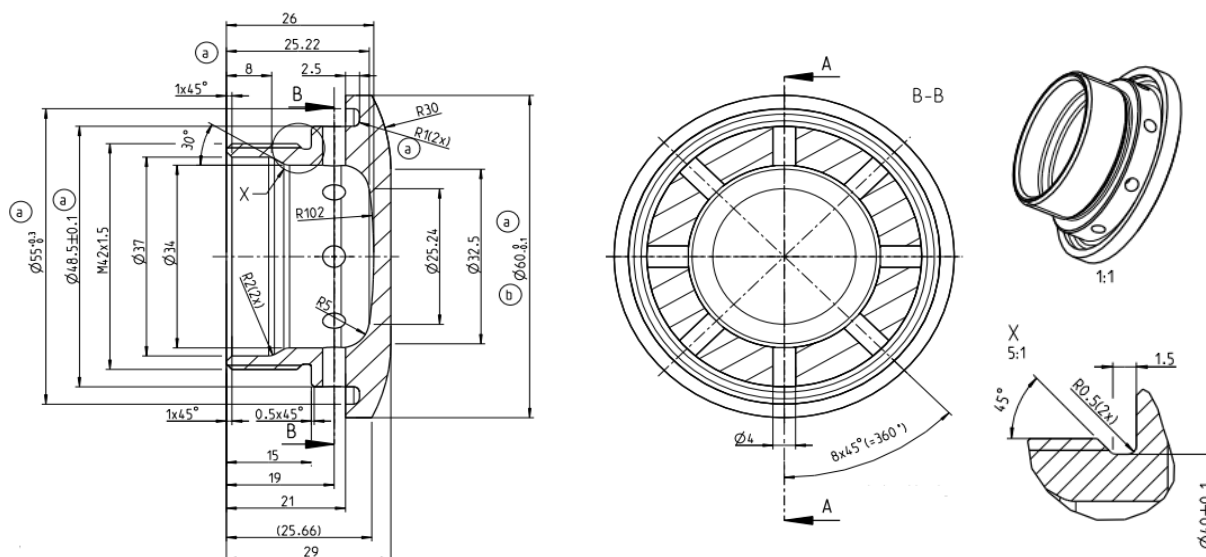
Jedním ze základních parametrů při vyhodnocování a výběru vhodné technologické varianty jsou ve většině výrobních podniků právě náklady na výrobu. Vzhledem k tomu, že pro potřeby této práce nejsou známy konkrétní fixní a variabilní náklady na výrobu a na pořízení technologií, není možné provést standardní volbu variant na základě standardního ekonomického zhodnocení. S ohledem na fakt, že provedení ekonomického zhodnocení nebylo v rámci zadání této bakalářské práce a proto nebyla k dispozici potřebná data, navrhuji provést toto zhodnocení v následujícím postupu.

Ve všech výše popsanych oblastech byla vhodnější výrobní varianta B. Tudiž lze konstatovat, že porovnáním technologických možností konvenčního a víceosého obrábění se došlo k závěru, že víceosé obrábění je pro zvolené součásti vhodnější. V následujících kapitolách proto bude proveden návrh technologie obrábění vybrané součásti a tvorba řídicího programu právě pro technologii víceosého obrábění.

## 10 Výběr součásti a zpracování technologie obrábění pro víceosé obrábění

Pro účely této části bakalářské práce byla zvolena tvarově složitější rotační součást, na níž bude ukázán postup tvorby výrobního postupu a tvorba řídicího programu pro víceosé obrábění. Výroba této součásti bude poté nasazena ve výrobním programu společnosti ASTRO KOVO. Hlavními obráběcími operacemi při výrobě této součásti jsou soustružnické operace a dále závitování a vrtání. Výroba součásti bude realizována na víceosém obráběcím stroji značky Mazak QTNX 200MSY s devíti řízenými osami.

### 10.1 Výběr součásti



Obrázek 12 - Vybraná součást pro víceosé obrábění

Jak již bylo zmíněno, pro tuto část byla zvolena tvarově složitější rotační součást, viz obrázek 12. Tato součást je z materiálu s označením EN AW 7075 T6. Součást má největší  $\varnothing 60\text{mm}$  s tolerancí  $0 -0,1\text{mm}$  a maximální hloubku  $29\text{mm}$ . Z nejhlubšího bodu na pravé straně dle výkresu součást plynule přechází na hloubku od levé základny  $25,66\text{mm}$ . Vnější hrana je zaoblená rádiusem  $R30$ . Průměr  $60\text{mm}$  s tolerancí  $0 -0,1\text{mm}$  je až do hloubky  $21\text{mm}$ , v této hloubce následuje  $\varnothing 55\text{mm}$  s tolerancí  $0 +0,3\text{mm}$  a poté následuje  $\varnothing 48,5\text{mm} \pm 0,1\text{mm}$ , mezi těmito průměry je zápich v hloubce  $23,5\text{mm}$  a vnitřní hrany mají rádius  $R1$ . Dále na  $\varnothing 48,5\text{mm} \pm 0,1\text{mm}$  se nachází sražení  $0,5 \times 45^\circ$ , které přechází v další zápich v hloubce  $15\text{mm}$  o  $\varnothing 40\text{mm} \pm 0,1\text{mm}$ , šířce  $1,5\text{mm}$ . Uvnitř zápichu je rádius  $R0,5$  a tento zápich je zobrazený na obrázku 12 přímo v detailu. Poté se ze zápichu vyjíždí pod úhlem  $45^\circ$  a následuje závit  $M42 \times 1,5$ , šířka stěny kde se nachází závit, udává vnitřní  $\varnothing 37\text{mm}$  který je v délce  $8\text{mm}$  a vyjetím rádiusu  $R2$  zmenšen pod úhlem  $30^\circ$  a následným rádiusem  $R2$  na nejmenší průměr vnitřní strany, který je  $\varnothing 34\text{mm}$ . Spodní hrana je tvořena rádiusem  $R5$ , který je napojený na rádius  $R102$ . Rádius  $R102$  zároveň tvoří spodní hranu víčka. Ve výšce  $19\text{mm}$  na  $\varnothing 48,5\text{mm} \pm 0,1\text{mm}$  je souměrně  $45^\circ$  vyvrtáno osm průchozích děr o  $\varnothing 4\text{mm}$ .

## 10.2 Popis výrobní technologie

Výrobní technologie pro výrobu popsané součásti je založena na využití víceosého obráběcího centra MAZAK QTNX 200MSY zobrazeného na obrázku 13. Toto obráběcí centrum disponuje dvěma vřeteny a jednou nástrojovou hlavou, které zajišťují vysokou produktivitu obráběcího procesu. Bližší technické parametry jsou přehledně uvedeny v tabulce 16. Jedná se o vysoce moderní víceosé centrum, které je jedním z nejvíce využívaných strojů ve společnosti ASTRO KOVO.

Výrobce stroje	Yamazaki Mazak
Řídicí systém stroje	Mazatarol Matrix
Počet vřeten (primární, sekundární)	2
Počet nástrojových hlav	1
Počet nástrojů v horní nástrojové hlavě	12
Max. průměr tyče	65 [mm]
Max. otáčky na obou vřetenech	5000 [ot/min]
Vyjímání obrobku z primárního vřetena	Plechový košíček
Vyjímání obrobku ze sekundárního vřetena	Manipulátor
Počet řízených os	9 (X1, Z1, C1, Y1, X2, Z2, C2, Y2, W)

Tab. 16 - MAZAK QTNX 200MSY



Obrázek 13 - MAZAK QTNX 200MSY

## 10.3 Návrh technologického postupu

Technologický postup byl navržen s ohledem na co nejjednodušší výrobu, vysokou přesnost, produktivitu a automatizaci. Následující řádky popisují jednotlivé kroky technologického postupu ilustrovaného v následující tabulce 17.

SPACESAVER	Podání tyče do vřetena
MAZAK 200MSY	Upnutí tyče ve vřeteni
	Vrat díru $\varnothing 25$
	Hrubovat $\varnothing 42$ , $\varnothing 40$ , $\varnothing 48,6$ , $\varnothing 59,95$
	Zarovnat čelo
	Hrubovat díru $\varnothing 37$ , $\varnothing 34$ , $\varnothing 25,54$ , R5
	Zápich šířka 1,5mm
	Hotově $\varnothing 42$ , $\varnothing 48,6$ , $\varnothing 59,95$
	Závit M42x1,5
	Hotově díru $\varnothing 37$ , $\varnothing 34$ , $\varnothing 25,54$ , R5, R102

	Zápich do čela
	Vrtat díry $\varnothing 4$
	Sražení vnějších hran děr
	Sražení vnitřních hran děr
	Úpich
	Přepnutí do protivřetena
	Hotově zadní čelo
	Kontrola

Tab. 17 - Pracovní úkony MAZAK QTNX 200MSY

Prvním pracovním úkonem je automatické podání polotovaru do vřetena, což realizuje stroj SPACESAVER. Dalším úkonem je automatické upnutí polotovaru do vřetene, po němž můžou následovat první obráběcí operace: vrtání díry o  $\varnothing 25\text{mm}$ . Při vrtání je zvolena řezná rychlost  $300\text{m/min}$  a posuv  $0,1\text{mm/ot}$ . Následující operací je hrubování vnějších průměrů včetně zápichu za závitem pro tuto operaci je zvolena řezná rychlost  $600\text{m/min}$  a posuv  $0,42\text{mm/ot}$ . Další operací je zarovnání čela z  $\varnothing 42\text{mm}$  na  $\varnothing 22\text{mm}$ , poté se hrubují vnitřní průměry součásti a i rádius R5, řezná rychlost je ponechána na hodnotě  $600\text{m/min}$  a posuv je  $0,33\text{mm/ot}$ . Po vyhrubování se obrobí hotově zápich za  $\varnothing 42\text{mm}$  a obrobí se hotově vnější průměry. Při obrábění načisto je řezná rychlost  $600\text{m/min}$  a posuv  $0,1\text{mm/ot}$ . Další obráběcí operací je závit M42x1,5, dále se hotově obrobí vnitřní průměry včetně rádiusů a největšího rádiusu R102, který tvoří dno součásti. Další operací je zápich do čela, kde je navolena řezná rychlost  $300\text{m/min}$  a posuv  $0,08\text{mm/ot}$ . Následujícími operacemi jsou vyvrtání děr po obvodu, sražení vnějších a vnitřních hran těchto děr. Posledním krokem je upíchnutí součásti. V tomto okamžiku je obrobek upnut do sekundárního vřetene a následně se obrobí zadní čelo součásti.

Volba nástrojů a řezných parametrů byla přizpůsobena především použitému materiálu obrobku. Veškeré řezné rychlosti a nástroje byly proto voleny s ohledem na vhodnost při obrábění hliníkových slitin. Kompletní výrobní postup včetně volby nástrojů, řezných rychlostí a volených posuvů je součástí přílohy 13.5.

## 10.4 Tvorba programu

Následující řádky popisují tvorbu programu v systému Mazatrol a jeho jednotlivé oddíly.

No.	UNIT	TOOL	NOM-Ø	No.	CHANGE-PT	RETURN				S	M/B
No.	G1	G2	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6			
1	18										
2										M	5
3										M	69
4	0	X	27.5	Z	20.						
5		94					F	6000			
6	1	X	20.								
7				Z	0.8						
8										M	6
9										M	68
10		94					F	6000			
11	1			Z	0.8						
12										M	7
13	4	X	2.5								
14	0			Z	20.					M	8

Podání tyče do vřetena a upnutí tyče do vřetena se zadává pomocí MANUAL PROGRAM, ve kterém se zadávají data ve formátu ISO/DIN. Využití MANUAL PROGRAMU je z toho důvodu, že systém Mazatrol nemá v nabídce žádný proces pro tyto dvě operace. Toto zadávání v MANUAL PROGRAMU je ukázáno na obrázku výše.

No.	UNIT	PART	DIA													
4	T.DRILL		25.													
1	T-DRILL			NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
1					1		30.	3.				300	0.1			
1						SPT-Z		FPT-Z								
1						0.		25.8								

Předvrtání díry o  $\varnothing$  34mm je na obr výše. Na předvrtání se použije vrták o  $\varnothing$  25mm do souřadnice Z 25,8mm, jelikož dno víčka má  $\varnothing$ 25,24mm v hloubce 26mm.

No.	UNIT	PART		CPT-X	CPT-Z	FIN-X	FIN-Z									
5	BAR	OUT		65.	0.	0.6	0.1									
1	GENERAL	OUT														
1				1	2.											
1	PTN	S-CNR		SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/th	RGH						
1	1LIN	C 1.				42.	12.5			0.15						
2	TPR		42.		12.5	40.	13.5	R 0.5	-45.	0.1						
3	1LIN					40.	15.	R 0.5		0.1						
4	1LIN	C 0.55				48.6	21.			0.12						
5	1LIN					59.95	21.			0.12						
6	1LIN	C 0.15				59.95	33.			0.12						

Na výše uvedeném obrázku v oddílu UNO.5 je hrubování hlavního tvaru součásti. Jako první se začíná hrubováním  $\varnothing$  42mm pro závit v ose X a do hloubky 12,5mm v ose Z. Následně stroj přejíždí pod úhlem  $45^\circ$  v ose X na  $\varnothing$  40mm a v ose Z na souřadnici 13,5 a pokračuje na souřadnici 15, což je vyhrubování zápichu za závitem, který je zobrazený v obr.12 v detailu. Poté se vyhrubuje  $\varnothing$  48,6mm do hloubky 21mm. Posledním hrubovacím úkonem je největší  $\varnothing$  59,95mm v hloubce 33mm.

No.	UNIT	PART			FIN-Z											
6	FACING				0.1											
1	GENERAL	EDGE														
1						5.4										
1				SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z			RGH						
1				42.	0.3	22.	0.			0.12						

Další operací v programu je zarovnání čela. Tento proces je označený jako FACING a odebrává 0,3mm v ose Z, z  $\varnothing$  42mm na  $\varnothing$  22mm.

No.	UNIT	PART														
1	GENERAL	IN			0	1.6										
1																
1	PTN	S-CNR		SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/th	RGH						
1	1LIN	C 1.				37.	8.	R 2.		0.12						
2	TPR		37.		8.	34.	10.598		30.	0.12						
3	1LIN	R 2.				34.	20.22			0.12						
4			34.		20.22	25.	25.22		5.	0.12						
5	SCTR		25.24		20.22											

V dalším zobrazeném oddílu je soustružení vnitřní díry o  $\varnothing$  37mm do hloubky 8mm. Následně nůž přejíždí na menší  $\varnothing$  34mm pod úhlem  $30^\circ$ . Na hranách jsou vyrobeny rádiusy R2. Tento průměr je soustružen do hloubky 20,22mm a dále přechází na  $\varnothing$  25mm, který je až v hloubce 25.22mm. Poslední operací v tomto oddíle je  $\varnothing$  25,24mm.

No.	UNIT	PART		CPT-X	CPT-Z	FIN-X	FIN-Z									
6	BAR	OUT		49.	12.	0.6	0.1									
1	GENERAL	OUT														
1																
1	PTN	S-CNR		SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/th	RGH						
1	1TPR		43.		12.02	40.	13.52	R 0.5	-45.	0.3						
2	1LIN					40.	14.98	R 0.5		0.3						
3	1LIN					49.	14.98			0.3						

V tomto oddíle se provádí zápich na čisto znázorněném v detailu na obr.12. Nůž do zápichu najede pod úhlem  $45^\circ$  a na dně vytvoří odlehčení  $2 \times R0,5$ . Označení toho rádiusu je pod zkratkou F-CNR. V dalším oddíle je obrobení čela mezi  $\varnothing$  60mm a  $\varnothing$  55mm.

No.	UNIT	PART	CPT-X	CPT-Z	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
10	BAR	OUT	49.	0.	0.6	0.1					
1	GENERAL	OUT					600				
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/th	RGH		
1	1	C 1.1			42.	1.1			0.08		
2	2	2			42.	12.5			0.25		
3	3	TPR	42.	12.5	40.	13.5	R 0.5	-45.	0.1		
4	4	4			40.	15.	R 0.5		0.07		
5	5	5			49.	15.			0.07		
11	BAR	OUT	62.	14.9	0.6	0.1					
1	GENERAL	OUT					600				
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/th	RGH		
1	1	C 0.65			48.6	17.			0.07		
2	2	2			48.6	21.			0.25		
3	3	3			62.	21.			0.25		
12	BAR	OUT	65.	20.9	0.6	0.1					
1	GENERAL	OUT					600				
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/th	RGH		
1	1	C 0.25			59.95	26.			0.07		
2	2	2			59.95	33.3			0.35		

Na výše uvedeném obrázku je další obráběcí operace soustružení  $\varnothing 42\text{mm}$  pro závit načisto včetně zápichu. V oddíle UNO. 11 se soustruží  $\varnothing 48,6\text{mm}$  do hloubky 21mm. Poté se obrábí načisto  $\varnothing 59,95$  až do hloubky 33mm. Jelikož je na výkrese  $\varnothing 60\text{mm}$  s tolerancí  $0 -0,1\text{mm}$ , tak se obrábí na  $\varnothing 59,95\text{mm}$ , čímž se docílí požadovaná tolerance v tomto rozměru.

No.	UNIT	PART	CHAMF	LEAD	ANG	MULTI	HGT	C-SP	FR	M	M	M
13	FACING		0	1.5	55	1	0.974					
1	GENERAL	EDGE						600				
FIG	1		SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z		RGH				
1	1		42.	0.3	37.	0.		0.07				
14	THREAD	OUT	0	1.5	55	1	0.974					
1	THREAD	OUT						60				
FIG	1		SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z						
1	1		42.	0.	42.	14.8						

V oddíle UNO. 13 je opět zarovnání čela, což se označuje jako FACING. Dalším obráběcím úkonem je vyříznutí vnějšího závitu na  $\varnothing 42\text{mm}$  do hloubky 14,8mm. Tato operace se v systému Mazatrol označuje THREAD. OUT je označení pro vnější závit na součásti. Označení LEAD je pro rozteč závitu, což je v tomto případě 1,5, protože se jedná o závit M42x1,5. Pod označením ANG se udává menší hodnota, než má závitový nůž a následně tento nůž řeže pouze jedním bokem.

No.	UNIT	PART	CPT-X	CPT-Z	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
15	BAR	IN	0.	0.	0.6	0.1					
1	GENERAL	IN					600	0.3			
2	GENERAL	IN					600				
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/th	RGH		
1	1	C 1.			37.	8.	R 2.		0.07		
2	2	TPR	37.	8.	34.	10.598		30.	0.07		
3	3	3			34.	20.25			0.07		
4	4	CTR									
5	5	5	34.	20.25	25.24	25.22		5.	0.07		
6	6	CTR	25.24	20.22							
7	7	7	25.24	25.22	0.	26.		102.	0.07		

Na tomto obrázku je znázorněné obrábění načisto celého vnitřku víčka, kde se začíná na  $\varnothing 37\text{mm}$ . Následuje rádius R2, poté sražení pod úhlem  $30^\circ$ . Dále je opět rádius R2 a pokračuje se v  $\varnothing 34\text{mm}$  do hloubky 20,25mm. Následně nůž jede po kontuře a objede načisto rádius R5 a R102, které tvoří dno víčka.



UNO.	UNIT	PART	PAT.	No.	PITCH	WIDTH	FIN							
16	T.GROOVE	FACE	1	1		3.325	0.05							
UNO.	TOOL	NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
R 1	GROOVE	EDGE			0.1					300	0.084			
FIG	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	ANG	RGH						
1		55.15	21.	55.15	23.5	R 1.		0.06						

UNO.	UNIT	PART	PAT.	No.	PITCH	WIDTH	FIN							
17	T.GROOVE	FACE	2	1		2.37	0.05							
UNO.	TOOL	NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
F 1	GROOVE	EDGE						0.		300	0.08			
FIG	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	ANG	RGH						
1	C 0.15	55.15	21.	55.15	23.5	R 1.		0.06						

UNO.	UNIT	PART	PAT.	No.	PITCH	WIDTH	FIN							
18	T.GROOVE	FACE	3	1		2.37	0.05							
UNO.	TOOL	NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
F 1	GROOVE	EDGE						0.		300	0.08			
FIG	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	ANG	RGH						
1		48.5	15.	48.5	23.5	R 1.		0.06						

Oddíly UNO. 16,17,18 začínají označením T. GROOVE, což znamená vytvoření zápichu, který se nachází mezi  $\varnothing 48,5\text{mm}$  a  $\varnothing 55\text{mm}$ . Na tento zápich je použita nástrojová destička o šířce 1,5mm s rádiusem 0,15mm. Šířka tohoto zápichu je 3,325mm proto, aby bylo dosaženo požadovaných tolerancí. Hloubka zápichu je 2,5mm a uvnitř jsou rádiusy o velikosti R1, tento rádius značí zkratka F-CNR na obr výše.

UNO.	UNIT	MODE	POS-C	DIA	DEPTH	CHMF								
19	DRILLING	ZC		4.	11.	0.								
UNO.	TOOL	NOM-Ø	No.	HOLE-Ø	HOLE-DEP	PRE-DIA	PRE-DEP	RGH	DEPTH	C-SP	FR	M	M	M
1	DRILL	4.	4.	11.	0.	100		RCR2	T 4.	120	0.08			
FIG	PTN	SPT-R/x	SPT-C/y	SPT-Z	SPT-Y	NUM.	ANG	Q R						
1	ARC	24.25	0.	19.	0.	8	45.	0 0						

Dalším oddílem je vrtání 8 děr po obvodu o  $\varnothing 4\text{mm}$ . Tyto díry jsou rozmístěny po  $45^\circ$ . Zkratka ARC označuje, že díry budou vyvrtány po oblouku na  $\varnothing 48,5\pm 0,1\text{mm}$ , střed těchto děr je v hloubce 19mm označení SPT-Z. Zkratka NUM vyjadřuje, kolik děr se bude vrtat. V tomto případě jde o osm děr v rozpětí  $45^\circ$ . Toto rozpětí označuje zkratka ANG.

UNO.	MANL	PRG	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	S	M/B		
20	MANL	PRG									3000	
1												
2	0	X	100.	Z	20.	Y	0.					
3	0	X	25.	Z	2.	C	0.					
4	0	Z	-19.									
5		95					F	0.03				
6	1	X	23.75									
7	0	X	25.									
8	0	C	45.									
9		95					F	0.03				
10	1	X	23.75									
11	0	X	25.									
12	0	C	90.									
13		95					F	0.03				
14	1	X	23.75									
15	0	X	25.									
16	0	C	135.									
17		95					F	0.03				
18	1	X	23.75									
19	0	X	25.									
20	0	C	180.									
21		95					F	0.03				
22	1	X	23.75									
23	0	X	25.									
24	0	C	225.									
25		95					F	0.03				
26	1	X	23.75									
27	0	X	25.									
28	0	C	270.									
29		95					F	0.03				
30	1	X	23.75									
31	0	X	25.									
32	0	C	315.									
33		95					F	0.03				
34	1	X	23.75									
35	0	X	25.									
36	0	Z	20.									
37	0	X	100.	Z	20.							

V UNO.20 se použilo manuální programování označeno jako MANL PRG. V tomto oddíle se manuálně programovalo sražení vnějších hran vyvrtaných osmi děr. V dalším oddíle se

provedlo to samé, ale sražení vnitřních hran děr bylo provedeno pomocí manuálního programování.

```

UNO. UNIT PART FIN-Z
22 FACING 0.1
FINO. TOOL NOM. No. PAT. DEP-1 DEP-2/NUM. DEP-3 FIN-X FIN-Z C-SP FR M M M
F 1 GENERAL EDGE 60. SPT-X SPT-Z FPT-X FPT-Z RGH 600
FIG 1 60. -20.5 50. -21.01 0.07

UNO. UNIT PART FIN-Z
23 FACING 0.1
FINO. TOOL NOM. No. PAT. DEP-1 DEP-2/NUM. DEP-3 FIN-X FIN-Z C-SP FR M M M
F 1 GENERAL EDGE 42. SPT-X SPT-Z FPT-X FPT-Z RGH 600
FIG 1 42. 0.3 37. 0. 0.07
    
```

V těchto dvou oddílech se zarovnává čelo mezi  $\varnothing 60\text{mm}$  a  $\varnothing 50\text{mm}$  a druhé zarovnání čela je mezi  $\varnothing 42\text{mm}$  a  $37\text{mm}$ . Toto je provedeno pomocí zkratky FACING. V dalším oddíle je odjetí do určité polohy a poté následuje manuální programování.

```

No. UNIT TOOL NOM-Ø No. CHANGE-PT RETURN
25 MANL PRG

No. UNIT No. M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7 M8 M9 M10 M11 M12
26 M-CODE 9

No. UNIT PAT. HEAD SPDL PUSH CHUCK W1 W2 Z-OFFSET C1 C2 C-OFFSET
27 TRANSFER BAR 2 1 1 1

No. UNIT No. M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7 M8 M9 M10 M11 M12
28 M-CODE 8

No. UNIT PAT. HEAD SPDL
29 HEAD SYNC 1
    
```

Další 5 oddílů je použito manuální programování. UNO.25 vrátí nástrojovou hlavu do výchozího bodu, M9 vypíná chlazení. V UNO.27 zkratka TRANSFER BAR je navolení procesu pro předání obrobku. Dále následuje zapnutí chlazení M8 a poté je navolena synchronizace vřeten, aby nedošlo k následné kolizi stroje.

```

No. UNIT PART PAT. No. PITCH WIDTH FIN
30 T.GROOVE OUT 4 1 0.
FINO. TOOL NOM. No. PAT. DEP-1 DEP-2/NUM. DEP-3 FIN-X FIN-Z C-SP FR M M M
F 1 GROOVE OUT 60. SPT-X SPT-Z FPT-X FPT-Z F-CNR ANG RGH 155 0.15
FIG 1 60. 29.3 0. 0.13
    
```

V tomto oddíle se provede upíchnutí součásti z  $\varnothing 60\text{mm}$  a v hloubce  $29,3\text{mm}$ . Je zde zanechána dostatečně velká rezerva materiálu  $0,3\text{mm}$  pro dokončení zadní strany víčka.

```

No. UNIT PAT. HEAD SPDL PUSH CHUCK W1 W2 Z-OFFSET C1 C2 C-OFFSET
31 TRANSFER MOVE

No. UNIT PAT. HEAD SPDL
32 HEAD SIN 2
    
```

Tyto dva oddíly označují odjezd sekundárního vřetene s obrobkem do výchozího bodu a synchronizace vřeten. Obrobek se momentálně nachází v sekundárním vřeteni a to označuje zkratka HEAD 2.

```

UNO. UNIT PART CPT-X CPT-Z FIN-X FIN-Z
33 BAR BACK 60. 29. 0.6 0.1
FINO. TOOL NOM. No. PAT. DEP-1 DEP-2/NUM. DEP-3 FIN-X FIN-Z C-SP FR M M M
R 1 GENERAL 60. 1. 60. 24. 600 0.34
F 2 GENERAL 60. 1. 60. 25.66 600
FIG PIN S-CNR SPT-X SPT-Z FPT-X FPT-Z F-CNR/$ R/th RGH
1LIN 60. 24. 1.
2LIN 60. 25.66 0.07
3 C 0.15 60. 25.66 32.5 29. 30. 0.07
4LIN 60. 29. 0.07
    
```

V oddíle UNO.33 je zarovnání zadního čela víčka. První se zarovná čelo o  $\varnothing 60\text{mm}$  a nechá se zde přídavek  $0,1\text{mm}$  a poté se zadní čelo obrobí načisto a udělá se požadovaný rádius R30. To je označeno zkratkou v programu R/th.

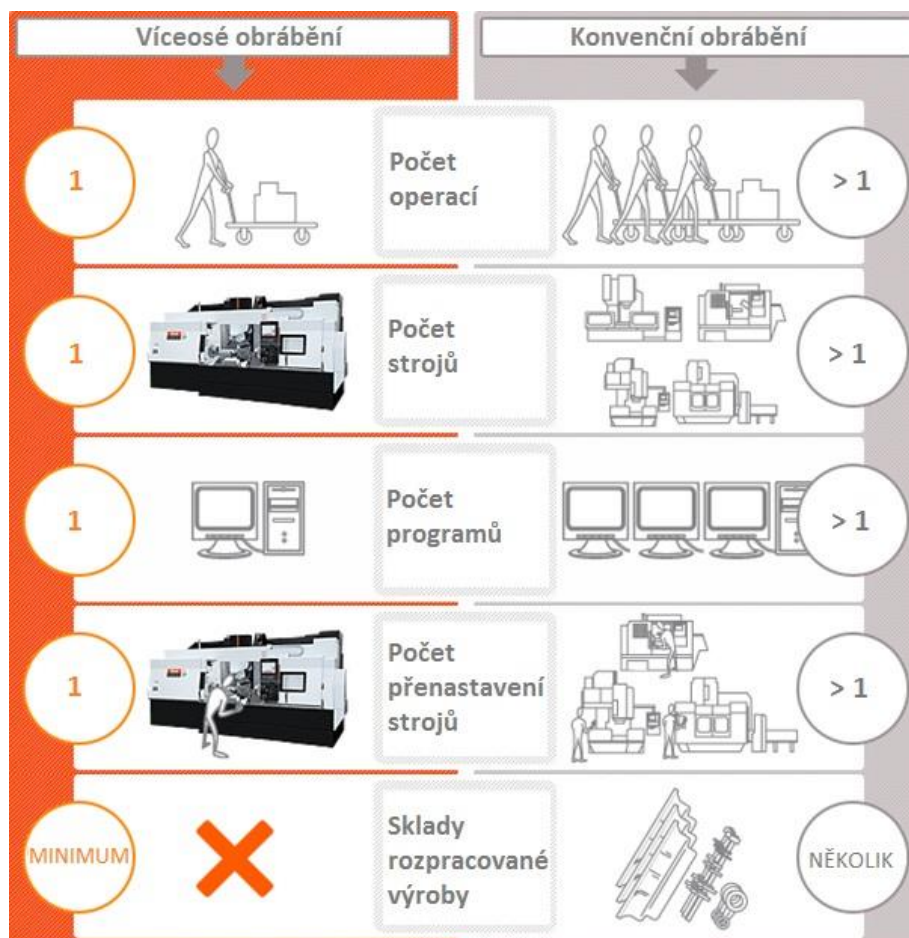
UNO.	UNIT	No.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
34	M-CODE		9											
UNO.	UNIT	TOOL	NOM-Ø	No.	CHANGE-PT RETURN									
35	HANL	PRG												
UNO.	UNIT	No.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
36	M-CODE		305											
UNO.	UNIT	No.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
37	M-CODE		48											
UNO.	UNIT	No.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
38	M-CODE		306											
UNO.	UNIT	No.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
39	M-CODE		49	9										
UNO.	UNIT	CONTI.	REPEAT	SHIFT	NUMBER	RETURN	WORK No.	EXECTE						
40	END	1		↓	1	TOOL CHG	↓							

Závěrem celého programu je sled M-kódů, které vyjadřují vypnutí chlazení, odjetí nástrojové hlavy do výchozího bodu, M305 zastavení vřetena 2, M48 vyklopení lopatky, tato lopatka slouží pro zachycení hotového obrobku. M306 otevření vřetena 2, M49 zaklopení lopatky. Pomocí malého pásového dopravníku jsou hotové součásti dopraveny ven ze stroje, kde si je odebere obsluha stroje. UNO.40 je proces pro ukončení programu a zkratka CONTI 1 vyjadřuje, že program se bude opakovat.

## 10.5 Vyhodnocení

V rámci kapitoly 10 byl podrobně rozpracován technologický postup vybrané varianty z předchozí části bakalářské práce. Pro zvolenou rotační součást byl vytvořen technologický postup, byly stanoveny řezné podmínky a nástroje a v poslední části byl vytvořen a popsán řídicí program v systému Mazatrol. Volba varianty s využitím víceosého obráběcího centra byla provedena s ohledem na zjednodušení pracovního postupu, přípravy výroby a dalších faktorů zmíněných v kapitole 9.

Skutečné usnadnění přípravy výroby i samotné realizace ve srovnání s konvenční technologií obrábění bylo potvrzeno a je schematicky zobrazeno následujícím obrázkem 14. Jak je ilustrováno na obrázku, pro výrobu vybrané součásti je zapotřebí pouze jeden stroj (víceosé obráběcí centrum) místo několika konvenčních strojů. Vzhledem ke zmenšení počtu strojů na jeden dojde zároveň k eliminaci tvorby velkého množství řídicích programů opět pouze na jeden. Dále odpadá nutnost několikanásobného přenastavování strojů. Dalším přínosem je fakt, že díky změně výrobního procesu (přesunem výroby na jeden stroj) dojde k úspoře místa ve skladech i ve výrobě, protože nebude třeba dočasně uskladňovat rozpracovanou výrobu. Celkově se tak i sníží počet veškerých operací při výrobě součásti.



Obrázek 14 - Víceosé vs. konvenční obrábění

## **11 Závěr**

Cílem této bakalářské práce bylo porovnání technologických možností konvenčního a víceosého obrábění. V prvních kapitolách byla představena teoretická východiska, na jejichž základě byla provedena porovnání dle zadání. Toto porovnání bylo provedeno pomocí srovnání výrobních postupů třech zvolených součástí pro dvě navržené varianty. Jednoduchým srovnáním těchto postupů a variant byl proveden závěr, že technologické možnosti víceosého obrábění jsou výhodnější a umožňují výrazné zjednodušení přípravy výroby i samotného výrobního procesu. V další části práce byly tyto přínosy ověřeny při tvorbě podrobného technologického postupu, stanovování parametrů obrábění a zároveň při tvorbě řídicího programu.

Lze tedy říci, že cíle práce byly naplněny. V rámci dalšího postupu navrhuji provést zevrubné hodnocení ekonomických přínosů ze zavedení moderních víceosých obráběcích center na úkor klasických konvenčních obráběcích strojů tak, aby mohla společnost v příštích studiích vycházet z exaktních a podložených dat.

Jak je z porovnání konvenčního a víceosého obrábění provedeného v této bakalářské práci jasné, výstupem z procesů víceosého obrábění jsou jednoznačně výrobky, u nichž byla při obrábění výrazně zvýšena jejich hodnota. Tato činnost je logicky spojena s hlubokými znalostmi a řemeslným uměním, jehož nositeli byli po několika předchozích generacích úspěšní čeští strojaři. Jistě by bylo velkou škodou neusilovat o navázání na jejich odkaz a směřovat český průmysl k pokračování ve výrobě jednoduchých i složitějších výrobků [9].

## 12 Reference

- [1] Metody frézování. *Web o víceosém frézování* [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z <http://www.frezovani-5os.cz/>
- [2] TKÁČOVÁ, Alena. *Programování CNC strojů se systémem Fanuc*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.
- [3] OLINA, Anna. *Možnosti systému Sinumerik 840D při obrábění CNC obráběcích strojů*. Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Aleš Polzer, Ph.D.
- [4] KELLER, P. *Programování a řízení CNC strojů*. [online]. [cit. 2014-04-05]. Dostupné z [http://www.kvs.tul.cz/download/obor/pnc\\_2.pdf](http://www.kvs.tul.cz/download/obor/pnc_2.pdf)
- [5] KOŇAŘ, V. *Programování CNC strojů*. [online]. [cit. 2014-04-21]. Dostupné z: [http://vkonar.ic.cz/dokumenty/zaklady\\_prog/program\\_CNC.pdf](http://vkonar.ic.cz/dokumenty/zaklady_prog/program_CNC.pdf).
- [6] OPLATEK, F. *Číslicové řízení obráběcích strojů*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998. 63 s. ISBN 80-7200-294-5
- [7] STANĚK, Vlastimil. Výběr vhodného CNC obráběcího stroje (4). *Technický portál* [online]. 2012 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: [http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/vyber-cnc-stroje/vyber-vhodneho-cnc-obrabeciho-stroje-4\\_8508.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/vyber-cnc-stroje/vyber-vhodneho-cnc-obrabeciho-stroje-4_8508.html)
- [8] KARLÍK, Aleš. Vertikální obráběcí centrum MCV 754 QUICK. *Strojnet* [online]. 2008 [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://novinky.strojnet.cz/clanek/32/>
- [9] SVOBODA, Ondřej. Víceosé obrábění - optimální směr pro růst průmyslu?. *MM Průmyslové spektrum*. 2011, roč. 2011, č. 12.
- [10] Historie řemesla - Obráběč kovů. *Poznejte řemesla, poznejte praxi* [online]. 2013 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.poznejte-remesla.cz/remeslo/obrabec-kovu/historie>

## **13 Přílohy**

**13.1 Výkres součásti 1**

**13.2 Výkres součásti 2**

**13.3 Výkres součásti 3**

**13.4 Výkres vybrané součásti pro víceosé obrábění**

**13.5 Výrobní postup**

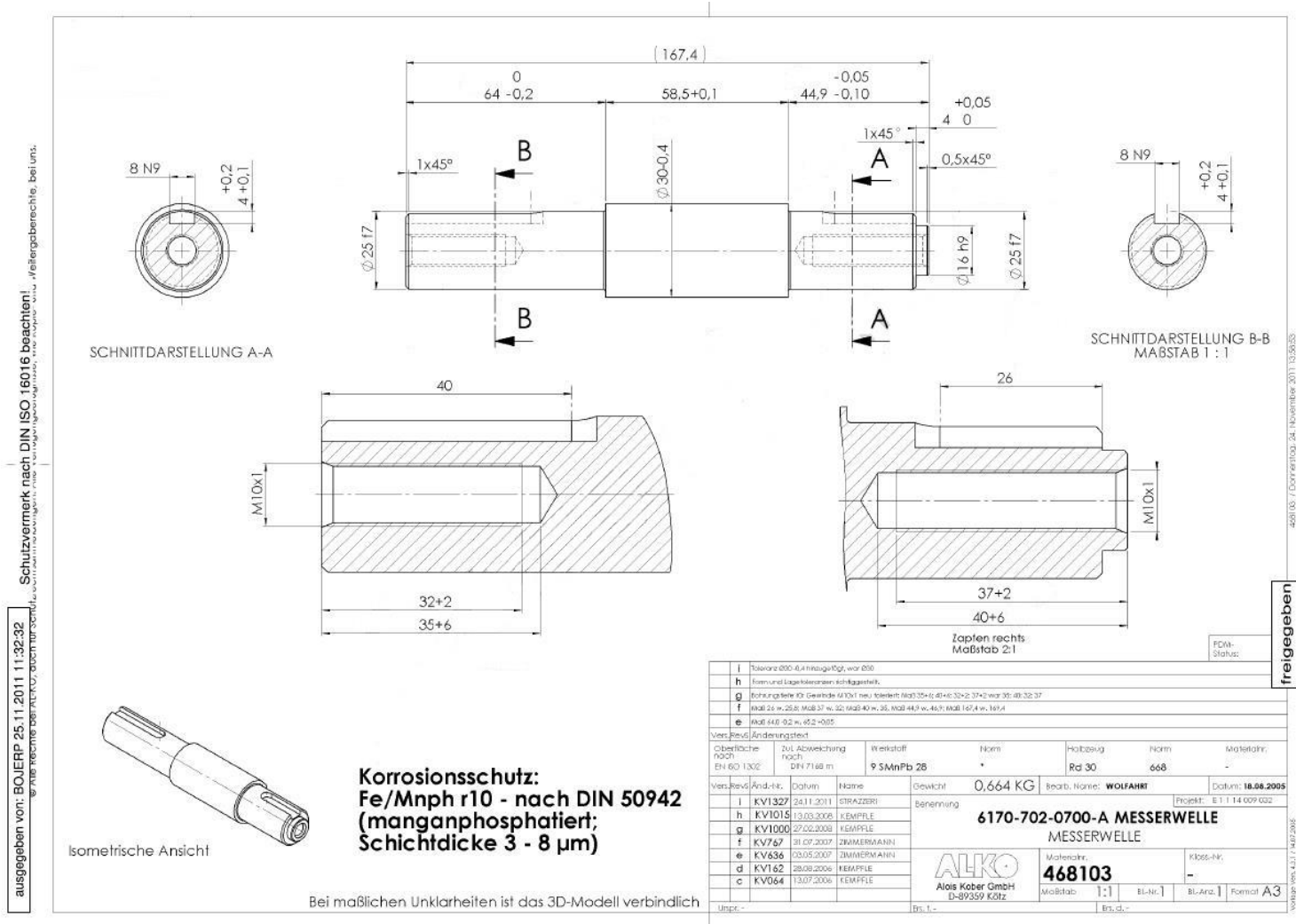
**13.6 Řídící program**





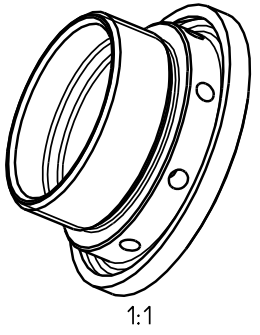
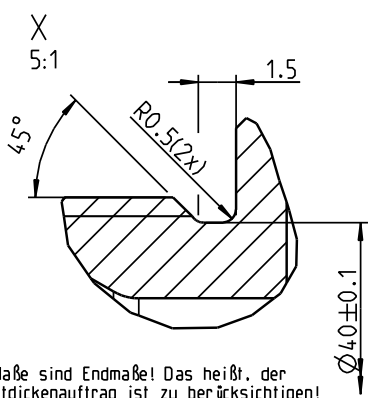
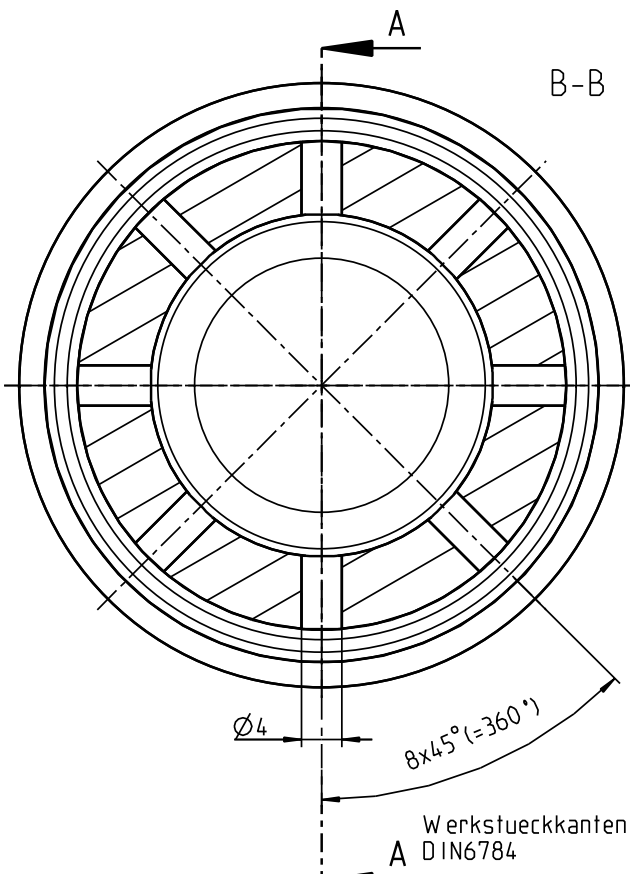
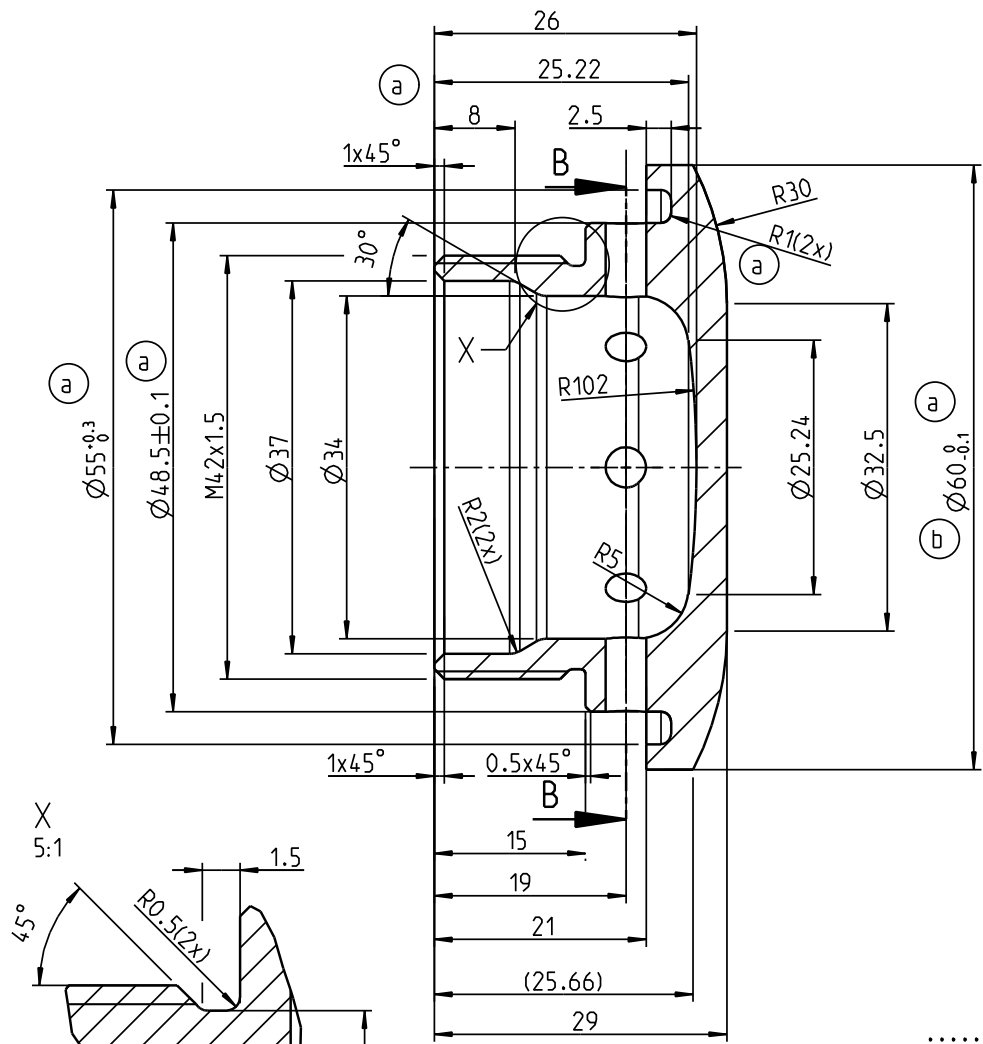


Příloha 13.3



ausgegeben von: BOJERP 25.11.2011 11:32:32  
Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 beachten!  
© 2011 Technische Universität Chemnitz

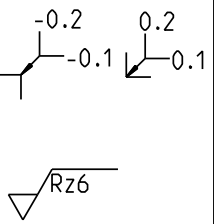
freigegeben  
428103 / Donnerstag, 24. November 2011 13:58:33  
Vorgabe 094\_4.1.1 / 4.03.2004



- Alle Maße sind Endmaße! Das heißt, der Schichtdickenauftrag ist zu berücksichtigen!
- Bauteil gratfrei
- Crimpfigur frei von Bearbeitungsrückständen


Für diese Zeichnung wird jeglicher gesetzlich vorgesehener Rechtsschutz in Anspruch genommen. Sie darf insbesondere ohne ausdrückliche Genehmigung weder kopiert noch sonst vervielfältigt, dritten Personen unerlaubt mitgeteilt oder anderweitig mißbräuchlich benutzt werden.

.....eloxieren



Aluminium gezogen EN AW-7075 T6 EN AW-Al Zn5.5MgCu WL 3.4374			
b	$\varnothing$ von 62.5mm auf 60,0,1 geändert	06.11.08/Rogner	
a	<small>10 auf 8: R0.4 auf R1: <math>\varnothing 19.8-0.1</math> auf <math>\varnothing 18.5 \pm 0.1</math> <math>\varnothing 64</math> auf <math>\varnothing 62.5</math>: <math>\varnothing 56</math> auf <math>\varnothing 55</math> geändert</small>	24.07.08/Rogner	
Werkstoff/Rohteil		Datum	Änderung/Kurzbeschreibung
Zul. Abweichung für Maße ohne Toleranzangaben nach ISO 2768: mittel			
Gez.	Tag: 19.06.08	Name: U. Rogner	Maßstab: 2:1
Gepr.	19.06.08	S. Tischler	
Auflage für Luftheber			
Modellname: 1400Q21540			
Zeichnungsname: 1400Q21540		Maschinenbau GmbH Pommernstr. 33 93073 Neutraubling Telefon: 09401 /5253-0 09401 /5253-16 Telefax: 09401 /5253-10 Internet: www.krontec.de E-Mail: info@krontec.de	

**Příloha 13.5**

 <b>FAKULTA STROJNÍ</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>		<b>Výrobní postup</b>		Číslo výkresu: 1/2014			
		Název součástí: Víčko	Materiál: EN AW 7075 T6 Polotovary: Tyč ø65 mm	Hmotnost		ks / rok	
					čistá	strojní čas celkem: 4min 8s	
Číslo op.	Typ stroje	Popis operace:	Nástroj	Vc [m/min]	fn [mm/ot]	ap [mm]	strojní čas [s]
1.	SPACESAVER	Podání tyče do vřetena					4
2.	MAZAK 200MSY	Upnutí tyče ve vřeteni					5
		Vrat díru ø25	GPMT090304 U2 UE6020	300	0,10		10
		Hrubovat ø42, ø40, ø48,6, ø59,95	VNMG160408 MA US7020	600	0,42	2,00	10
		Zarovnat čelo	VCMT160404SM HPC710	600	0,35	1,50	2
		Hrubovat díru ø37, ø34, ø25,54, R5	DCGT040204 AS IC20	600	0,33	1,50	10
		Zápich šířka 1,5mm	VCMT160404SM HPC710	600	0,09		3
		Hotově ø42, ø48,6, ø59,95	VCMT160404SM HPC710	600	0,1	0,60	10
		Závit M42x1,5	MMT16ER150ISO SVP15TF	60			17
		Hotově díru ø37, ø34, ø25,54, R5, R102	DCGT070204 AS IC20	600	0,3	0,60	14
		Zápich do čela	L114.1215.00 TN35	300	0,08		42
		Vrtat díry ø4	HM - tvrdokovový vrták (slnutý karbid)	120	0,08		39
		Sražení vnějších hran děr	90° spec. Podbroušený ø5	100	0,03		14
		Sražení vnitřních hran děr	technická fréza kulová	100	0,03		17
		Zarovnání čel	VCMT160404SM HPC710	600	0,35	1,50	9
		Úpich	150.10-3N-16 CP600	155	0,15		13
		Přepnutí do protivřetena					15
		Hotově zadní čelo	VCMT160404 SM HPC710	600	0,34	0,10	14
		Kontrola					

Příloha 13.6

No.	MAT.	OB-MAX	ID-MIN	LENGTH	WORK FACE	RPM								
0	SEDA LIT	65.	0.	50.	0.3	4200								
No.	UNIT	No.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1	M-CODE			1										
No.	UNIT	PAT.	HEAD	SPDL										
2	HEAD	SIN	1	↓										
No.	UNIT	TOOL	NOM-Ø	No.	CHANGE-PT RETURN									
No.	G1	G2	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	S	M/B				
1	18													
2														M 5
3														M 69
4	0	X	27.5	Z	20.									
5		94								F	6000			
6	1	X	20.											
7				Z	0.8									
8														M 6
9														M 68
10		94								F	6000			
11	1			Z	0.8									
12														M 7
13	4	X	2.5											
14	0			Z	20.									M 8
No.	UNIT	PART	DIA											
4	T-DRILL	↓	25.											
No.	TOOL	NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
1	T-DRILL	↓	1		30.	3.	3.	↓	↓	300	0.1			
FIG				SPT-Z	FPT-Z									
1				0.	25.8									
No.	UNIT	PART	CPT-X	CPT-2	FIN-X	FIN-Z								
5	BAR	OUT	65.	0.	0.6	0.1								
No.	TOOL	NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
1	GENERAL	OUT	1		2.	↓	↓	↓	↓	600	0.423			
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/ch	RGH					
1	C	1.	↓	↓	42.	12.5	40.	13.5	R 0.5	-45.	0.1			
2	TPR		42.	12.5	40.	13.5	R 0.5	-45.	0.1					
3	LIN		42.	12.5	40.	13.5	R 0.5	-45.	0.1					
4	LIN	C 0.55	↓	↓	48.6	21.	↓	↓	0.12					
5	LIN		↓	↓	59.95	21.	↓	↓	0.12					
6	LIN	C 0.15	↓	↓	59.95	33.	↓	↓	0.12					
No.	UNIT	PART	FIN-Z											
6	FACING	↓	0.1											
No.	TOOL	NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
1	GENERAL	EDGE	1		5.4	↓	↓	↓	↓	600	0.35			
FIG				SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	RGH						
1				42.	0.3	22.	0.	0.12						
7	BAR	IN	25.	0.	0.6	0.1								
No.	TOOL	NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
1	GENERAL	IN	0		1.6	↓	↓	↓	↓	600	0.33			
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/ch	RGH					
1	C	1.	↓	↓	37.	8.	R 2.	↓	0.12					
2	TPR		37.	8.	34.	10.598	30.	↓	0.12					
3	LIN	R 2.	↓	↓	34.	20.22	↓	↓	0.12					
4	LIN		34.	20.22	25.	25.22	5.	↓	0.12					
5	CTR	↓	25.24	20.22	↓	↓	↓	↓	0.12					
No.	UNIT	PART	CPT-X	CPT-2	FIN-X	FIN-Z								
8	BAR	OUT	49.	12.	0.6	0.1								
No.	TOOL	NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
1	GENERAL	OUT	1		0.	↓	↓	↓	↓	600				
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/ch	RGH					
1	TPR		43.	12.02	40.	13.52	R 0.5	-45.	0.3					
2	LIN		43.	12.02	40.	13.52	R 0.5	-45.	0.3					
3	LIN		43.	12.02	49.	14.98	↓	↓	0.3					
No.	UNIT	PART	FIN-Z											
9	FACING	↓	0.1											
No.	TOOL	NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
1	GENERAL	EDGE	1		52.	↓	↓	↓	↓	600				
FIG				SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	RGH						
1				60.	-20.5	52.	-20.98	0.25						

10	BAR	OUT		49.	0.	0.6	0.1												
No.	TOOL		NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M				
1	GENERAL	OUT							0.	0.	600								
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/th		RGH									
1	1	C 1.1			42.	1.1				0.08									
	2	LIN			42.	12.5				0.25									
	3	TPR	42.	12.5	40.	13.5	R 0.5		-45.	0.1									
	4	LIN			40.	15.	R 0.5			0.07									
	5	LIN			49.	15.				0.07									
No.	UNIT	PART			CPT-X	CPT-Z	FIN-X	FIN-Z											
11	BAR	OUT			62.	14.9	0.6	0.1											
No.	TOOL		NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M				
1	GENERAL	OUT							0.	0.	600								
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/th		RGH									
1	1	C 0.65			48.6	17.				0.07									
	2	LIN			48.6	21.				0.25									
	3	LIN			62.	21.				0.25									
No.	UNIT	PART			CPT-X	CPT-Z	FIN-X	FIN-Z											
12	BAR	OUT			65.	20.9	0.6	0.1											
No.	TOOL		NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M				
1	GENERAL	OUT							0.	0.	600								
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/th		RGH									
1	1	C 0.25			59.95	26.				0.07									
	2	LIN			59.95	33.3				0.35									
No.	UNIT	PART			FIN-Z														
13	FACING				0.1														
No.	TOOL		NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M				
1	GENERAL	EDGE								0.	600								
FIG	PTN		SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z				RGH									
1	1		42.	0.3	37.	0.				0.07									
No.	UNIT	PART			CHAMF	LEAD	ANG	MULTI	HGT										
14	THREAD	OUT			0	1.5	55	1	0.974										
No.	TOOL		NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M				
1	THREAD	OUT					9				60								
FIG	PTN		SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z													
1	1		42.	0.	42.	14.8													
No.	UNIT	PART			CPT-X	CPT-Z	FIN-X	FIN-Z											
15	BAR	IN			0.	0.	0.6	0.1											
No.	TOOL		NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M				
1	GENERAL	IN			0	50.					600	0.3							
2	GENERAL	IN							0.	0.	600								
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	R/th		RGH									
1	1	C 1.			37.	8.	R 2.			0.07									
	2	TPR	37.	8.	34.	10.598			30.	0.07									
	3	LIN			34.	20.25				0.07									
	4	CTR																	
	5		34.	20.25	25.24	25.22			5.	0.07									
	6	CTR	25.24	20.22															
	7		25.24	25.22	0.	26.			102.	0.07									
No.	UNIT	PART			PAT.	No.	PITCH	WIDTH	FIN										
16	T.GROOVE	FACE			1	1		3.325	0.05										
No.	TOOL		NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M				
1	GROOVE	EDGE				0.1					300	0.084							
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	ANG		RGH									
1	1		55.15	21.	55.15	23.5	R 1.			0.06									
No.	UNIT	PART			PAT.	No.	PITCH	WIDTH	FIN										
17	T.GROOVE	FACE			2	1		2.37	0.05										
No.	TOOL		NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M				
1	GROOVE	EDGE							0.		300	0.08							
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	ANG		RGH									
1	1	C 0.15	55.15	21.	55.15	23.5	R 1.			0.06									
No.	UNIT	PART			PAT.	No.	PITCH	WIDTH	FIN										
18	T.GROOVE	FACE			3	1		2.37	0.05										
No.	TOOL		NOM.	No.	PAT.	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M				
1	GROOVE	EDGE							0.		300	0.08							
FIG	PTN	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	ANG		RGH									
1	1		48.5	15.	48.5	23.5	R 1.			0.06									
No.	UNIT	MODE			POS-C	DIA	DEPTH	CHMF											
19	DRILLING	2C				4.	11.	0.											
No.	TOOL		NOM-Ø	No.	HOLE-Ø	HOLE-DEP	PRE-DIA	PRE-DEP	RGH	DEPTH	C-SP	FR	M	M	M				
1	DRILL		4.	4.	11.	0.	100		PCK	T 4.	120	0.08							
FIG	PTN	SPT-R/x	SPT-C/y	SPT-Z	SPT-Y	NUM.	ANG	Q R											
1	ARC	24.25	0.	19.	0.	8	45.	0 0											

20 MANL PRG		RETURN						S	M/B	
No.	G1	G2	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	S	M/B
1									3000	
2	0	X	100.	Z	20.	Y	0.			
3	0	X	25.	Z	2.	C	0.			
4	0	Z	-19.							
5		95						F	0.03	
6	1	X	23.75							
7	0	X	25.							
8	0	C	45.							
9		95						F	0.03	
10	1	X	23.75							
11	0	X	25.							
12	0	C	90.							
13		95						F	0.03	
14	1	X	23.75							
15	0	X	25.							
16	0	C	135.							
17		95						F	0.03	
18	1	X	23.75							
19	0	X	25.							
20	0	C	180.							
21		95						F	0.03	
22	1	X	23.75							
23	0	X	25.							
24	0	C	225.							
25		95						F	0.03	
26	1	X	23.75							
27	0	X	25.							
28	0	C	270.							
29		95						F	0.03	
30	1	X	23.75							
31	0	X	25.							
32	0	C	315.							
33		95						F	0.03	
34	1	X	23.75							
35	0	X	25.							
36	0	Z	20.							
37	0	X	100.	Z	20.					

21 MANL PRG		CHANGE-PT RETURN						S	M/B	
No.	G1	G2	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	S	M/B
1									3000	
2	0	X	100.	Z	20.					
3	0	X	11.	Z	2.	C	0.			
4	0	Z	-22.8							
5		95						F	0.03	
6	1	X	13.75							
7	0	X	11.							
8	0	C	45.							
9		95						F	0.03	
10	1	X	13.75							
11	0	X	11.							
12	0	C	90.							
13		95						F	0.03	
14	1	X	13.75							
15	0	X	11.							
16	0	C	135.							
17		95						F	0.03	
18	1	X	13.75							
19	0	X	11.							
20	0	C	180.							
21		95						F	0.03	
22	1	X	13.75							
23	0	X	11.							
24	0	C	225.							
25		95						F	0.03	
26	1	X	13.75							
27	0	X	11.							
28	0	C	270.							
29		95						F	0.03	

UNo.	UNIT	PART	NOM.	No.	PAT.	FIN-Z	DEP-1	DEP-2/NUM.	DEP-3	FIN-X	FIN-Z	C-SP	FR	M	M	M
22	FACING	♦				0.1										
FIG	GENERAL	EDGE	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z					0.	600				
1			60.	-20.5	50.	-21.01					RGH					
23	FACING	♦				0.1										
FIG	GENERAL	EDGE	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z					0.	600				
1			42.	0.3	37.	0.					RGH					

