

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Technologie obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh technologie opracování vybraného typu součásti na
multifunkčním soustruhu

Autor: **Bc. Jan Vyskočil**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří ČESÁNEK, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

Prohlášení o autorství

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

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci na téma:

„Návrh technologie opracování vybraného typu součásti na multifunkčním soustruhu“

vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce a za použití odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
Bc. Jan Vyskočil

Autorská práva

Podle Zákona o právu autorském. č. 35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce, kterým je doc. Ing. Jiří Česánek, Ph.D. za věcné připomínky, užitečné rady a čas, který mi věnoval během zpracování předložené práce. Dále bych rád poděkoval za spolupráci odbornému konzultantovi diplomové práce, kterým je Ing. Luboš Kroft.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Vyskočil		Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	N2301 „Strojírenská technologie – technologie obrábění“			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Česánek, Ph.D.		Jméno Jiří	
PRACOVISTĚ	ZČU - FST - KTO			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh technologie opracování vybraného typu součásti na multifunkčním soustruhu			

FAKULTA	strojí	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2016
----------------	--------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	71	TEXTOVÁ ČÁST	71	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Předložená práce se zabývá návrhem nové výrobní technologie pro zadanou rotační součást. Cílem práce je vytvoření nové technologie, včetně zpracování NC programu a následné ekonomické hodnocení navržené varianty.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Výrobní postup, NC program, Ekonomické hodnocení, Sinumerik, Multifunkční obráběcí stroj, Komplexní obrábění

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Vyskočil	Name Jan
FIELD OF STUDY	N2301 „Manufacturing Prozesse – Technology of Metal Cutting“	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. Česánek, Ph.D.	Name Jiří
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Draft of a technology of machining a particular part on a multifunctional lathe	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2016
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	71	TEXT PART	71	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This work deals with the draft of new manufacturing technology for a selected rotational component. The aim is to create new technology, including processing the NC program and following economic evaluation of the designed variants.
KEY WORDS	The manufacturing process, NC program, economic evaluation, Multifunction machine tool, complex machining

Obsah

Seznam zkratk	9
Anotace	10
1 Úvod do řešené problematiky	11
1.1 Zadaná součást	12
1.2 Technologičnost konstrukce	15
1.3 Rozbor materiálu	18
1.3.1 Precipitace	19
1.3.2 Problematika obrábění hliníkových slitin	19
1.4 Popis stroje	20
1.4.1 Schéma stroje	22
2 Návrh technologie na vybraného představitele včetně nástrojových sestav a případných přípravků	24
2.1 Výrobní postup	24
3 Zpracování NC programů ve vybraném programovacím systému	35
3.1 Postup při zpracování NC programu	35
3.1.1 Založení nového programu	35
3.1.2 Definování základní hlavičky programu	37
3.1.3 Vkládání nástrojů	38
3.1.4 Základní operace	40
3.1.5 Časování stroje	53
3.1.6 Výsledný program	53
3.1.7 Simulace	56
4 Technicko-ekonomické hodnocení	59
4.1 Technické hodnocení	59
4.2 Ekonomické hodnocení	60
4.2.1 Výchozí předpoklady	60
4.2.2 Náklady na přímý materiál	60
4.2.3 Náklady na přímé mzdy	61
4.2.4 Strojní náklady	62

4.2.5	Režijní materiál	63
4.2.6	Náklady na nástroje.....	63
4.2.7	Ostatní přímé náklady a režijní náklady	64
4.2.8	Kalkulace a hodnocení	65
5	Závěr	66
	Citovaná literatura	68
	Seznam obrázků.....	69
	Seznam tabulek	71
	Seznam příloh.....	71

Seznam zkratek

A	Tažnost
f	Posuv
HB	Brinell hardness
Ch1	Kanál 1
Ch2	Kanál 2
KR	Kruhová tyč
KTO	Katedra technologie obrábění
mm	Milimetr
n	Otáčky
NC	Numeric control
Rm	Mez pevnosti
Rp _{0,2}	Mez kluzu
RTI	Regionální technologický institut
Ra	Drsnost
r _ε	Poloměr špičky
T6	Precipitace
ZČU	Západočeská univerzita
ρ	Hustota
m	Hmotnost
V	Objem
SHS	Strojní hodinová sazba

Anotace

Je předložena diplomová práce s názvem: Návrh technologie opracování vybraného typu součásti na multifunkčním soustruhu. Jak samotný název napovídá, cílem této diplomové práce je vytvoření nového technologického postupu, včetně nástrojových sestav a NC kódu na zadanou rotační součást. Výsledkem práce je technicko-ekonomické hodnocení navrženého řešení.

První kapitola se nazývá úvod do řešené problematiky. Úvod této kapitoly se týká obecné charakteristiky multifunkčních obráběcích strojů, kde jsou objektivně posouzeny jejich výhody a nevýhody a zároveň je vysvětlen důvod, proč je v této práci využit právě tento typ stroje. Úvodní kapitola dále obsahuje podrobný popis zadané rotační součásti, informace o technologičnosti konstrukce, materiálu součásti a použitým výrobním stroji. V této kapitole je též popsána hlavní problematika obrábění hliníkových slitin.

Druhá kapitola je kapitolou stěžejní. Na základě výrobního výkresu je vytvořen nový technologický postup, který obsahuje všechny informace potřebné pro správnou výrobu součásti. Jednotlivé výrobní úseky jsou navíc pro lepší názornost doplněny o graficky zpracované obrázky. Výsledkem této kapitoly je popis jednotlivých výrobních úseků, včetně použitých nástrojových sestav a doporučených řezných podmínek.

Ve třetí kapitole je vytvořen NC program ve vybraném programovacím jazyku. Název použitého řídicího systému je Sinumerik 840D-sl. V této kapitole jsou obecné informace o daném řídicím systému, dále jsou popsána základní pravidla při tvorbě NC programu v daném softwaru. Kapitola dále obsahuje informace o zakládání nového programu, definování nového nástroje, popisuje jednotlivé použité operace a vysvětluje na konkrétním příkladu pojem časování na multifunkčních strojích. Výsledkem této kapitoly je kompletně vytvořený NC program.

Nedílnou součástí diplomové práce je technicko-ekonomické hodnocení navrženého výrobního postupu, které se nachází ve čtvrté kapitole. Tato kapitola obsahuje posouzení efektivnosti navržené varianty. Navržená varianta je hodnocena z hlediska nákladovosti prostřednictvím detailně zpracované kalkulace.

Závěrem je popsáno celkové zhodnocení práce.

1 Úvod do řešené problematiky

Při neustávajícím rozvoji strojírenství jde vývoj strojírenské výroby neustále kupředu. To s sebou přináší vyšší požadavky na kvalitu výrobků, vyšší produktivitu, hospodárnost či ekologii. Klasické obráběcí stroje již přestávají vyhovovat především z technologických, ekonomických a ekologických důvodů a vnikají nové druhy obráběcích strojů, či dochází k inovaci strojů stávajících. Dochází k inovaci zejména v oblasti použitých materiálů, kvalitě zpracování a výrobních technologií. Tento fakt nutí výrobce zařazovat do výroby nové progresivnější metody, které zajistí výše popsané požadavky. [1]

Pro uspokojení požadavků zákazníka se do výroby čím dál častěji zařazují nové moderní multifunkční stroje, které zajistí vysokou kvalitu výroby při snížení časové náročnosti. Multifunkční obráběcí centra jsou obecně velmi přesné stroje, v jejichž výbavě obvykle nechybí více vřeten, či několik souvisle řízených os. To výrobcům umožní tzv. komplexní obrábění, neboli obrábění na jedno upnutí, kde moderní stroj dokáže nahradit práci více klasických obráběcích strojů (soustruh, frézka, vrtačka...).

V předložené diplomové práci je obsažen detailně zpracovaný obrázkový výrobní postup zadané rotační součásti, který je přizpůsobený právě na multifunkční soustružnické centrum. Multifunkční soustružnické centrum dokáže zajistit výrobu všech tvarových ploch zadané rotační součásti na jedno upnutí, což výrazně napomůže k dodržení všech předepsaných rozměrových a geometrických tolerancí. Zejména z těchto uvedených důvodů byl zvolen pro výrobu zadané součásti právě tento typ výrobního stroje.

Výroba na multifunkčním stroji s sebou přináší řadu neoddiskutovatelných výhod, ale i nevýhod. Výhody jsou například zmenšení výrobních prostorů, zkrácení doby výroby, zvýšení přesnosti výrobků či zmenšení počtu rozpracovaných výrobků ve výrobě. Velkou nevýhodou je vysoká počáteční investice (drahé stroje, nástroje), ale také potřeba vyšší kvalifikace personálu. Proto je žádoucí, aby technolog při výběru výrobního stroje pečlivě zhodnotil všechny jeho výhody a nevýhody a zvolil nejvýhodnější variantu. Z tohoto důvodu je na konci diplomové práce technicko-ekonomické hodnocení navržené výrobní technologie.

Tvorba celé výrobní technologie vychází z předpokladu 6.000 ks vyrobených výrobků za rok.

1.1 Zadaná součást

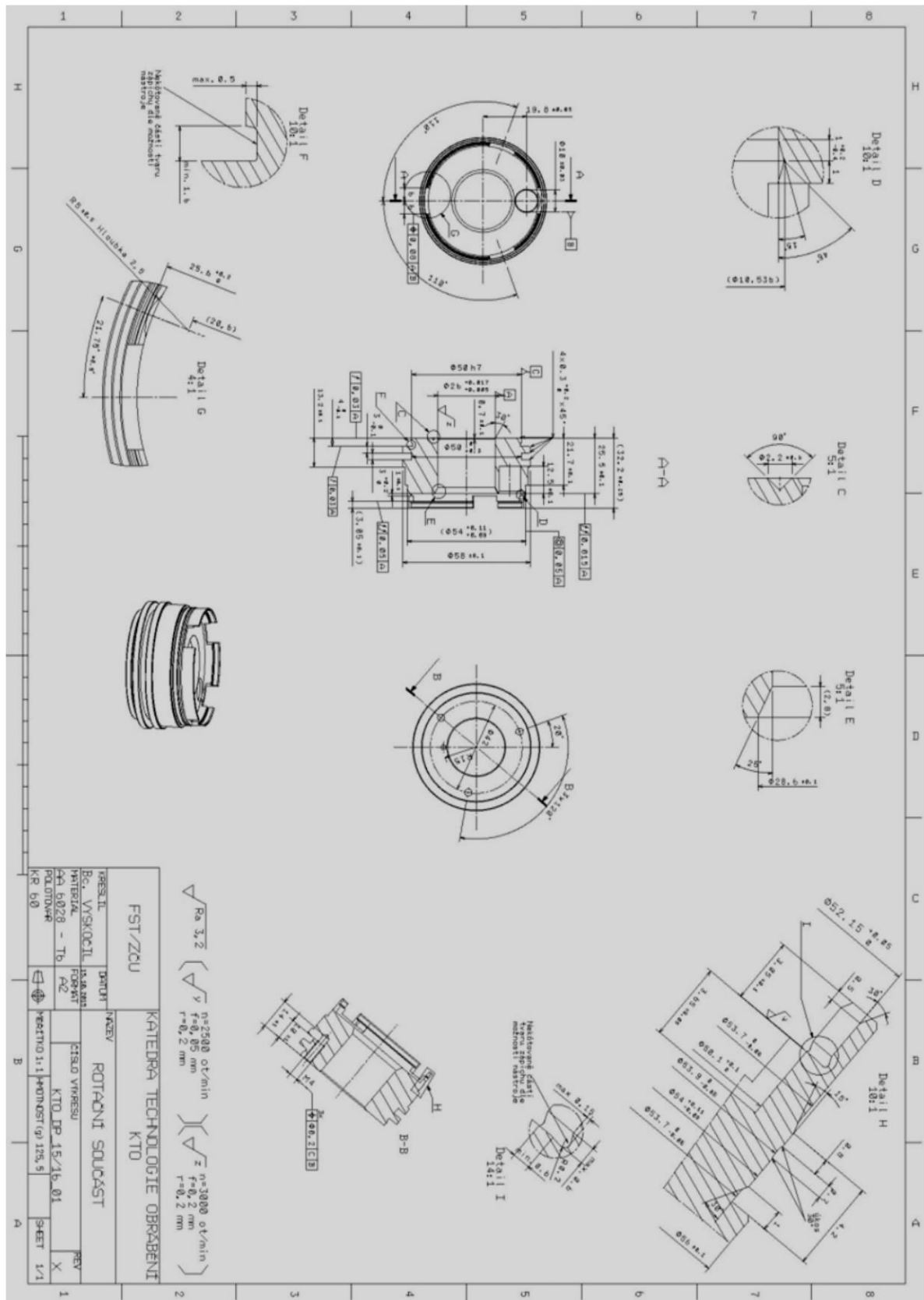
Výchozí podklad pro zpracování nové výrobní technologie je výrobní výkres č. KTO_DP_15/16_01 (viz. Příloha č.4).

Hlavním předmětem DP je rotační, tvarově složitá součást. Největší průměr součásti je 58 mm a největší šířka je 32,2 mm. Součást je opracovaná z obou stran a vyskytují se na ní vnější i vnitřní tvarové plochy. V ose součásti se nachází průchozí díra o průměru 26 mm, která je z obou stran zakončena zkosením (levá strana 30°, pravá strana 25°). Na vnějším obvodu jsou celkem čtyři tvarové zápichy. Vnitřní plocha obsahuje zápich jeden. Na levém čele se vyskytují tři neprůchozí díry se závitem M4, které jsou rozmístěné na obvodové kružnici o průměru 42 mm a posunuty po 120°. Na levém čele se dále nachází kuželová rotační plocha o největším průměru 2,2 mm (detail C), která leží na obvodové kružnici o průměru 30 mm. Na pravém čele součásti je neprůchozí díra s rovným dnem o průměru 10 mm, umístěná mimo osu rotace, ve vzdálenosti 19,8 mm od středu součásti. Díra o průměru 10 mm je zakončena sražením 15°. Pravá strana dále obsahuje čtyři drážky o šířce 12 mm, jedenkrát zafrézování o poloměru R5 hluboké 2,5 mm (detail G) a zkosení 45° (detail D).

Na součásti je předepsáno velké množství rozměrových a geometrických tolerancí. Mezi nejpřesnější patří rozměrová tolerance průchozí díry o průměru 26 mm, kde je toleranční pole +0,005 až +0,017 mm. Mezi tolerancemi geometrickými je zde například tolerance úplného házení 0,015 mm na pravém čele ve vzdálenosti 25,5 mm, která je vztažena k průchozí díře o průměru 26 mm.

Součást je vyráběna ze slitiny hliníku AA 6028 – T6 a polotovaru KR 60. Konečná hmotnost součásti je 125 g.

Na Obrázku č. 1 je zobrazen výrobní výkres, který je tvořen základním pohledem, jedním promítnutím, dvěma řezy, sedmi detaily a jedním 3D modelem. Kompletní výrobní výkres je obsažen v přílohách DP.

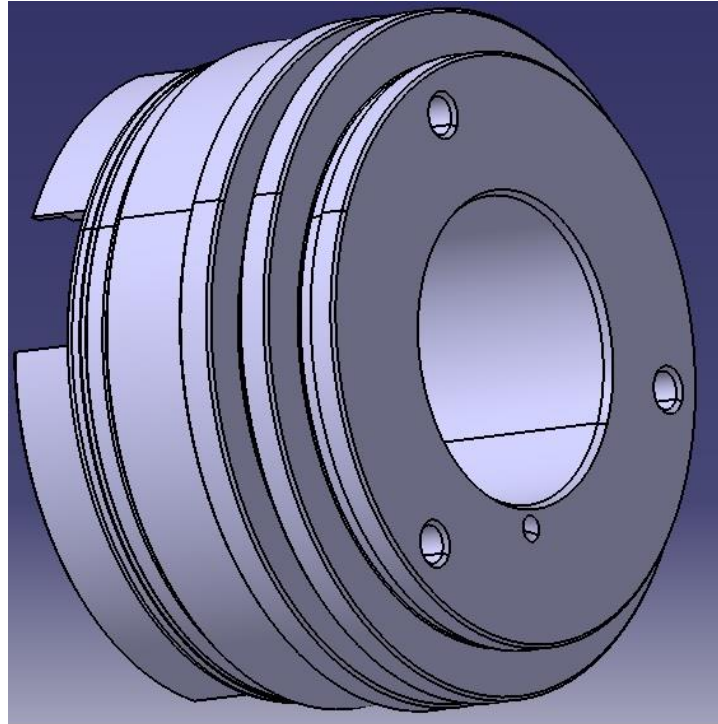


Obrázek č. 1 - Výrobní výkres

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

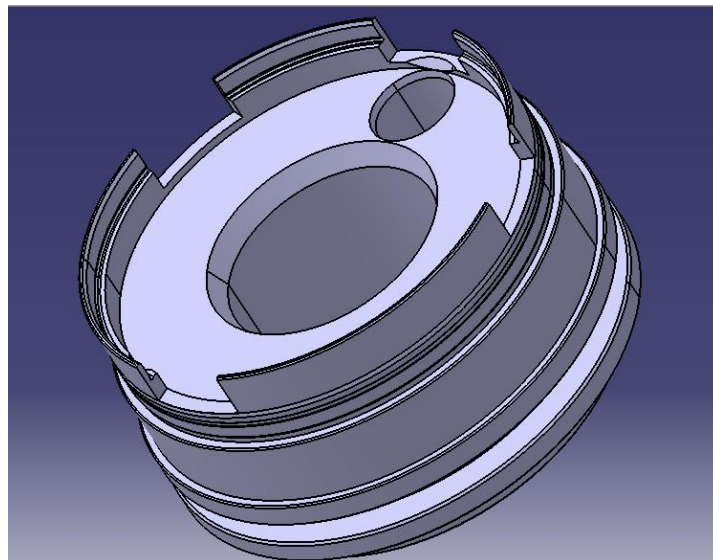
Při zadání DP byl k dispozici německý výkres, který bylo potřeba překreslit. Z toho důvodu byl za pomoci softwaru Catia V5R20 vytvořen 3D model a následně nový výkres. Tento model lze případně použít při tvorbě NC kódu v CAM systémech.

Na Obrázku č. 2 a č. 3 se nachází 3D model zadané rotační součásti.



Obrázek č. 2 - 3D model levá strana

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



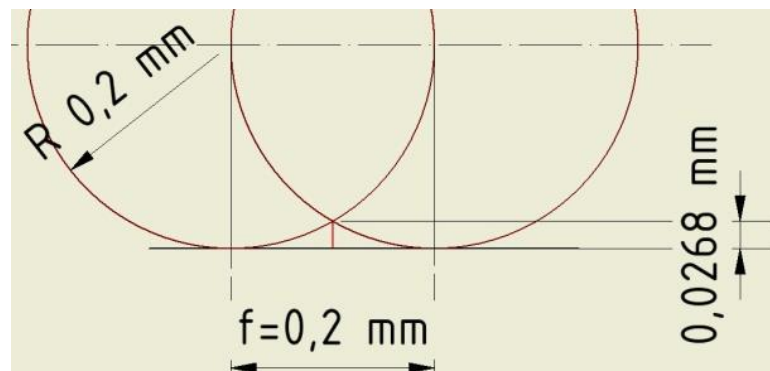
Obrázek č. 3 - 3D model pravá strana

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

1.2 Technologičnost konstrukce

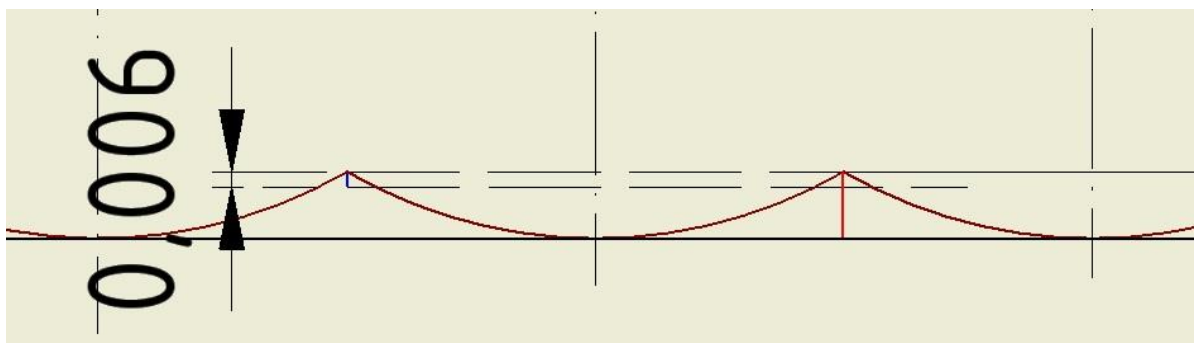
Předmětem technologického posouzení je rotační válcová součást popsána v kapitole 1.1. Na výše popsané rotační součásti převažují operace soustružnické, ale je zde zapotřebí také operací frézovacích a vrtacích. Jedná se o vnější soustružení, vnitřní soustružení, zapichování, upichování, vrtání v ose i mimo osu, frézování drážek, kapsy a zkosení.

Co se týká konstrukčního návržení součásti, je zde řada složitých ploch, které by mohly výrobu značně zkomplikovat a tím pádem i prodražit. Nejzávažnější problém této součásti nastává při výrobě díry o průměru 26 mm, kde je předepsaná velmi přesná tolerance $+0,005$ až $+0,017$ mm. Zároveň požadované podmínky pro výrobu této přesné díry jsou otáčky $n = 3000$ ot/min, posuv $f = 0,2$ mm a poloměr špičky $r_\epsilon = 0,2$ mm, které mají zajistit dostatečnou drsnost plochy, což má své funkční opodstatnění. Vzhledem k požadovaným výrobním podmínkám, lze očekávat drsnost plochy cca $R_a = 3,2$. Při takto vysoké drsnosti povrchu je velmi obtížné dosáhnout požadované rozměrové přesnosti.



Obrázek č. 4 - Teoretická drsnost plochy

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



Obrázek č. 5 - Požadovaná tolerance

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Další velmi přesná tolerance je předepsána na pravém čele (na míře 25,5 mm), jedná se o celkové házení 0,015 mm, vztažené k vnitřnímu otvoru o průměru 26 mm. Tento problém se může řešit použitím přesného stroje, který umožní výrobu díry a čela na jedno upnutí. Tím se zamezí nepřesnostem vlivem přeupnutí.

Na součásti se nachází celkem pět tvarových zápichů, na které se technolog musí zaměřit při výběru nástrojových sestav. Vnější zápichy na průměru 53,7 mm a 53,9 mm jsou ukončené úkosem 30°. Tyto dva zápichy lze vyrábět za pomoci podélného soustružnického nože. Podmínkou je zvolit takový typ nože, který dokáže vyrobit již zmíněný úkos 30°. Pro zhotovení zápichu na průměru 50 mm je nutné zvolit zapichovací typ nože. Jelikož tento zápich je hlubší než širší, může se vyskytnout problém s odvodem třísek z místa řezu.

Vzhledem ke konstrukci této rotační součásti, lze výrobu provést dvěma způsoby. První způsob zahrnuje více obráběcích strojů. Soustruh, frézku a velmi pravděpodobně i brusku. Tento způsob by byl vhodný u kusové výroby, kde není velký požadavek na nízký výrobní čas. Nevýhoda této varianty spočívá v častém přeupínání součásti, kde se do výroby vnáší nepřesnosti.

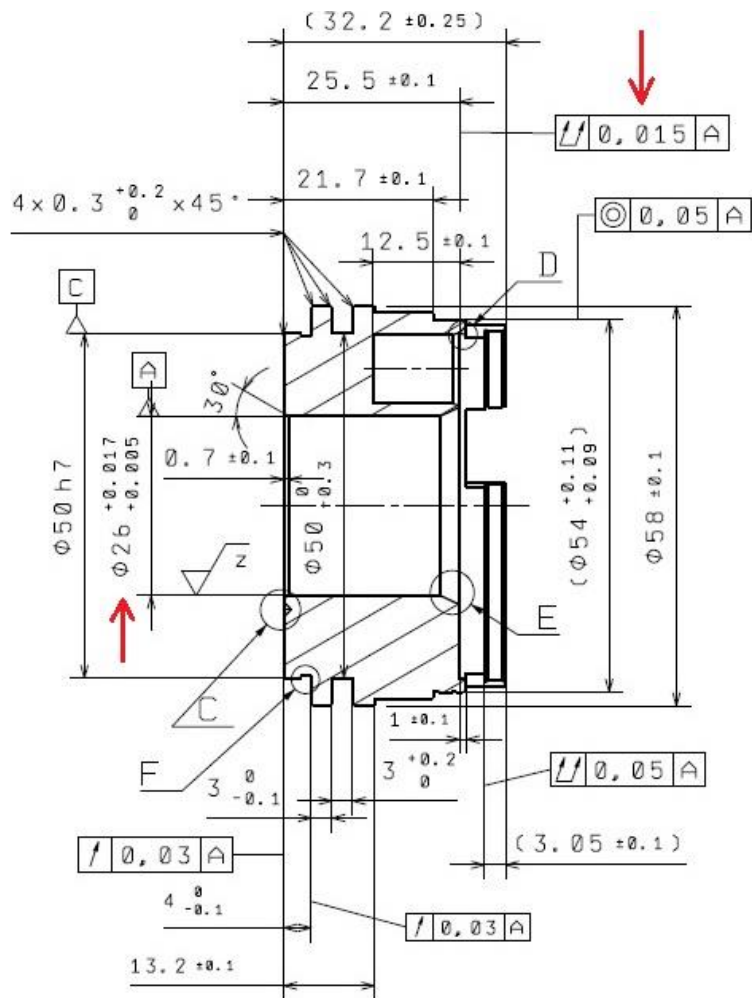
Druhá možnost je využití multifunkčního obráběcího centra, kde výroba celé součásti proběhne na jedno upnutí a celková doba výroby je kratší než v první variantě. Vzhledem k plánovanému počtu 6.000 kusů za rok je druhá varianta v tomto ohledu výhodnější.

Výpočet polotovaru [2]:

$$P_c = \frac{5 \times d_s}{100} + 2 = 4,9 \text{ mm}$$

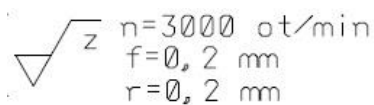
Dle výše uvedeného vztahu je hodnota celkového přídatku 4,9 mm. Vzhledem k tomu, že se nejedná o velký průměr a hliníkové tyče jsou dodávány v dostatečné přesnosti, postačí polotovar KR60. Tento polotovar zajistí menší ekonomické ztráty ve formě třísek a zároveň je dostatečný pro výrobu největšího průměru součásti.

Další problém nastává při výrobě zkosení u neprůchozí díry o průměru 10 mm, kde hodnota zkosení je 15° a v těsné blízkosti navazuje další zkosení 45°. Vzhledem k tomu, že v tomto místě není dostatek prostoru pro nástroj a úhel 15° není příliš často používán, je vhodné navrhnout speciální nástroj, který obě zkosení vyrobí najednou. (na výkrese viz. detail D)



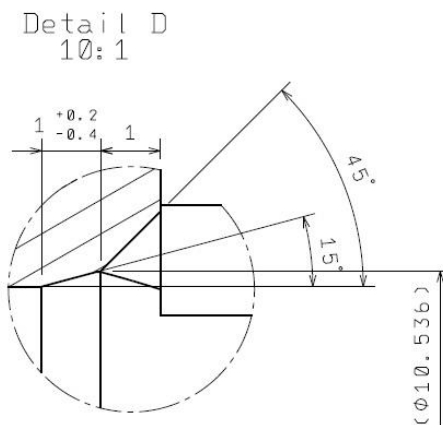
Obrázek č. 6 - Řez A-A

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



Obrázek č. 7 - Zadané podmínky

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



Obrázek č. 8 - Detail D

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

1.3 Rozbor materiálu

Zadaná součást je vyráběna z hliníkové slitiny AA 6028 – T6. Jedná se o slitinu, která je speciálně vyvinuta pro elektroniku a automobilový průmysl. Tento materiál je ceněný díky svým příznivým vlastnostem při obrábění. Používá se např. pro automobilové brzdy. [3]

CHEMICKÝ ROZBOR											
Slitina	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Pb	Sn	Bi
AA6028	1,0	Max.	0,25	0,60	0,70	0,04	Max.	Max.	Max.	0,6	0,6
	1,3	0,50	0,40	0,90	1,0	0,10	0,30	0,20	0,05	0,8	0,8

Tabulka č. 1- Chemický rozbor

Zdroj: [3]

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI	
Hustota [g/cm ³]	2,72
Modul pružnosti [MPa]	69990
Tepelná vodivost [W/mK]	172
Koeficient Tepelné roztažnosti (20-100°)[10 ⁻⁶ /K]	23,4

Tabulka č. 2- Fyzikální vlastnosti

Zdroj: [3]

MECHANICKÉ VLASTNOSTI	
R _m [MPa]	345
R _{p0,2} [MPa]	315
A [%]	4
HB	80

Tabulka č. 3 - Mechanické vlastnosti

Zdroj: [3]

1.3.1 Precipitace

Materiál je tepelně zpracován. Dodatek T6 je znakem pro rozpouštěcí žihání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla.

Rozpouštěcí žihání je přípravná operace před ochlazováním. Jedná se o zahřátí materiálu v peci na požadovanou teplotu, která závisí na teplotě křivky solidu daného materiálu. Maximální teplota v peci by neměla překročit teplotu 10 °C pod teplotou solidu. Překročením této hraniční teploty by došlo k výraznému zhrubnutí zrna, což je nežádoucí. Délka ohřevu závisí především na tloušťce zpracovávaného materiálu. Výsledkem ohřevu by měl být vznik homogenního tuhého roztoku.

Hlavním cílem ochlazování je vznik přesyceného tuhého roztoku a zabránění segregaci fází, které přesycují tuhý roztok. Hliníkové slitiny se obvykle chladí ve vodě o teplotě 20 °C. K ochlazení by mělo dojít okamžitě po vyjmutí z pece, pokud se tak nestane, může dojít k částečné segregaci, což má za následek snížení tažnosti, pevnosti a odolnosti proto korozi.

Precipitační vytvrzování, jinak nazývané jako stárnutí je proces rozpadu termodynamicky nestabilního přesyceného tuhého roztoku a vzniku precipitátu. Rozpad probíhá buď při pokojové teplotě (vytvrzování za studena), nebo za zvýšené teploty (vytvrzování za tepla). [4]

1.3.2 Problematika obrábění hliníkových slitin

Při obrábění hliníku a jeho slitin dochází k následujícím problémům:

- 1) nalepování materiálu a následná tvorba nárůstku
- 2) vytrhávání nebo hnutí materiálu

Tvorba nárůstku je výsledkem tření a adheze v dotykové ploše mezi třískou a čelem bříty, v jiném případě vznikem oblasti všestranného tlaku před ostřím. Nárůstek je obecně dvakrát až třikrát tvrdší než původní materiál obrobku a jeho vznik a zánik je spojen s určitou frekvencí (10^2 až 10^3 Hz). Přestože nárůstek má jednu pozitivní vlastnost, negativní vlivy na řezný proces převažují, tudíž tvorba nárůstku je nežádoucí. Nárůstek chrání břit v těsné blízkosti ostří, zároveň ale zvětšuje úhel čela, zvětšuje otěr bříty, zhoršuje kvalitu obrobku a vlivem své nestability způsobuje kmitání soustavy stroj-nástroj-obrobek. [5]

Pro obrábění slitin hliníku je možné použít více druhů řezných materiálů. Mezi nejčastější zástupce patří slinuté karbidy, povlakované slinuté karbidy a diamant. Společný znak všech nástrojů pro obrábění hliníkových slitin je pozitivní geometrie břítu. Čím více je břit pozitivnější, tím lépe materiál řezě, ale namáhání působící na břit roste. Pokud obsah Si je nižší než cca 8 %, je vhodné volit jemnozrné nepovlakované karbidy. Při vyšším obsahu křemíku je materiál velmi abrazivní a volí se slinuté karbidy se speciálními vrstvami. Slinuté karbidy se volí velmi jemnozrné, které mají vysokou tvrdost, ale ne z hlediska abrazivního otěru, ale proto, aby do materiálu bylo možné vybrousit potřebný břit. Hrubozrnější karbid by svojí tvrdostí také vyhovoval, ale při broušení pozitivních břitů by docházelo k problémům.

Další možností je využití diamantu. Diamantový nástroj je tvrdší, má větší odolnost vůči opotřebení, ale cena diamantového nástroje je mnohem vyšší než již zmíněného slinutého karbidu. Velká výhoda diamantového nástroje spočívá v tom, že jeho mechanické vlastnosti umožňují výrobu více pozitivního nástroje. V tomto ohledu je velmi zajímavý také nástroj ze slinutého karbidu, na kterém je nadeponovaná vrstva diamantu.

Aby se předešlo nalepování částic obrobeného materiálu na břítu, napomohlo odchodu třísek a zvýšila se kvalita obrobené plochy, je zapotřebí při obrábění použít řezné kapaliny.

Hliníková slitina AA 6028 je lépe obrobitelná než čistý hliník, nebo silumíny. Naopak v porovnání s duralem je tato slitina obrobitelná hůře.

1.4 Popis stroje

Vzhledem k tomu, že při zadání diplomové práce se hlavní myšlenka výroby zadané rotační součásti ubírala cestou tzv. komplexního obrábění, neboli obrábění na jedno upnutí, je nutné specifikovat stroj, který tento způsob výroby dokáže zajistit.

Z konstrukčního hlediska součásti vyplývá, že je za potřebí vnějšího podélného soustružení, vnitřního podélného soustružení, zapichování, upichování, vrtání v ose i mimo osu, frézování kapes, drážek, zkosení a řezání závitů. Součást je navíc obrobena z obou stran.

Pro zajištění všech výše uvedených výrobních operací se pro výrobu volí multifunkční obráběcí centrum. Jelikož na součásti převažují operace soustružnické, jedná se o

multifunkční soustružnické centrum. Ve výbavě stroje nesmí chybět protivřetená, které zajistí obrábění z obou stran obrobku. Pro frézování drážek, vrtání díry mimo osu či výrobu závitů je zapotřebí revolver s poháněnými nástroji. Minimálně 3 souvisle řízené osy X, Y, Z a polohovatelná osa C. Maximální průměr obrábění musí umožnit upnutí tyče o průměru 60 mm. Stroj musí být tuhý a dostatečně přesný pro splnění všech předepsaných tolerancí. Výkon a otáčky stroje musí být dostatečné pro zajištění řezných podmínek uvedených ve výrobním postupu.

Z důvodu, že diplomová práce je řešena v rámci ZČU v Plzni, je výroba uskutečněna na soustružnickém centru CTX BETA 1250 TC 4A, který je součástí vybavení výzkumného centra fakulty strojní (RTI). Jedná se o vysoce moderní stroj určený pro komplexní obrábění tvarově složitých součástí. Jde o vysoce přesné centrum s jedinečnými variacemi. Robustní konstrukce stroje zaručuje maximální stabilitu a přesnost opakování.

Nevýhoda tohoto moderního výrobního stroje je velmi vysoká pořizovací cena, která se pohybuje okolo 15 000 000 Kč. Vzhledem k vysoké pořizovací ceně bude strojní hodinová sazba stroje velmi vysoká, tudíž výroba zadané součásti nebude levná záležitost. Pro zde popisovanou výrobu by bylo dostačující použití levnějšího, ne tak technicky vybaveného stroje, jehož cena by byla výrazně nižší. Výrobní náklady zadané součásti na stroji CTX BETA 1250 TC 4A jsou vypočítány v kapitole technicko-ekonomické hodnocení.



Obrázek č. 9 - CTX beta 1250 TC 4A

Zdroj: [6]

Hlavní znaky stroje:

- stupeň vybavení TC 4A: protivřeteno a soustružnicko-frézovací vřeteno, délka obrábění 1250 mm a 12-tipolohový hvězdicový revolver s pohonem nástrojů
- mohutně dimenzované konstrukční skupiny, vysoká stabilita, dlouhá životnost
- soustružnicko-frézovací vřeteno s vysokým výkonem s pohonem B osy prstencovým motorem ve standardu
- lineární vedení v ose X a Z pro vysokou dynamiku stroje
- kotoučový zásobník pro 24 nástrojů
- velký, přehledný pracovní prostor při malém nároku na ustavovací plochu stroje
- snadno ovladatelný řídicí panel ERGOline s 19" TFT plochou obrazovkou, volně konfigurovatelné DMG Softkeys

Technická data stroje:

- Maximální průměr obrábění - 500 mm
- Maximální délka obrobku - 1200 mm
- Vzdálenost mezi vřeteny (bez sklíčidla) - 1470 mm
- Výkon/Točivý moment hlavní vřeteno - 34 kW/380 Nm
- Výkon/Točivý moment protivřeteno - 27 kW/170 Nm
- Otáčky hlavního/protivřetena - 5000 min⁻¹

[7]

1.4.1 Schéma stroje

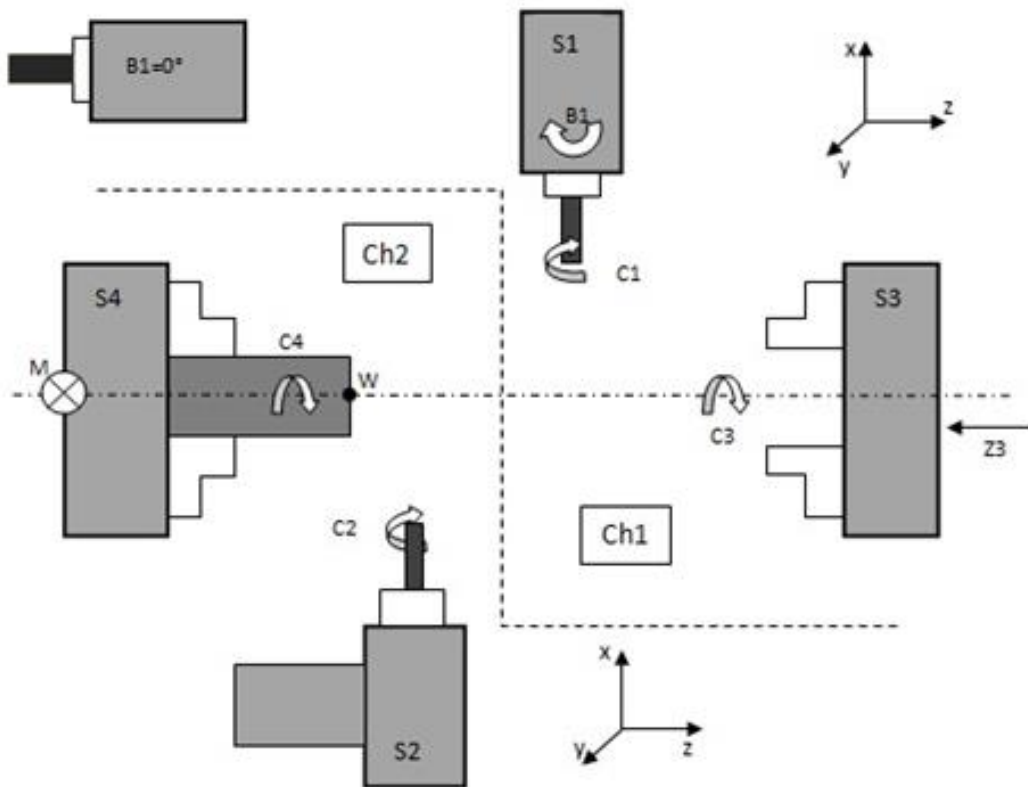
Na Obrázku č. 10 je zobrazeno schéma stroje. Jsou zde naznačeny jednotlivé osy stroje a rozdělení kanálů (Ch 1 a Ch 2). Stroj má ve výbavě 12 os.

S1 – horní hlava

S2 – revolver

S3 – protivřeteno

S4 – hlavní vřeteno



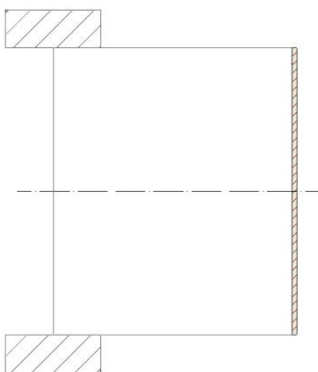
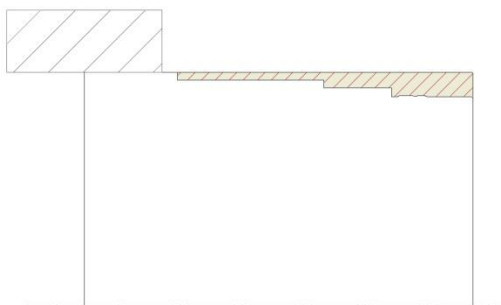
Obrázek č. 10 - Schéma stroje

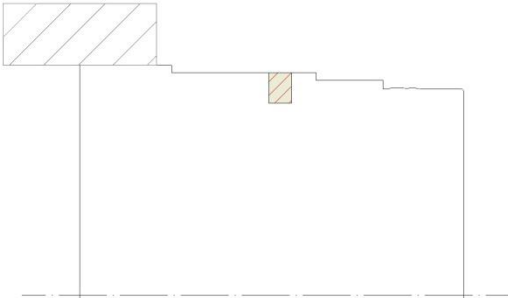
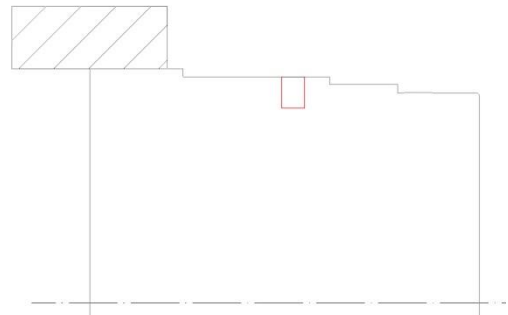
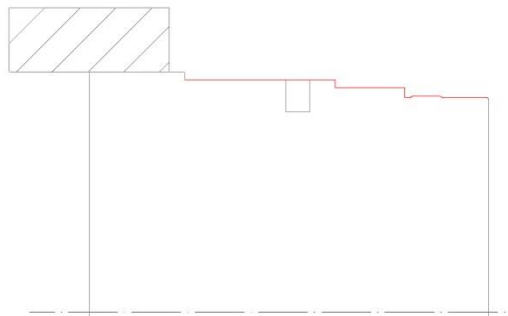
Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

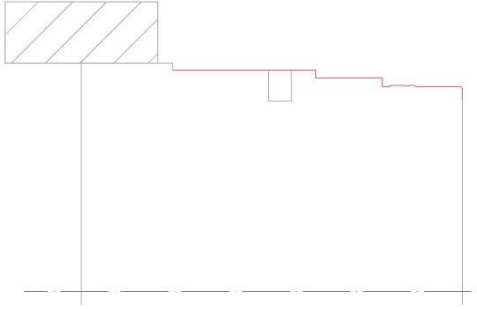
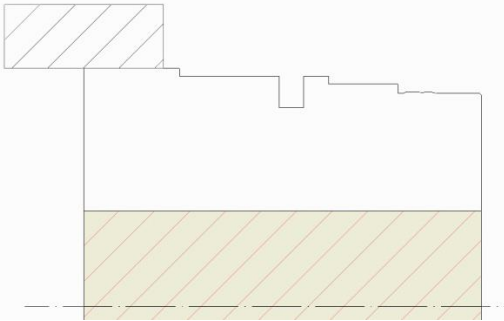
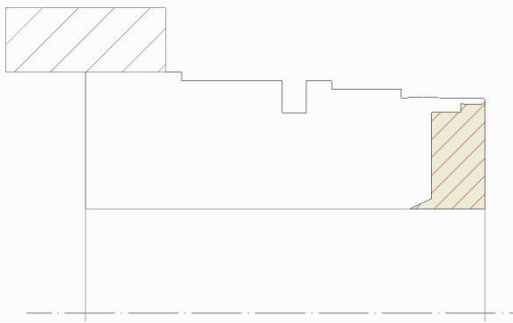
2 Návrh technologie na vybraného představitele včetně nástrojových sestav a případných přípravků

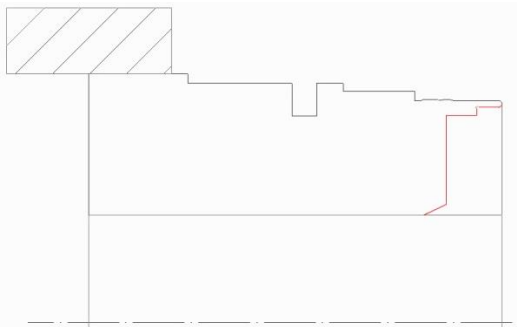
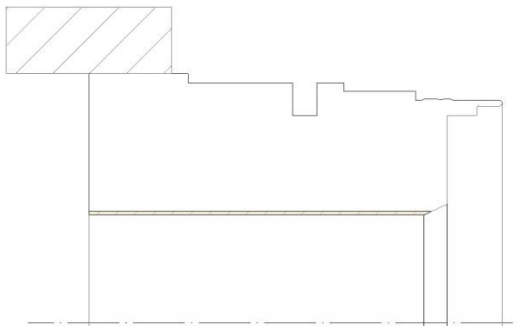
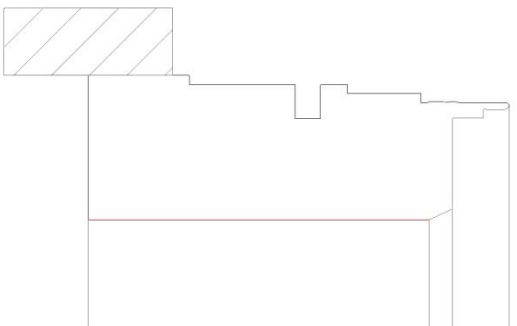
V této kapitole je podrobně popsán navržený výrobní postup, včetně nástrojů, řezných podmínek a grafického znázornění jednotlivých výrobních úseků.

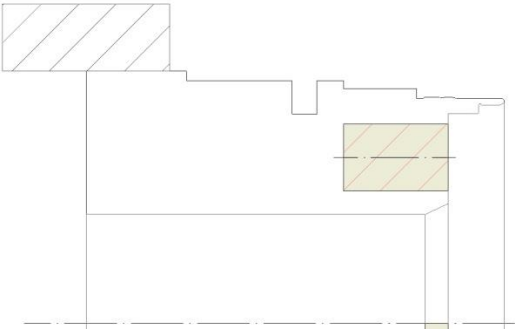
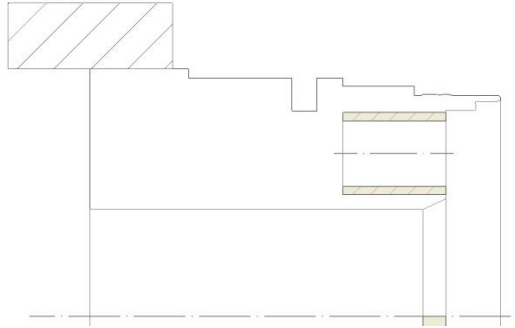
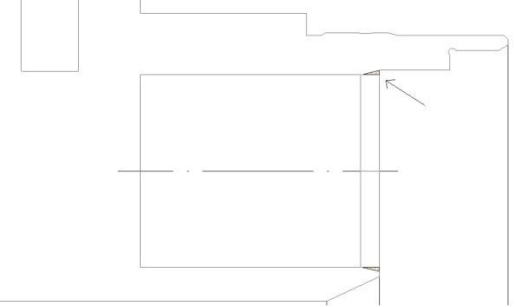
2.1 Výrobní postup

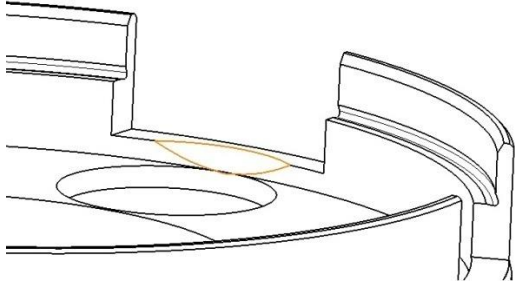
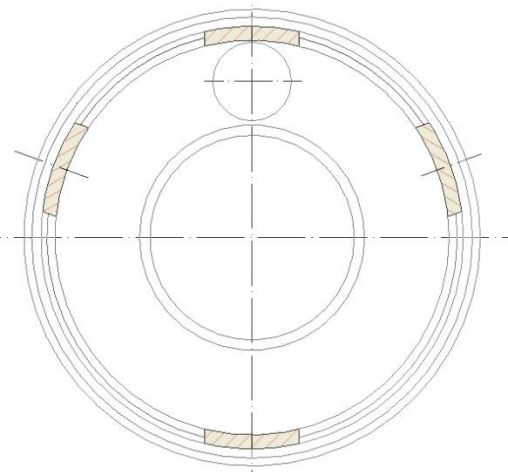
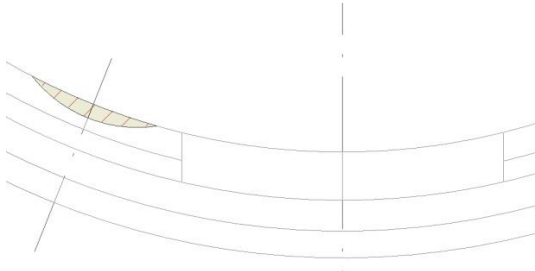
ZČU v Plzni	Název součásti:	Číslo výkresu:	Stroj:	Polotovar:
Bc. Jan Vyskočil	Rotační součást	KTO_DP_15/16_01	CTX BETA 1250 TC 4A	KR 60 AA 6028 – T6
<p>Úsek č. 1</p>  <p>Obrázek č. 11 - úsek č. 1</p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>		<p>Zarovnat čelo, přídavek 0,15 mm</p>		
		<p>Řzná destička: CCGX 12 04 08 – Al H10 Nástroj: SCLCL 2525 M12</p>		
		<p>Řzné podmínky</p> <p>Řzná rychlost Vc: 250 m/min Posuv f: 0,25 mm/ot</p>		
<p>Úsek č. 2</p>  <p>Obrázek č. 12 - úsek č. 2</p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>		<p>Hrubovat vnější konturu do vzálenosti 38 mm, přídavek 1 mm/pl</p>		
		<p>Řzná destička: CCGX 12 04 08 – Al H10 Nástroj: SCLCL 2525 M12</p>		
		<p>Řzné podmínky</p> <p>Řzná rychlost Vc: 300 m/min Posuv f: 0,3 mm/ot</p>		

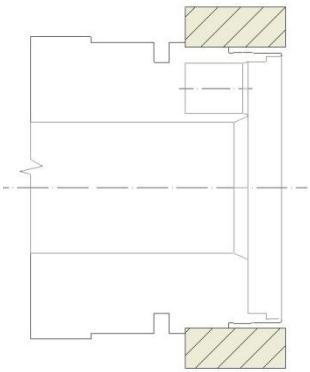
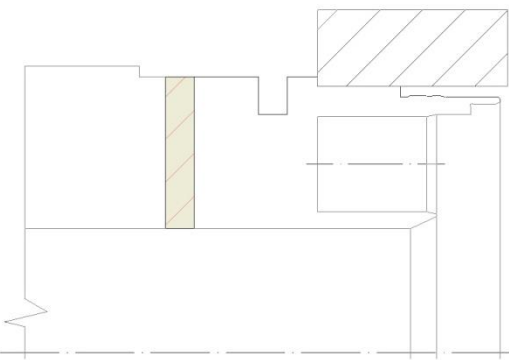
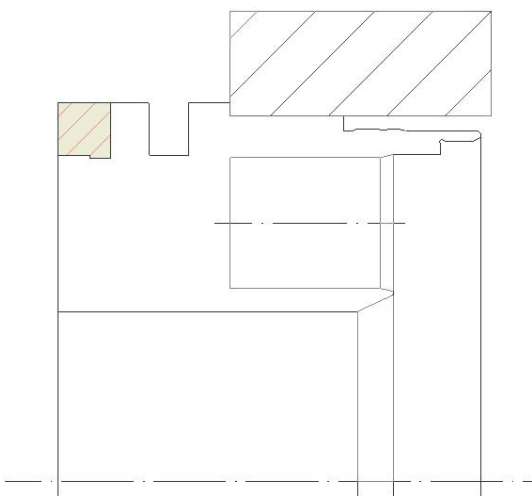
<p style="text-align: center;">Úsek č. 3</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 13 - úsek č. 3</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Hrubovat zápich ø50 mm</p> <p>Řezná destička: N123D2-0150-0001-GF 1125</p> <p>Nástroj: RF123D08-2525B</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 100 m/min</p> <p>Posuv f: 0,1 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 4</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 14 - úsek č. 4</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Dokončit zápich ø50 mm</p> <p>Řezná destička: N123D2-0150-0001-GF 1125</p> <p>Nástroj: RF123D08-2525B</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 100 m/min</p> <p>Posuv f: 0,08 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 5</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 15 - úsek č. 5</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Předdokončit vněj. konturu, přídavek 0,3 mm/pl</p> <p>Řezná destička: DCGX 11 T3 02- Al H10</p> <p>Nástroj: SDJCL 2525M 11HP</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 350 m/min</p> <p>Posuv f: 0,15 mm/ot</p>

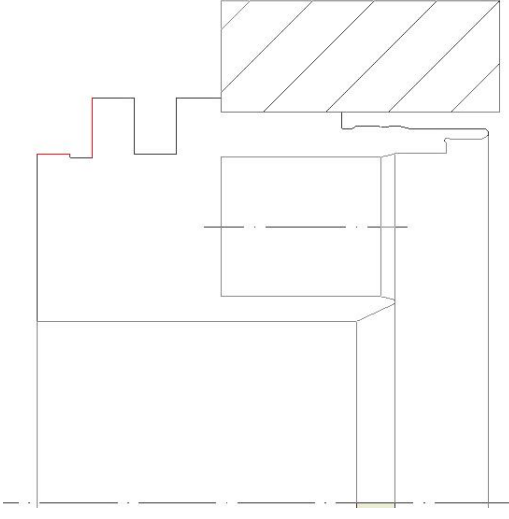
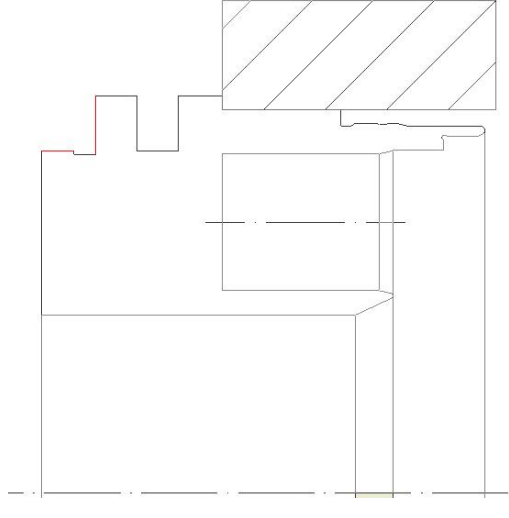
<p style="text-align: center;">Úsek č. 6</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 16 - úsek č. 6</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Dokončit vnější konturu, dokončit čelo</p> <p>Řezná destička: DCGX 11 T3 02- Al H10</p> <p>Nástroj: SDJCL 2525M 11HP</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 350 m/min</p> <p>Posuv f: 0,15 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 7</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 17 - úsek č. 7</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Vrtat díru ø26 mm, vrták ø24 mm</p> <p>Řezná destička: XPMT07H308R-DW</p> <p>Nástroj: TDX240W25-2</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 160 m/min</p> <p>Posuv f: 0,1 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 8</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 18 - úsek č. 8</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Hrubovat vnitřní konturu + zkosení 25°, přídavek 0,3 mm/pl</p> <p>Řezná destička: TCGX 11 02 04 – Al H10</p> <p>Nástroj: STFCL A16R</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 240 m/min</p> <p>Posuv f: 0,3 mm/ot</p>

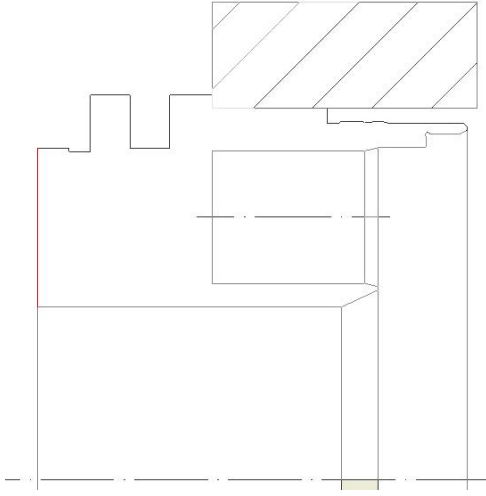
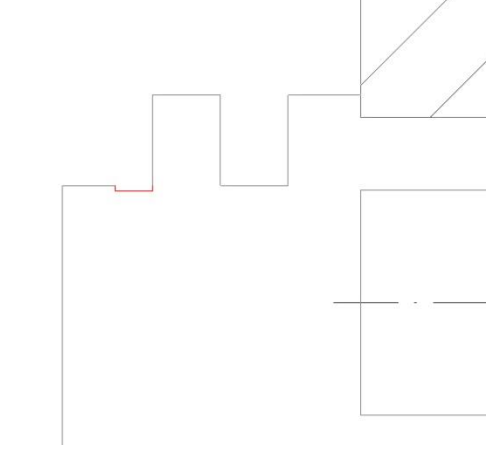
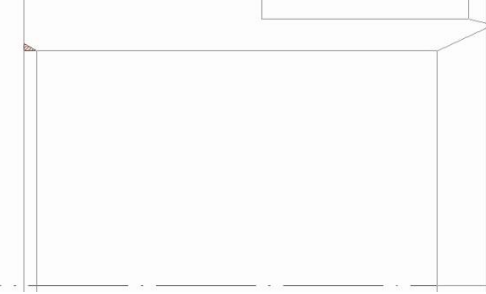
<p style="text-align: center;">Úsek č. 9</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 19 - úsek č. 9</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p>Dokončit vnitřní konturu + zkosení 25°</p> <p>Řezná destička: DCGX 11 T3 02- Al H10</p> <p>Nástroj: S20S-SDUCL 11-M</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 260 m/min</p> <p>Posuv f: 0,1 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 10</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 20 - úsek č. 10</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p>Předdokončit díru ø26 mm, přídavek 0,3 mm/pl</p> <p>Řezná destička: DCGX 11 T3 02- Al H10</p> <p>Nástroj: S20S-SDUCL 11-M</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Otáčky n: 3000 ot/min</p> <p>Posuv f: 0,2 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 11</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 21 - úsek č. 11</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p>Dokončit díru ø26 mm</p> <p>Řezná destička: DCGX 11 T3 02- Al H10</p> <p>Nástroj: S20S-SDUCL 11-M</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky- ZADANÉ</p> <p>Otáčky n: 3000 ot/min</p> <p>Posuv f: 0,2 mm/ot</p>

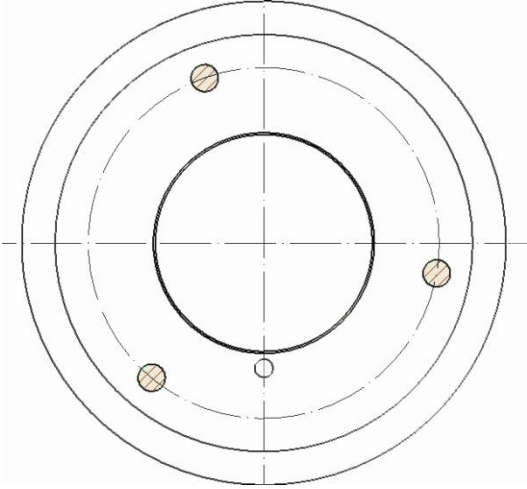
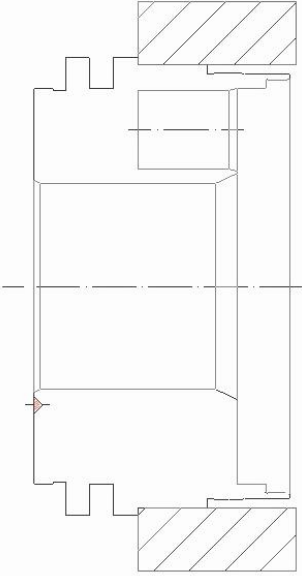
<p style="text-align: center;">Úsek č. 12</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 22 - úsek č. 12</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Předvrtat díru $\varnothing 10$ mm, vrták $\varnothing 8$ mm</p> <p>Nástroj: 860.1-0800-024A1-NM H10F</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 100 m/min</p> <p>Posuv f: 0,2 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 13</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 23 - úsek č. 13</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Frézovat díru $\varnothing 10$ mm</p> <p>Nástroj: EC-B3 06-13C06E50</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 100 m/min</p> <p>Posuv f: 0,2 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 14</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 24 - úsek č. 14</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Sražení 15°</p> <p>Nástroj: Speciální nástroj</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p>

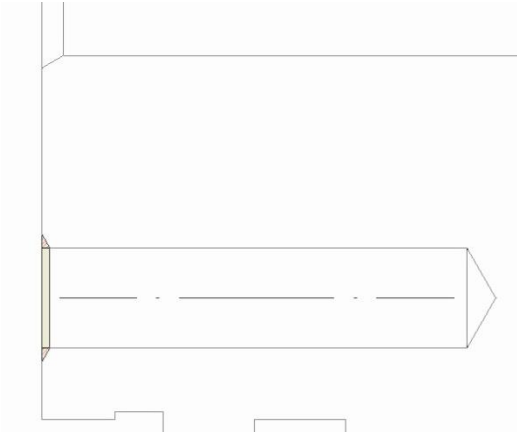
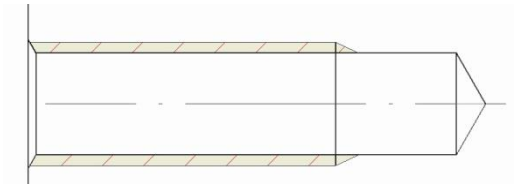
<p style="text-align: center;">Úsek č. 15</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 25 - úsek č. 15</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Sražení 45°</p> <p>Nástroj: Speciální nástroj</p> <p style="text-align: center;">Řzné podmínky</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 16</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 26 - úsek č. 16</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Frézovat 4x drážka</p> <p>Nástroj: EC-B3 06-13C06E50</p> <p style="text-align: center;">Řzné podmínky</p> <p>Řzná rychlost Vc: 100 m/min</p> <p>Posuv f: 0,2 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 17</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 27 - úsek č. 17</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Frézovat drážku R5, hl.2,5 mm (det. G)</p> <p>Nástroj: EC-B3 06-13C06E50</p> <p style="text-align: center;">Řzné podmínky</p> <p>Řzná rychlost Vc: 100 m/min</p> <p>Posuv f: 0,2 mm/ot</p>

<p style="text-align: center;">Úsek č. 18</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 28 - úsek č. 18</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Upnout do protivřetena za $\varnothing 56$ mm, opřít o čelo</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 19</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 29 - úsek č. 19</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Upíchnout, přídavek 0,15 mm</p> <p>Řezná destička: N123G2-0300-0001-CF 1125</p> <p>Nástroj: RF123G20 – 2525B</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost V_c: 100 m/min</p> <p>Posuv f: 0,08 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 20</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 30 - úsek č. 20</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Hrubovat vnější konturu, přídavek 1 mm/pl</p> <p>Řezná destička: CCGX 12 04 08 – A1 H10</p> <p>Nástroj: SCLCR 2525 M12</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost V_c: 300 m/min</p> <p>Posuv f: 0,3 mm/ot</p>

<p style="text-align: center;">Úsek č. 21</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 31 - úsek č. 21</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Předdokončit vněj. konturu, přídavek 0,3 mm/pl</p> <p>Řezná destička: DCGX 11 T3 02- Al H10 Nástroj: SDJCR 2525M 11HP</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 350 m/min Posuv f: 0,15 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 22</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 32 - úsek č. 22</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Dokončit vnější konturu</p> <p>Řezná destička: DCGX 11 T3 02- Al H10 Nástroj: SDJCR 2525M 11HP</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 350 m/min Posuv f: 0,15 mm/ot</p>

<p style="text-align: center;">Úsek č. 23</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 33 - úsek č. 23</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Dokončit levé čelo</p> <p>Řezná destička: DCGX 11 T3 02- A1 H10</p> <p>Nástroj: SDJCR 2525M 11HP</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 250 m/min</p> <p>Posuv f: 0,15 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 24</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 34 - úsek č. 24</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Dokončit zápich (det. F)</p> <p>Řezná destička: N123D2-0150-0001-GF 1125</p> <p>Nástroj: RF123D08-2525B</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 100 m/min</p> <p>Posuv f: 0,1 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 25</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 35 - úsek č. 25</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Zkosení 30°</p> <p>Řezná destička: DCGX 11 T3 02- A1 H10</p> <p>Nástroj: S20S-SDUCL 11-M</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 250 m/min</p> <p>Posuv f: 0,1 mm/ot</p>

<p style="text-align: center;">Úsek č. 26</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 36 - úsek č. 26</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Vrtat 3x ø3,3</p> <hr/> <p>Nástroj: 860.1-0330-026A1-NM H10F</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Řzné podmínky</p> <p>Řzná rychlost Vc: 35 m/min</p> <p>Posuv f: 0,08 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 27</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 37 - úsek č. 27</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">Navrtat detail C</p> <hr/> <p>Nástroj: ECD-S2 06090C06-57</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Řzné podmínky</p> <p>Řzná rychlost Vc: 35 m/min</p> <p>Posuv f: 0,05 mm/ot</p>

<p style="text-align: center;">Úsek č. 28</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 38 - úsek č. 28</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">3x Srazit hranu M4</p> <p>Nástroj: ECD-S2 06090C06-57</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 35 m/min</p> <p>Posuv f: 0,05 mm/ot</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 29</p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek č. 39 - úsek č. 29</i></p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p style="text-align: center;">3x řezat závit M4</p> <p>Nástroj: E354M4</p> <p style="text-align: center;">Řezné podmínky</p> <p>Řezná rychlost Vc: 15 m/min</p>
<p style="text-align: center;">Úsek č. 30</p>	<p style="text-align: center;">Kontrola</p>

Tabulka č. 4 - Výrobní postup

3 Zpracování NC programů ve vybraném programovacím systému

Vytváření NC programu bylo vytvářeno za pomoci moderního řídicího systému Sinumerik 840D – sl. Jedná se o produkt společnosti Siemens AG a patří k nejrozšířenějším řídicím systémům v oblasti třískového obrábění. V současné době společnost Siemens disponuje třemi základními typy řídicích systémů a to Sinumerik 808D, 828D a zde použitý 840D sl.

Sinumerik 808 se používá pro standardní stroje, kde není potřeba náročnějších aplikací. Největší využití je pro základní soustružení a frézování. Sinumerik 828 je kompaktní řídicí systém pro sériové koncepce strojů. Nejmodernější Sinumerik 840D sl je vytvořen pro modulární koncepci stroje, poskytuje maximální flexibilitu a dokáže řídit až 31 os. Lze ho využít např. při frézování, vrtání, soustružení atd. [8]

Jedna ze základních předností řídicího systému sinumerik 840D – sl, je možnost využití nadstavby SinuTrain – ShopTurn, což je dílenské programovací prostředí. Mezi nesporné výhody nadstavby ShopTurn se řadí možnost vytvářet NC program přímo u obráběcího stroje na hlavním ovládacím panelu, tato výhoda nevyklučuje vytváření NC programu na PC. Další výhodou spočívá v programování pomocí dialogových oken, kde uživatel nemusí znát několik cizích pojmů a kódů, což dovoluje menší znalosti v oblasti programovacího jazyka. Uživatel je veden graficky zpracovanými a vhodně popsány obrázky, které názorně vysvětlují danou problematiku. ShopTurn je tedy vhodný pro zkrácení a zjednodušení tvorby NC programů. Nadstavba ShopTurn je vyvinuta pro soustružení, její obdoba při frézování nese název ShopMill.

3.1 Postup při zpracování NC programu

V této kapitole jsou popsány programovací kroky potřebné k vytvoření NC programu pro zadanou součást. To znamená, že nejsou popsány všechny funkce daného programu, ale pouze funkce využívané v zadaném konkrétním případě.

3.1.1 Založení nového programu

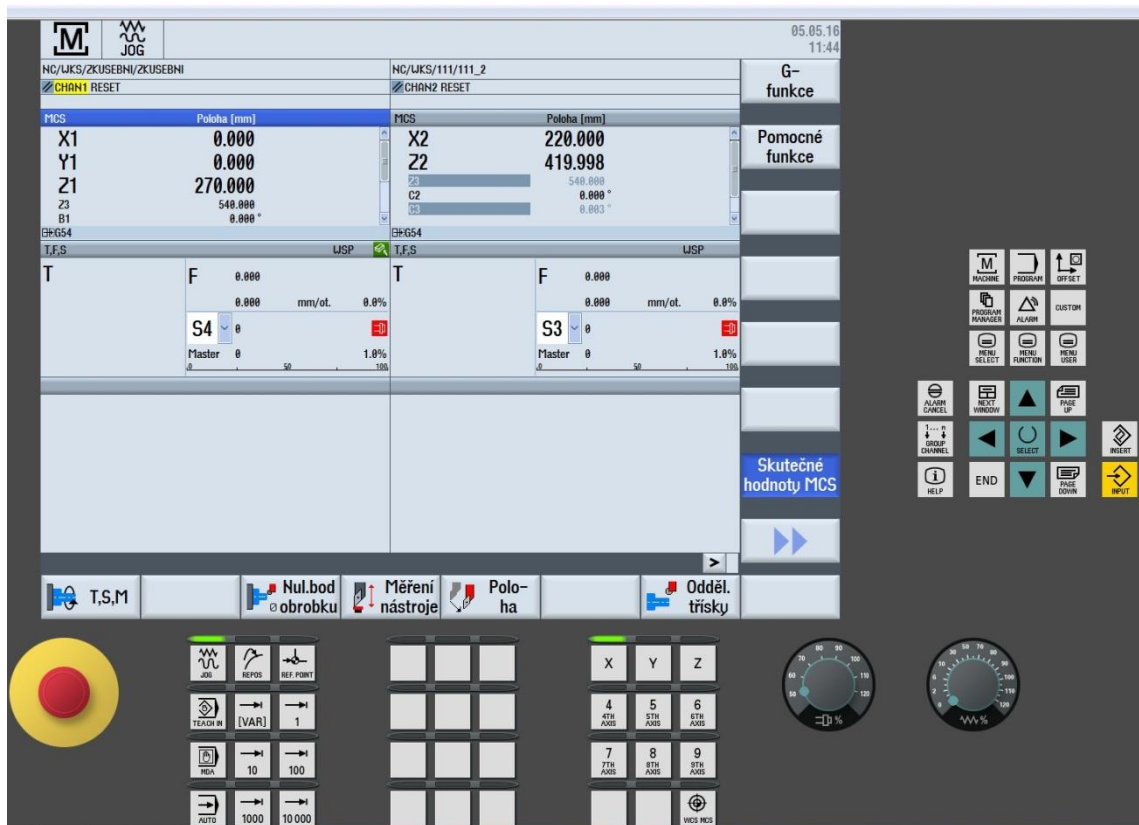
Při spuštění programu SinuTrain for Sinumerik je zobrazeno následující okno, kde je vybrán potřebný obráběcí stroj (CTX beta 1250 TC 4A).



Obrázek č. 40 - Spuštění programu

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Poté, co je vybrán obráběcí stroj, se uživatel pomocí tlačítka **Start**, které se nachází v levém horním rohu obrazovky, přenesse do pracovního prostředí stroje. Tento panel je shodný s panelem obráběcího stroje.



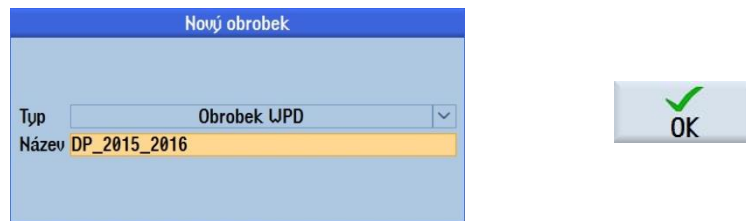
Obrázek č. 41 - Základní panel

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Nyní je zapotřebí založit nový program tlačítkem **PROGRAM MANAGER**, který se nachází na pravé části panelu.

Pokračuje se tlačítkem **NOVÝ** 

Zobrazí se okno, ve kterém se zadává název programu. V tomto případě např.



Obrázek č. 42 - Název programu

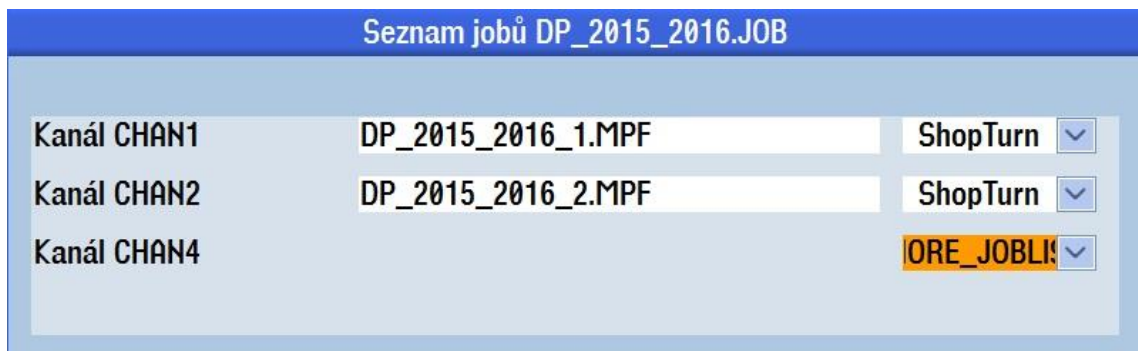
Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

DP_2015_2016. A potvrdíme tlačítkem **OK**.

Následuje výběr mezi G-kódem a dílenským programováním. Uživatel se rozhoduje mezi klasickým G-kódem, ShopTurnem pro jeden kanál a ShopTurnem pro kanály dva. Jelikož následující program využívá horní frézovací hlavu v kombinaci s dolním revolverem, tzn. dva kanály, volí se tlačítko **programSYNC** a potvrzení probíhá opět

tlačítkem **OK**. 

Zobrazí se okno, kde se aktivují jednotlivé kanály a zároveň se jim přiřazuje způsob programování (lze kombinovat G-kód s ShopTurnem) . Potvrzení tlačítkem **OK**.

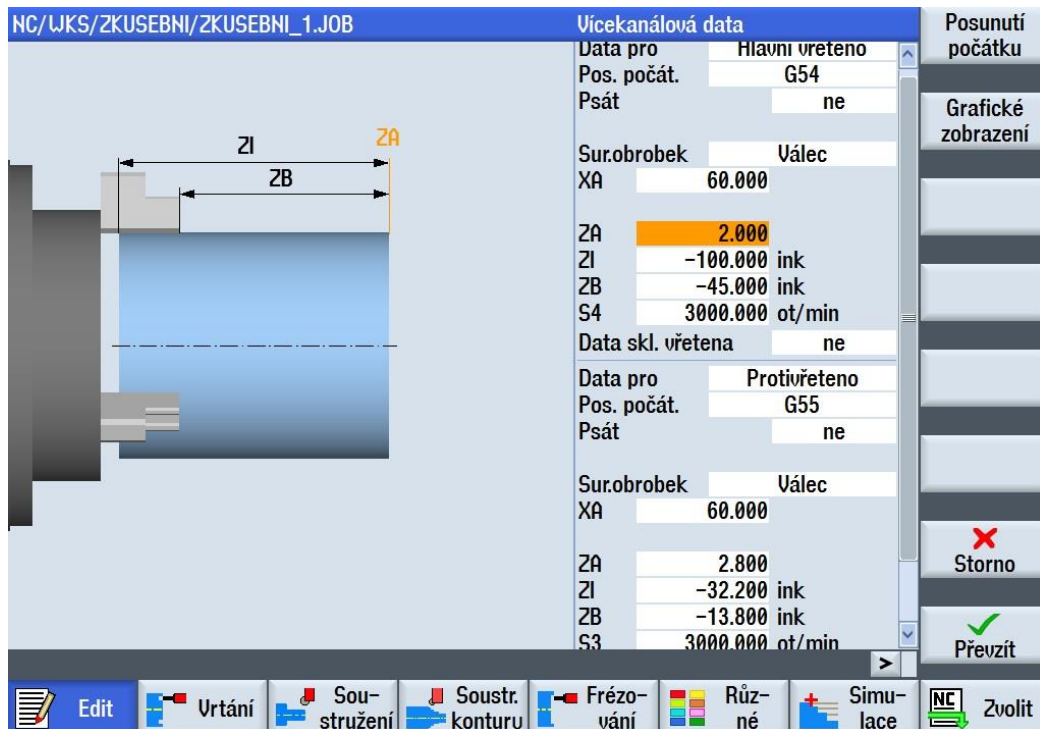


Obrázek č. 43 - Způsob programování

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

3.1.2 Definování základní hlavičky programu

Název programu a způsob programování je zvolený. V dalším kroku následuje zadávání dat ohledně obrobku, omezujících otáček a posunutí počátku.



Obrázek č. 44 - Hlavička programu

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Jelikož je součást obrobena z obou stran, využije se zde přítomné protivřeteno. V prvním kroku je nadefinována hlavička hlavního vřetena, kde nulový bod je určen pomocí funkce **G54**, následuje výběr vhodného typu polotovaru (válec, trubka, N-úhelník,..), volí se **válec**. Pro správné nadefinování rozměrů obrobku je vhodné se řídit pomocnou grafikou v levé části obrazovky, která ukazuje co který rozměr znamená. Přídavek na čelo je zvolen **2 mm**, **ZI = -100 mm** proto, aby bylo poznat, že výroba probíhá z tyče. Tyč je vysunuta **45 mm**. Omezující otáčky hlavního vřetena **S4** jsou **3000 ot/min**. Stejným způsobem se definuje protivřeteno. Rozdíl je v nulovém bodě **G55** a rozměrech polotovaru.

3.1.3 Vkládání nástrojů

Aby bylo možné začít programovat, je nezbytné vytvořit používané obráběcí nástroje. Zde je ukázka nadefinování nového nástroje, např. hrubovacího soustružnického nože.

Pomocí tlačítka **offset** se otevře seznam nástrojů.



TOA 1 Seznam nástrojů										DISK_CH1_LOC24	
Místo	Mís MT	Typ	Název nástroje	ST	D	DL EC	Délka X	Délka Z	Rádus		
1/1		T=		1	1		0.000	240.284	5.832		
1/2		HLADICÍ NŮŽ-DCGX		1	1		6.000	160.000	0.200	↑	93.0
1/3		DCLNL 2525M-12		1	1		-45.244	160.582	0.400	←	95.0
1/4		UNITR-TCGX		2	1		-17.000	180.000	0.400	←	91.0
1/5		UPICHOVÁK 3		1	1		0.000	0.000	0.100		3.000
1/6		UNITRni_DCGX		1	1		0.000	0.000	0.200	←	93.0
1/7		VRTÁK		2	1		0.000	80.000	10.000		118.0
1/8		VRTÁK		3	1		0.000	150.000	25.000		118.0
1/9		NAVRTÁVÁK		1	1		0.000	20.000	3.200		90.0
1/10		VRTÁK		4	1		0.000	20.000	2.000		118.0
1/11		ZÁVITOVÝ NŮŽ		1	1		-45.000	150.000	0.000		
1/12		VRTÁK		5	1		0.000	120.000	8.000		118.0
1/13		HLADICÍ NŮŽ UNITR-		1	1		0.000	0.000	0.200	←	93.0
1/14		SRAZ		1	1		0.000	0.000	6.000		60.0
1/15											
1/16											
1/17											
1/18											

Obrázek č. 45 - Seznam nástrojů

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016







Pokračuje se tlačítkem **Nový nástroj**, zde je na výběr několik typů obráběcích nástrojů (Hrubovací nůž, Závitový nůž, Stopková fréza ...), volí se **hrubovací nůž**. Dále je nutné zvolit správnou polohu břitu.

Nový nástroj - oblíbené			DISK_CH1_LOC24		Oblíbené
Typ	Identifikátor	Pol. nástroje			
500	Hrubovací nůž				Fréza 100-199
510	Hladicí nůž				
520	Zapichovák				
540	Závitový nůž				Urták 200-299
550	Kopinatý vrták				
560	Uvrtávací nůž				
580	3D sonda soustružení				
730	Zarážka				
120	Stopková fréza				Soustruž.nůž 500-599
140	Rovinná fréza				
150	Kotoučová fréza				
200	Šroubovitý vrták				
240	Závitník				Spec. nástroj 700-900
	Multitool				
					Storno
					OK

Obrázek č. 46 - Typy nástrojů

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Poté co byl zvolen typ nástroje a poloha břitu, přichází na řadu definování konkrétních parameterů nástroje.

Místo	Mís MT	Typ	Název nástroje	ST	D ka Z	Rádus		Dél dest			
5/4			Hr. nuz - CCGX 120408	2	12.000	0.800	↑	95.0 80 11.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

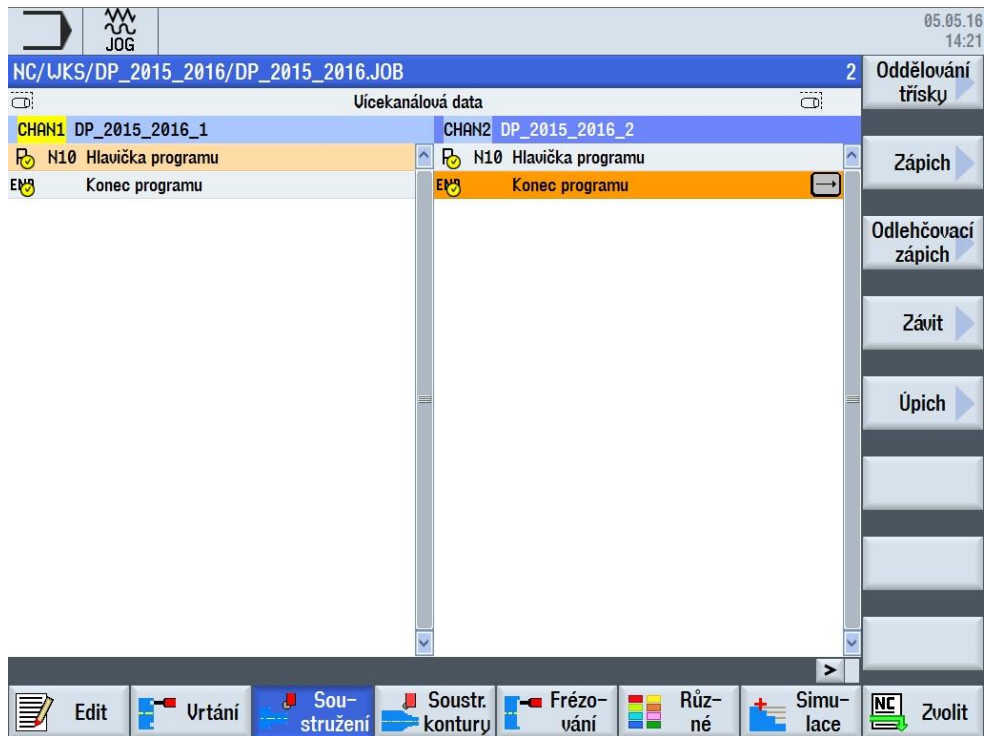
Obrázek č. 47 - Definice nástroje

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

V tomto konkrétním případě se vyplní **název** nástroje (Hr. Nuz – CCGX 120408), **rádus** špičky nástroje (0,8 mm), **úhel držáku** (95°), **úhel břitové destičky** (80°), **délka** řezné hrany (11 mm), směr **otáčení** vřetena a **chlazení** (ano X ne). Stejným způsobem se nadefinují ostatní použité nástroje. Není potřeba ničím potvrzovat, ukládání probíhá automaticky, pouze se stačí vrátit tlačítkem **PROGRAM** zpět do programu.

3.1.4 Základní operace

Nyní je vše připraveno pro samotné programování. Je důležité si dobře promyslet dle výše uvedeného výrobního postupu, jak samotný program bude vypadat. To znamená říci, které úseky budou probíhat v kanálu 1 (frézovací hlava) a v kanálu 2 (revolver). Zařazením do výroby oba kanály se zkrátí celkový výrobní čas (zatímco jeden kanál obrábí, druhý kanál připraví potřebný nástroj pro další operaci). Lze také obrábět oběma kanály najednou, to je ovšem výhodné zejména u hrubování většího průměru, kdy úběr materiálu probíhá současně z obou stran obrobku. V tomto konkrétním případě je snaha o to, aby většina soustružnických operací (soustružení podélné X příčné, soustružení vnější X vnitřní) probíhalo v kanálu dva. V kanálu jedna jsou zařazeny především operace jako vtrání, frézování, zapichování atd.

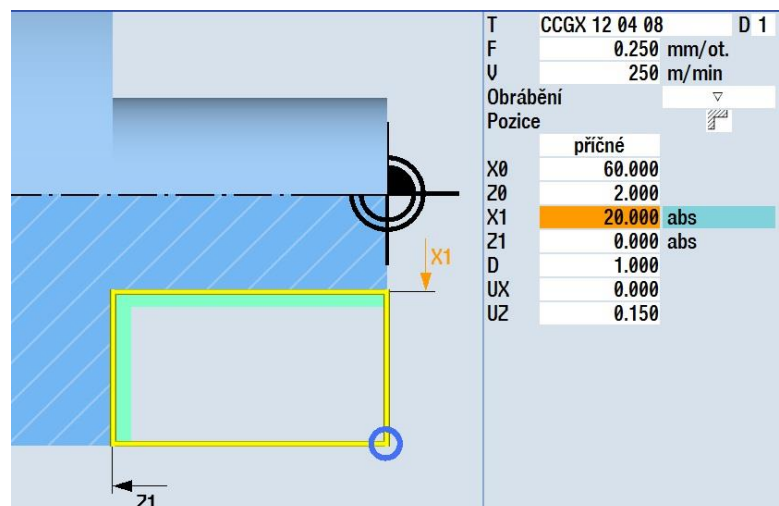


Obrázek č. 48 - Prázdný program

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

První úsek je obrábění čela obrobku (CHAN 2).

V dolní části obrazovky se použije tlačítko **Soustružení**, následuje v pravém sloupci tlačítko **Oddělování třísky**.



Obrázek č. 49 - Zarovnání čela

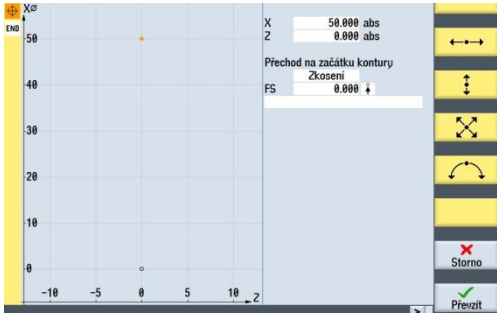

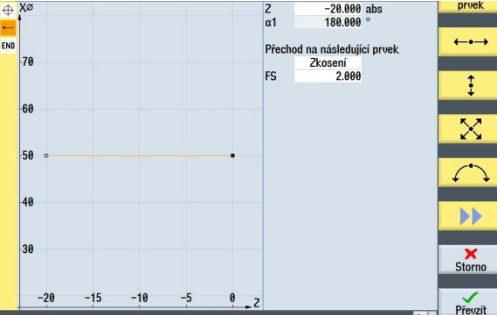
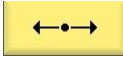
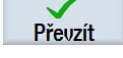
Zdroj: Vlastní zpracování, 2016




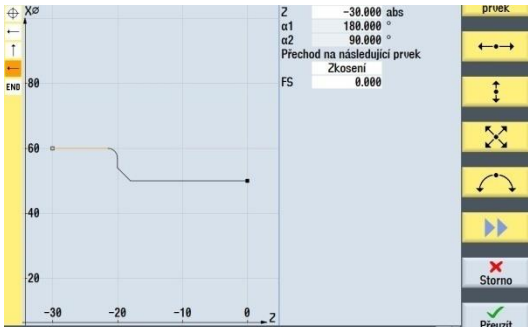
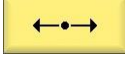


V hlavičce je nutné zvolit použitý nástroj, řezné podmínky, zvolit hrubování (jeden trojúhelník), nebo dokončování (tři trojúhelníky), smysl obrábění (podélné, příčné),

výchozí body (X0, Z0), koncové body (X1, Z1), maximální přísuv D a přídavky na dokončování. X1 bylo zvoleno 20 z toho důvodu, že se nebude hrubovat celé čelo (později přijde vrtání v ose vrtákem o průměru 24 mm). Po nadefinování celé hlavičky

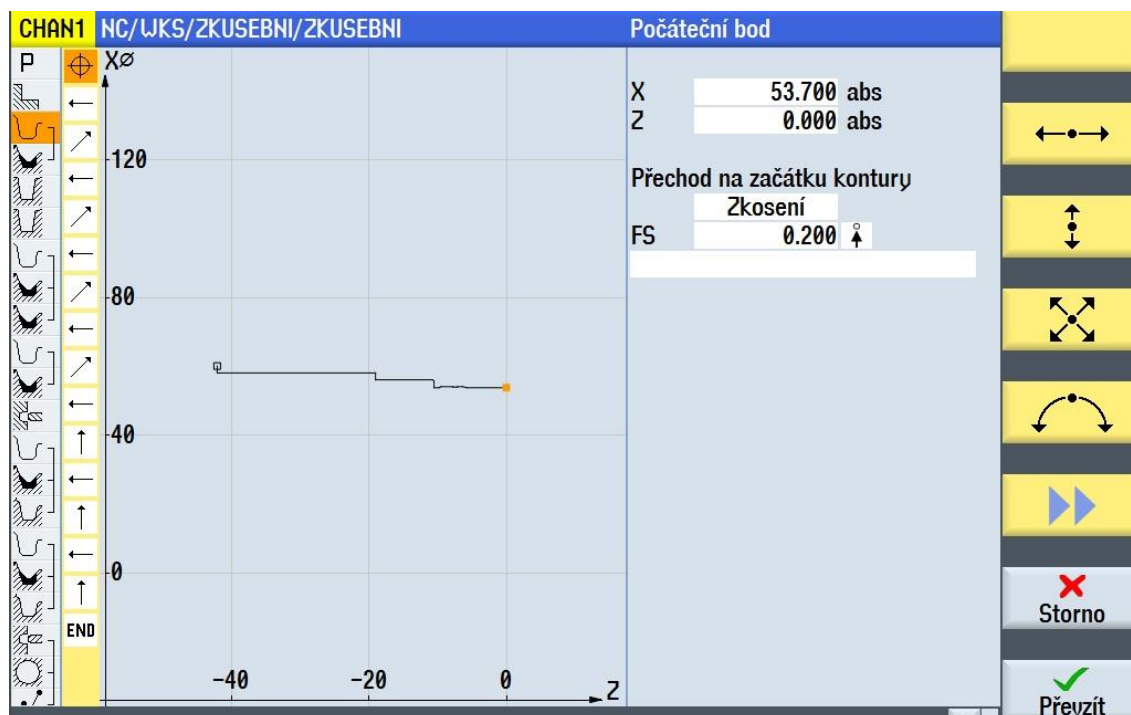
se operace potvrdí tlačítkem **Převzít**. 

Následuje hrubování vnější kontury. Použije se tlačítko **Soustružení kontury** a následně **Nová kontura**, kde se zadá jméno kontury. Např. CON1. Nyní přichází na řadu tvorba vlastní kontury. Zde je vysvětlen pouze princip tvoření nové kontury na jednoduché vymyšlené kontuře.

Grafické znázornění	Použitá tlačítka
 <p data-bbox="411 1167 678 1196">Obrázek č. 50 - krok č. 1</p> <p data-bbox="268 1211 651 1245">Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	<p data-bbox="991 965 1257 999">Počáteční bod X=50</p> 
 <p data-bbox="411 1608 678 1641">Obrázek č. 51 - krok č. 2</p> <p data-bbox="268 1657 651 1691">Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>	 <p data-bbox="1066 1391 1177 1424">Z = - 20</p> <p data-bbox="1066 1447 1177 1480">Zkosení</p> <p data-bbox="890 1503 1361 1536">Přechod na následující prvek FS = 2</p> 

 <table border="1" data-bbox="555 248 726 566"><tr><td>X</td><td>60.000 abs</td></tr><tr><td>α1</td><td>90.000 °</td></tr><tr><td>α2</td><td>270.000 °</td></tr><tr><td colspan="2">Přechod na následující prvek</td></tr><tr><td>R</td><td>1.500</td></tr></table>	X	60.000 abs	α1	90.000 °	α2	270.000 °	Přechod na následující prvek		R	1.500	 <p>X = 60</p> <p>Rádus</p> <p>Přechod na následující prvek R = 1.5</p> 
X	60.000 abs										
α1	90.000 °										
α2	270.000 °										
Přechod na následující prvek											
R	1.500										
<p>Obrázek č. 52 - krok č. 3</p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>											
 <table border="1" data-bbox="555 689 726 1014"><tr><td>Z</td><td>-30.000 abs</td></tr><tr><td>α1</td><td>180.000 °</td></tr><tr><td>α2</td><td>90.000 °</td></tr><tr><td colspan="2">Přechod na následující prvek</td></tr><tr><td>Zkosení</td><td>0.000</td></tr></table>	Z	-30.000 abs	α1	180.000 °	α2	90.000 °	Přechod na následující prvek		Zkosení	0.000	 <p>Z = - 20</p>  
Z	-30.000 abs										
α1	180.000 °										
α2	90.000 °										
Přechod na následující prvek											
Zkosení	0.000										
<p>Obrázek č. 53 - krok č. 4</p> <p>Zdroj: Vlastní zpracování, 2016</p>											

Tímto způsobem jsou vytvořeny všechny potřebné kontury zadané součástí. Kontura podélného hrubování vypadá následovně.

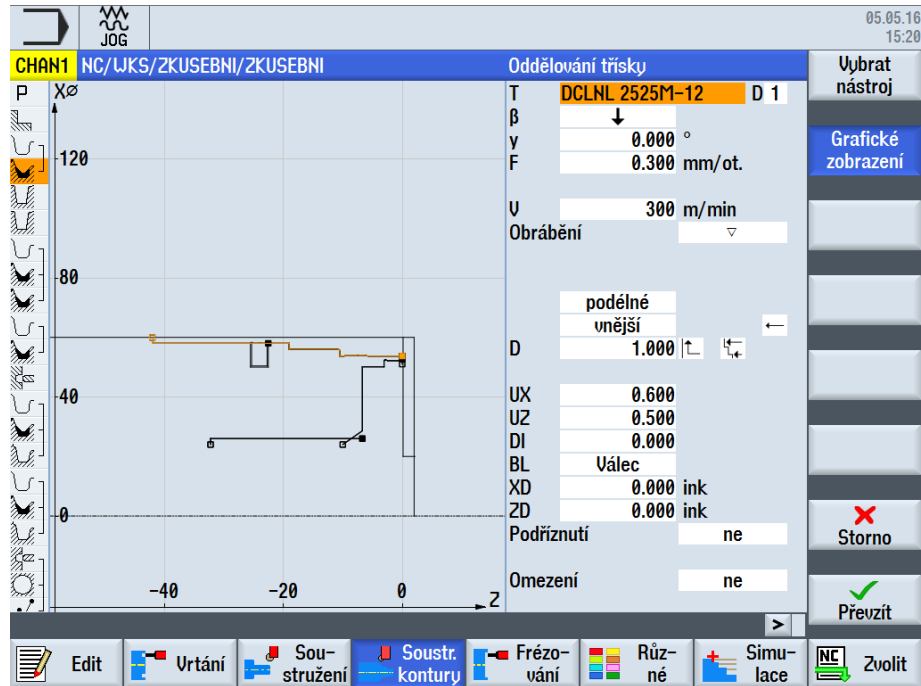


Obrázek č. 54 - Výsledná kontura

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Poté co je kontura vytvořena, je nutné ji přiřadit k určité technologické činnosti. Jelikož tato kontura se podélně hrubuje, volí se opět **soustružení kontury**, následně **oddělování třísky**.

Stejným způsobem jako u obrábění čela je vyplněna příslušná hlavička, tzn. Nástroj, řez. Podmínky atd.

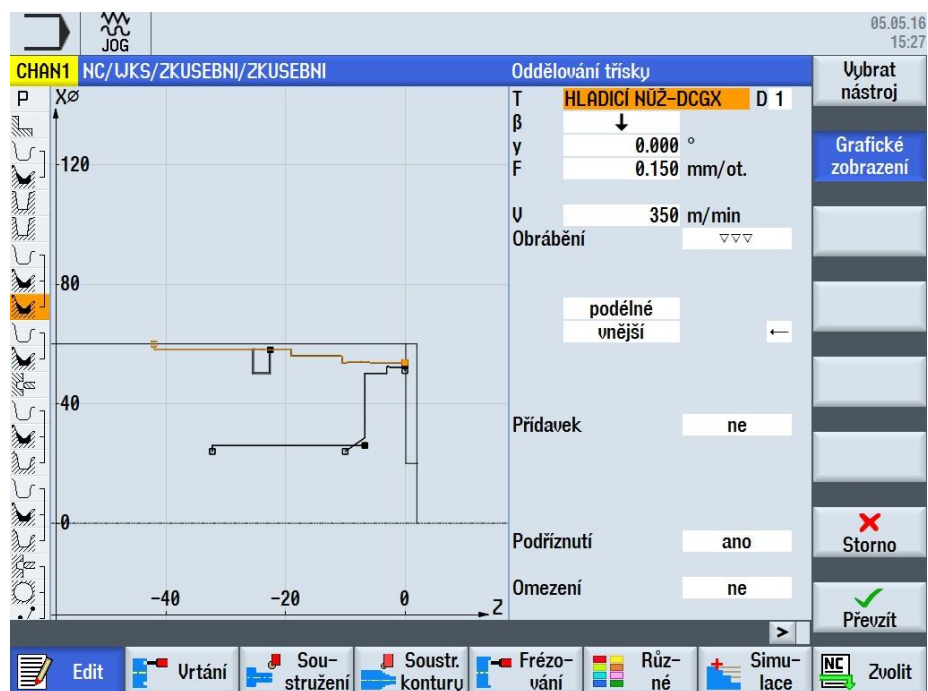


Obrázek č. 55 - Hrubování kontury

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

V tomto kroku je potřebná kontura vyhrubovaná s přídavkem na obrábění na čisto. Následuje ukázka, jakým způsobem konturu dokončit.

Pomocí tlačítek **Soustružení kontury** a **Odstranění zbytkového materiálu**



Obrázek č. 56 - Dokončení kontury

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Zde je důležité opět navolit správně hlavičku. Zvolit dokončovací nůž, změnit řezné podmínky a nastavit pomoci tří trojúhelníků obrábění na čisto. Důležité pro dokončování je položka podříznutí. V tomto případě bylo podříznutí povoleno z důvodu několika malých tvarových zápchů, které by jinak soustružnický nůž neobrobil a zůstal by zbytkový materiál, který je nežádoucí. Poté co je dokončeno hrubování i dokončování dané kontury, lze vidět v seznamu operací daného programu spojení těchto činností. Např. N130, N140 a N150 jsou společně svázány.



	N120 Středové vrtání		T=VTR-PL-D24 F0.1/ot. V=160m Z1=-40
	N130 Kontura		CON_VNITR1
	N140 Oddělování třísky	▽	T=VNITR-TCGX F0.3/ot. V=240m
	N150 Odstr. zbytk. mat.	▽▽▽	T=HLADICÍ NŮŽ VNITŘ- F0.2/ot. S=3000ot.

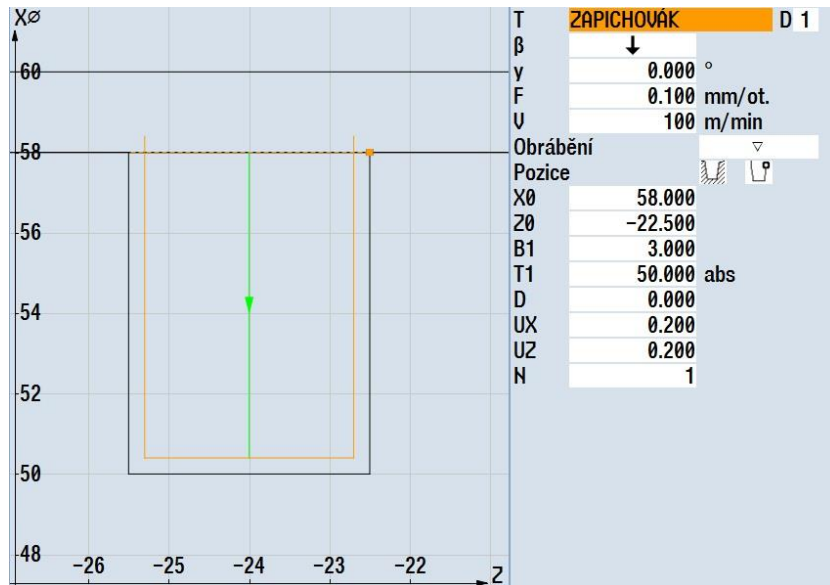
Obrázek č. 57 - Svázání bloků

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Nyní jsou vysvětleny způsoby zadávání vnějšího soustružení. Vnitřní soustružení se provádí obdobně. Opět se vytvoří potřebná kontura a pomocí funkce oddělování třísky se vyplní hlavička dané činnosti. Důležité je zvolit správný obráběcí nástroj pro vnitřní soustružení a přepnout soustružení vnější na soustružení vnitřní. Dále bylo vysvětleno zadávání hrubovacích a následně dokončovacích operací. U dalších technologických činností se postupuje opět stejným způsobem. Vytvoří se kontura, ke které se nejprve přiřadí operace hrubovací a následně operace dokončovací. Tyto operace jsou s danou konturou svázány.



V dalším kroku bude vysvětlena tvorba zápchů. Ukázka bude předvedena na již vytvořené vnější kontuře, do které je nezbytné vložit zápch. Jedná se o vnější zápch na průměru 50 mm.

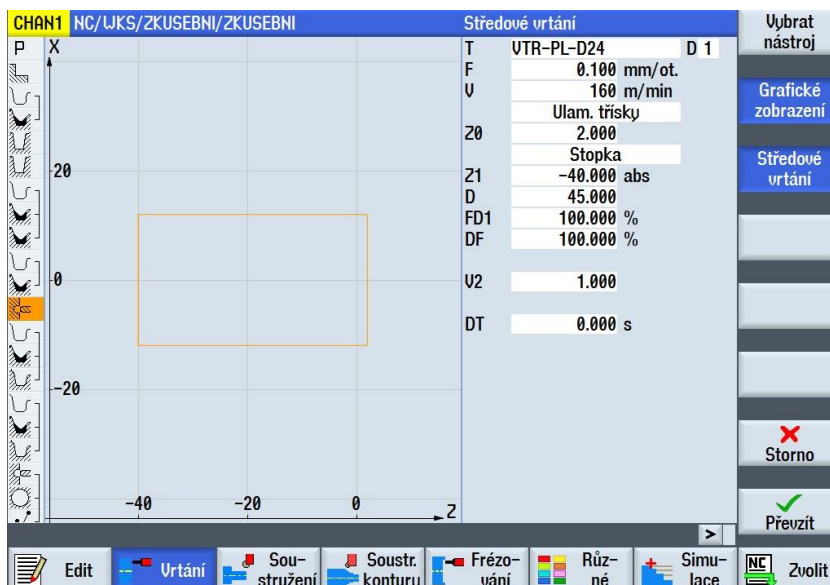
Pomocí tlačítka **Soustružení**  a následně tlačítka **Zápch**  se uživatel přenesou do hlavičky, kde se definují jednotlivé parametry zápchu. V hlavičce se volí nástroj, řezné podmínky, poloha břitu, zvtažný bod, určí se zda jde o obrábění na čisto, či hrubování, počáteční pozice X0 a Z0, šířka zápchu B1, hloubka zápchu T1, počet zápchů N a přídávky na čisto. Poté co je hlavička vyplněna se potvrdí tlačítkem **Převzít**. Program dále umožňuje výběr různých tvarů zápchů, kde hlavička obsahuje velké množství parametrů, které ovlivní výsledný tvar zápchu.



Obrázek č. 58 - Zapichování

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



Následuje ukázka tvorby středového vrtání v ose. Pomocí tlačítka **Vrtání**  a následně záložky **Středové vrtání**  se zobrazí hlavička se základními parametry středového vrtání. Zde je ukázka předvrtání středové díry o průměru 26 mm vrtákem o průměru 24 mm. Mezi specifické parametry středového vrtání patří hodnota Z0, která vyjadřuje vztažný bod počátku vrtání. Hloubku vrtání lze vztáhnout na stopku, případně špičku nástroje. Hloubku vrtání lze zadat absolutně i inkrementálně.

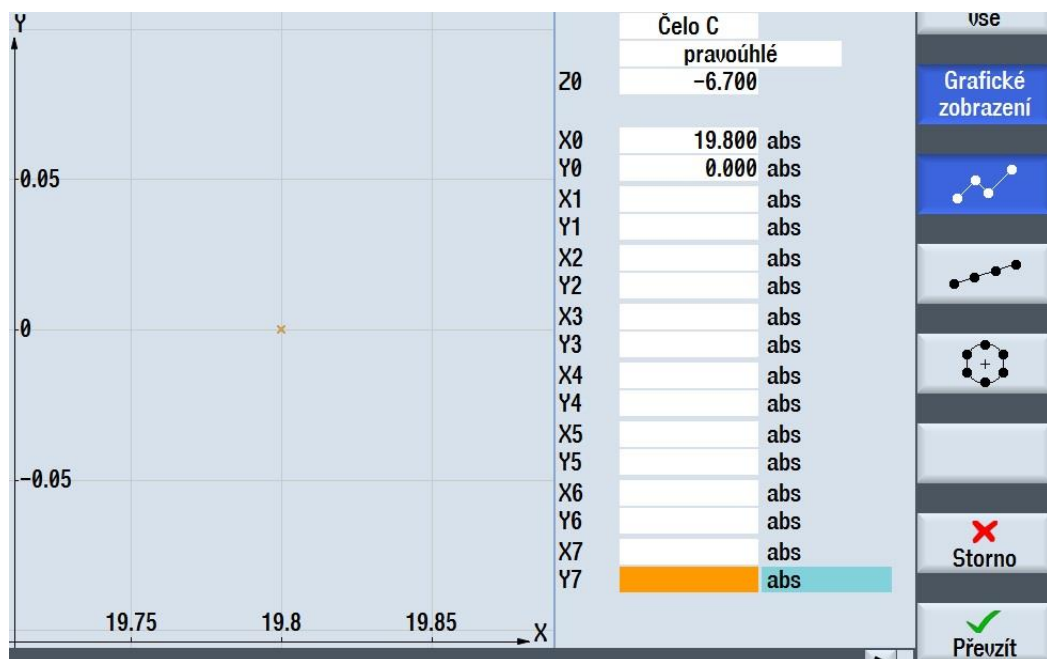


Obrázek č. 59 - Středové vrtání

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016


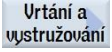
Následuje ukázka rozdílu mezi vrtáním v ose a vrtáním díry mimo osu rotace. Tato ukázka se týká výroby kruhové kapsy o průměru 10 mm na pravém čele součásti, která se nejprve předvrtá vrtákem o průměru 8 mm a následně se díra rozfrézuje frézou o průměru 6 mm.

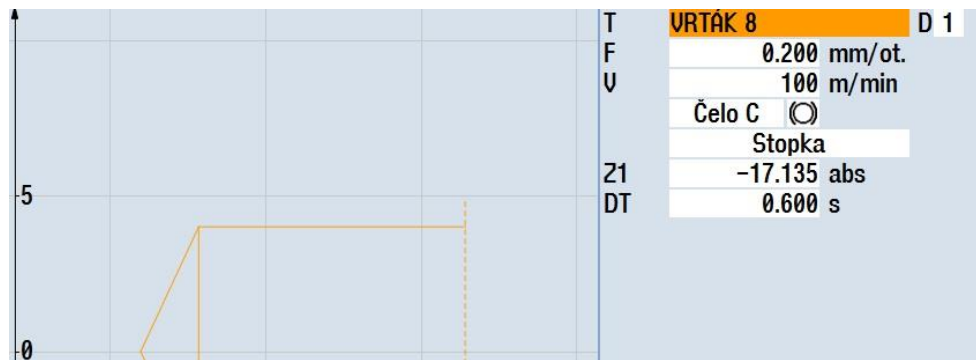
Nejprve se nadefinuje poloha požadované díry. Do hlavičky polohy se uživatel dostane pomocí tlačítek **vrtání**  a následně tlačítkem **polohy** . Nejprve se volí jakým způsobem je vhodné polohy zadávat. Jestliže se bude jednat o více poloh najednou, jednotlivé body polohy se mohou zadávat pomocí jejich souřadnic, další možností je rozmístění poloh na přímce a poslední možností při zadávání poloh je rozmístění bodů na určité kružnici. Jelikož v tomto případě se jedná pouze o jednu polohu, je zadaná pomocí souřadnic. To znamená, že se určí hodnoty Z0, X0, Y0. Dále se může uživatel rozhodnout, zda souřadnice zadá v polárním či pravoúhlém souřadném systému.



Obrázek č. 60 - Definování polohy

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016


Poté co se určí poloha díry, následuje mimoosé vrtání. Pomocí tlačítek **Vrtání**  a **Vrtání a vystružování** .

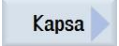


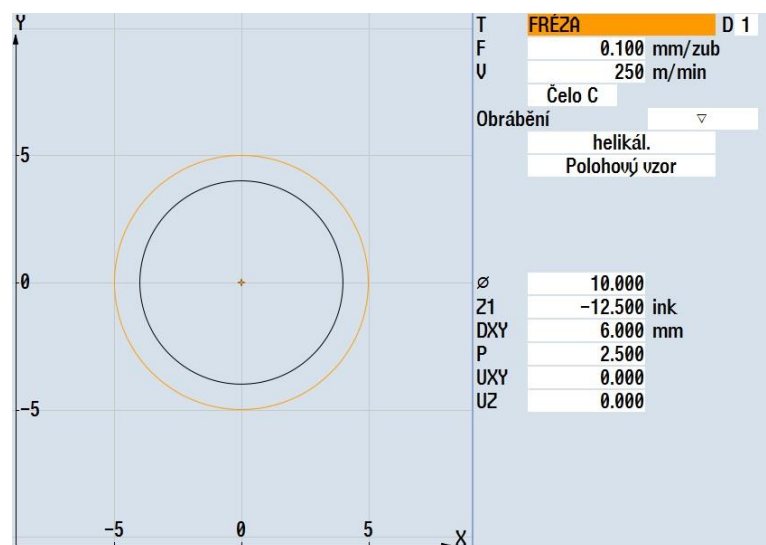
Obrázek č. 61 - Mimové vrtání

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Vzhledem k tomu, že poloha díry byla nadefinovaná v předchozím kroku, stačí zvolit pouze hloubku vrtání. Definování řezného nástroje a řezných podmínek je samozřejmostí jako u každé hlavičky.

Poté co byla zadaná poloha kapsy a došlo k předvrtání vrtákem, přichází na řadu rozfrézování této díry na konečný rozměr. Pomocí tlačítek **Frézování**  a **Kapsa**

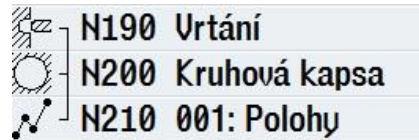
 se uživatel přesune do základní hlavičky pro definování frézování kapsy. V první kroku se vybere mezi kruhovou a pravoúhlou kapsou. V tomto případě se jedná o kapsu kruhovou. Způsob obrábění byl vybrán helikálně, kdy nástroj najíždí po šroubovici. Z tohoto důvodu je nutné zadat P stoupání šroubovice. Protože jako u předchozí operace již byla poloha nadefinovaná, zde stačí zadat pouze konečný průměr a hloubku kapsy.



Obrázek č. 62 - Frézování kapsy

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Nyní je výroba kruhové kapsy kompletně naprogramovaná. V seznamu operací jsou tyto tři bloky (poloha, vrtání mimo osu rotace, frézování kruhové kapsy) opět svázené, jak je vidět na následujícím obrázku.





Obrázek č. 63 - Spojení bloků

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

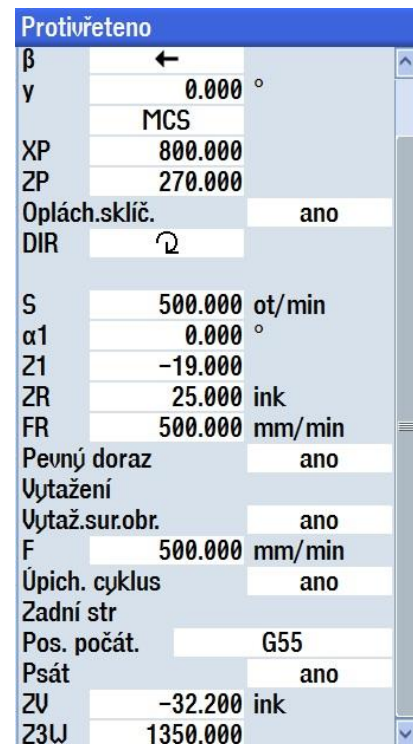
Při programování čtyř drážek (šířka 12 mm) na pravém čele součásti je postup téměř identický s předchozí operací. Nejprve jsou nadefinovány čtyři polohy (dvě protilehlé drážky v ose a zbylé dvě posunuty o 110°), kde se využije již zmíněná funkce zadávání poloh bodů ležící na společné kružnici. Následuje svázání funkce polohy s funkcí frézování podélné drážky.

Aby obrábění mohlo být uskutečněné z obou stran obrobku, je nutné naprogramovat přepnutí součásti do protivřetena. V následujícím textu je popsán způsob přepnutí. V prvním kroku přijede protivřeteno k obrobku, uchopí součást za zvolenou plochu v dané vzdálenosti, následuje upíchnutí a vytažení součásti do pracovního prostoru protivřetena.

Tlačítkem **Různé**  a následně tlačítkem **Protivřeteno**  je spuštěna hlavička přepnutí. V hlavičce je zvoleno kompletní přepnutí.

Hlavička přepnutí obsahuje následující parametry:



- Parkovací polohy nástrojů XP, ZP
- Propláchnutí sklíčidla protivřetena (ANO, NE)
- Směr otáčení DIR
- Otáčky vřetena S
- Úhlové posunutí
- Pozice převzetí Z1
- Pozice sníženého posuvu ZR
- Snížený posuv FR



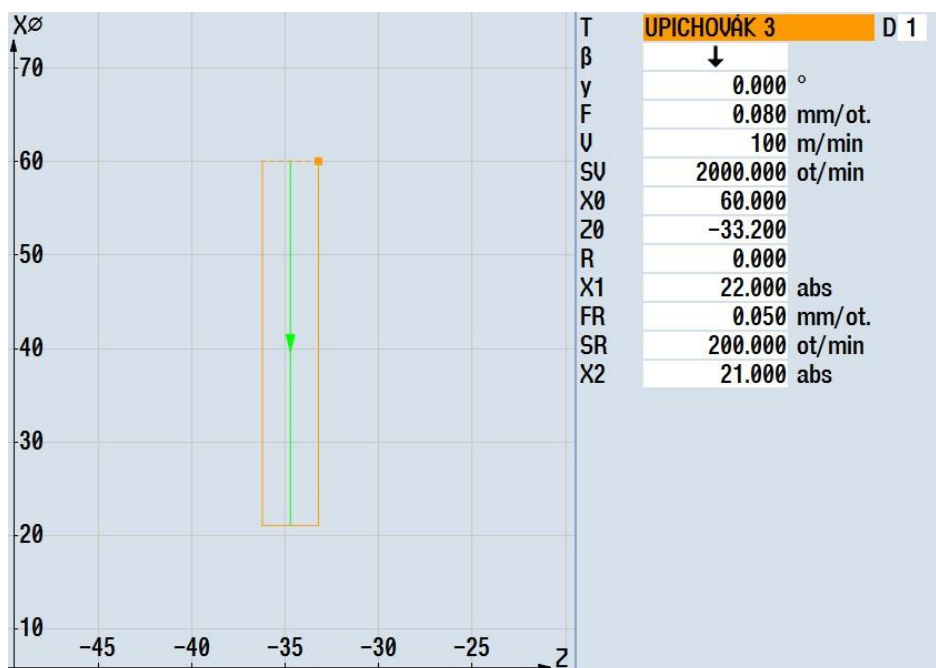
Obrázek č. 64 - Protivřeteno

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

- Pevný doraz (ANO, NE)
- Vytažení obrobku (ANO,NE)
- Cyklus upichování v následujícím bloku
- Funkce posunutí počátku
- Posunutí Z=0
- Poloha opracování protivřetena Z3W

V následujícím kroku je definován potřebný úpich součásti. Cestu do hlavičky upichování zajistí následující tlačítka **Soustružení**  a **Úpich** .

V hlavičce upichování se definuje vztažný pod X0, vztažný bod Z0, koncová hloubka X1 a maximální otáčky při konstantní řezné rychlosti. Koncový bod X1 má hodnotu 22 z toho důvodu, že v ose součásti je již vyvrtaná díra o průměru 24 mm.



Obrázek č. 65 - Upichování

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

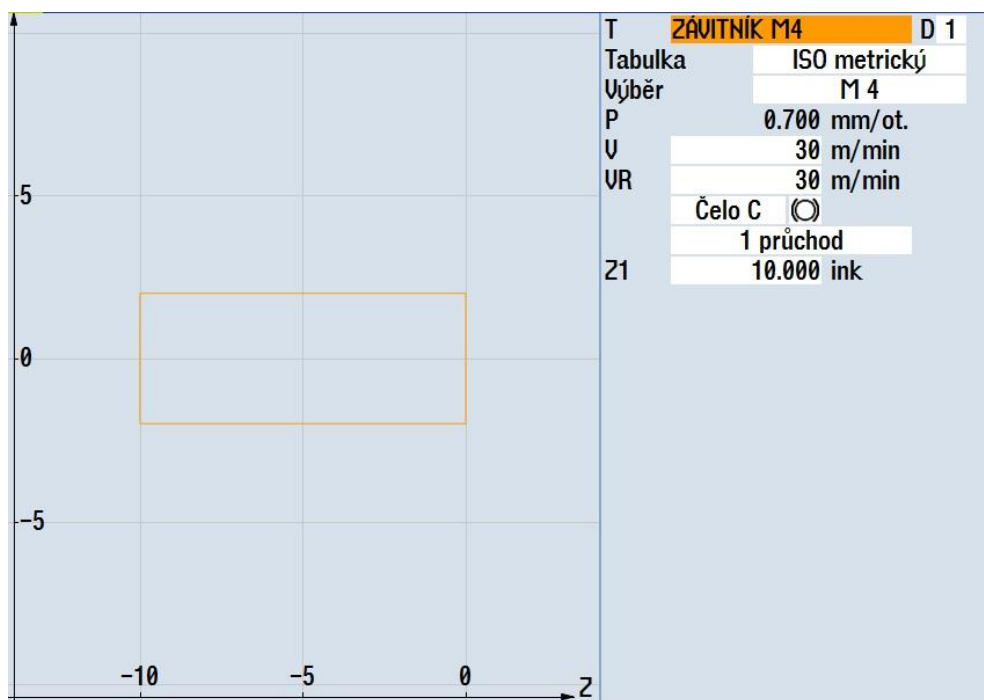
Tímto krokem je přeupnutí včetně upichnutí dokončeno a je možné začít obrábět z druhé strany obrobku. Programování obráběcích operací na protivřetenu je identické s programováním na vřetenu hlavním. Z tohoto důvodu nemá smysl popisovat operace, které se tvoří stejným způsobem, jaký již byl popsán výše.

Nyní je pozornost věnována výrobě závitů. Popis programování potřebné díry pro závit je identický s výše popsáním postupem (poloha ,vrtání mimo osu rotace). Jedná se o tři

vnitřní závit M4 na levém čele obrobku, které leží na roztečné kružnici o průměru 42 mm. Hloubka závitů je 10 mm.

Pro programování závitů je zapotřebí těchto tlačítek: **Vrtání** , **Závit** 

Jako nástroj je vybrán závitník E354M4, dále se určí, zda jde o závit metrický, whitworthuv atd. V tomto případě se jedná o závit metrický. Dále je možnost výběru velikosti závitů (M4), ke kterému program automaticky přiřadí správné stoupání závitů. Následuje určení velikosti řezné rychlosti při řezání závitů **V** a následně zpětného pohybu **VR**. V posledním kroku se zadá hloubka závitů. Poloha závitů byla dána předchozí funkcí **Poloha**.





Obrázek č. 66 - Závit

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Dále je vhodné stručně zmínit postup programování zkosení u dír. Postupuje se přes funkci **Poloha**, kde se určí polohy jednotlivých děr, u kterých je navrženo zkosení. V tomto konkrétním případě se jedná o tři díry se závitem M4. První možnost je vytvoření nové polohy, ale časově výhodnější je využití již nastavené polohy pro výrobu děr. Ta se spáruje s funkcí **navrtávání středících důlků**. V konečném seznamu jsou svázány tři operace (vrtání, zkosení, závitování) k jedné nadefinované poloze.

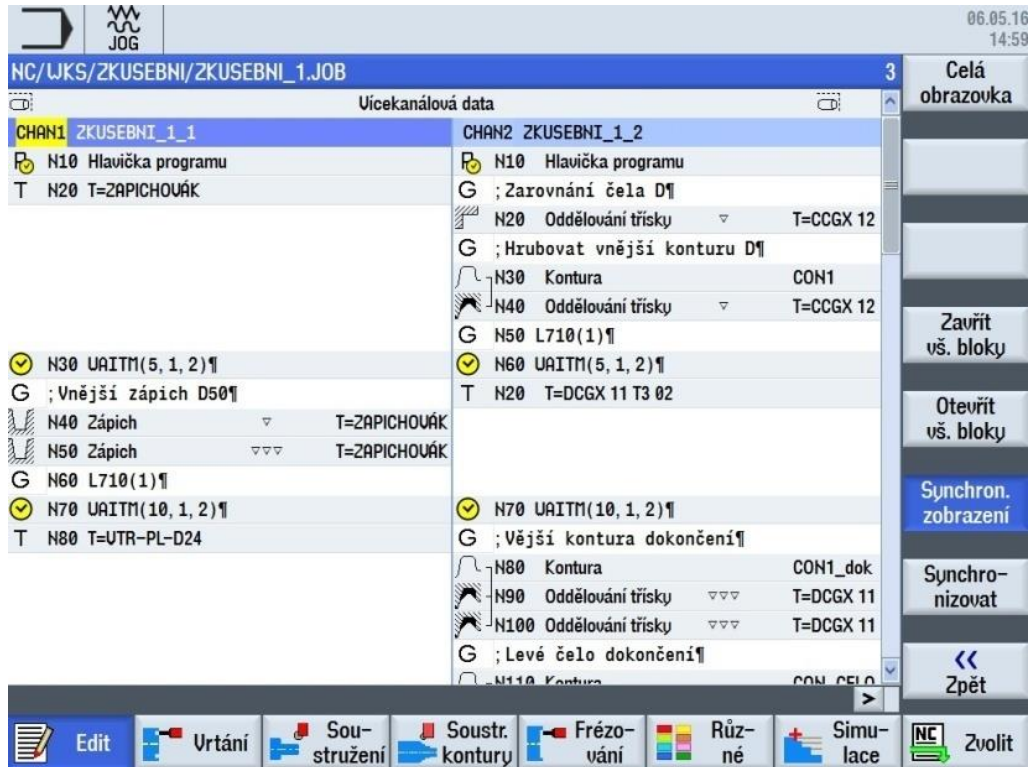
3.1.5 Časování stroje

V této části práce byly popsány základní způsoby programování jednotlivých operací. V následujícím kroku je nutné jednotlivé operace správně načasovat. To znamená sladit výrobní operace na frézovací hlavě a revolveru tak, aby program běžel plynule bez zbytečných časových ztrát, ale zároveň tak, aby nedošlo ke kolizi v pracovním prostoru stroje.

Časování jednotlivých kanálů se řeší pomocí funkce **Značka WAIT** , která je pod záložkou **Různé** . Na dolním obrázku jsou vidět již synchronizované seřazené jednotlivé operace. Když probíhá obrábění na kanálu 1, kanál 2 čeká a opačně. Aby výrobní čas byl co nejkratší, lze nastavit, aby zatímco kanál 1 obrábí, kanál 2 pouze nečekal, ale předem připravil potřebný nástroj pro další operaci. Jednotlivé časové značky na sebe navazují pomocí číslování. Pro lepší pochopení je zde vysvětlen konkrétní příklad. Na obrázku je vidět, že obrábět začíná kanál 2 (zarovnání čela, hrubování vnější kontury), kanál 1 připraví zapichovací nůž a čeká. Kanál 2 pracuje do bloku N60, kde je vložena značka WAIT (č.5). Totožná značka WAIT (č.5) se v kanálu 1 nachází v bloku N30. Od této chvíle začíná výroba zápichu v kanálu 1. Kanál 2 opět připraví nástroj pro další operaci (DCGX 11 T3 02) a čeká do té doby, než se kanál 1 nedostane do bloku N70, kde je vložena další značka WAIT (č.10) atd.

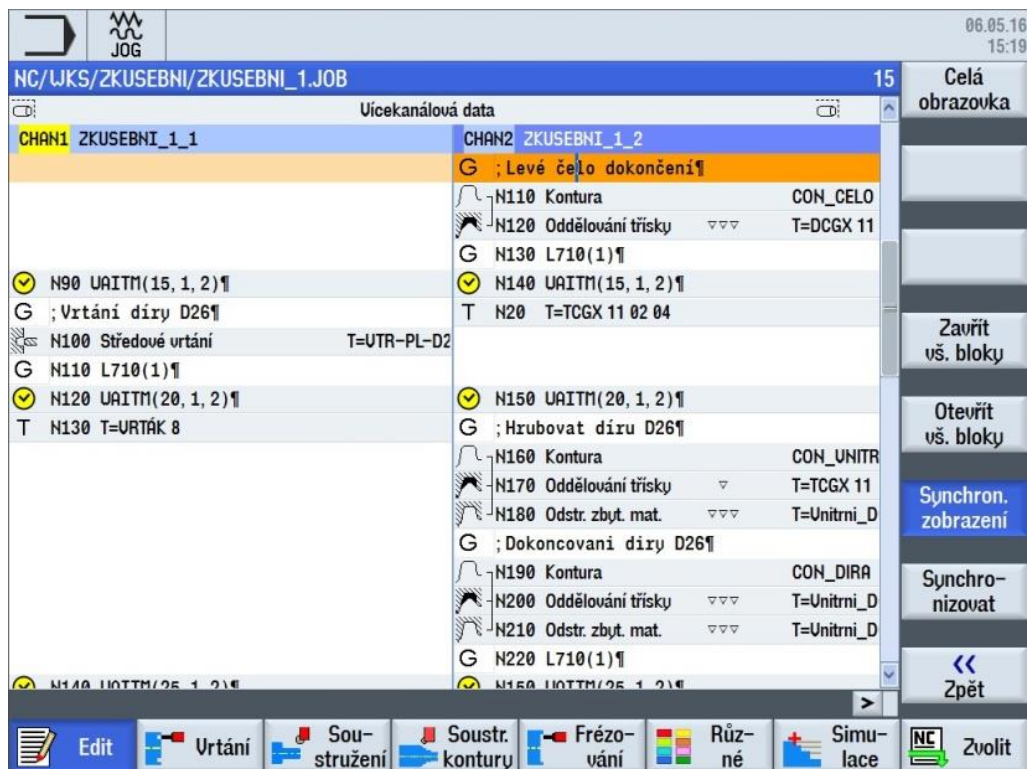
3.1.6 Výsledný program

Na následujících obrázcích je zobrazen kompletně zpracovaný program pro výrobu zadané součásti. Detailně rozepsaný program se nachází v příloze DP.



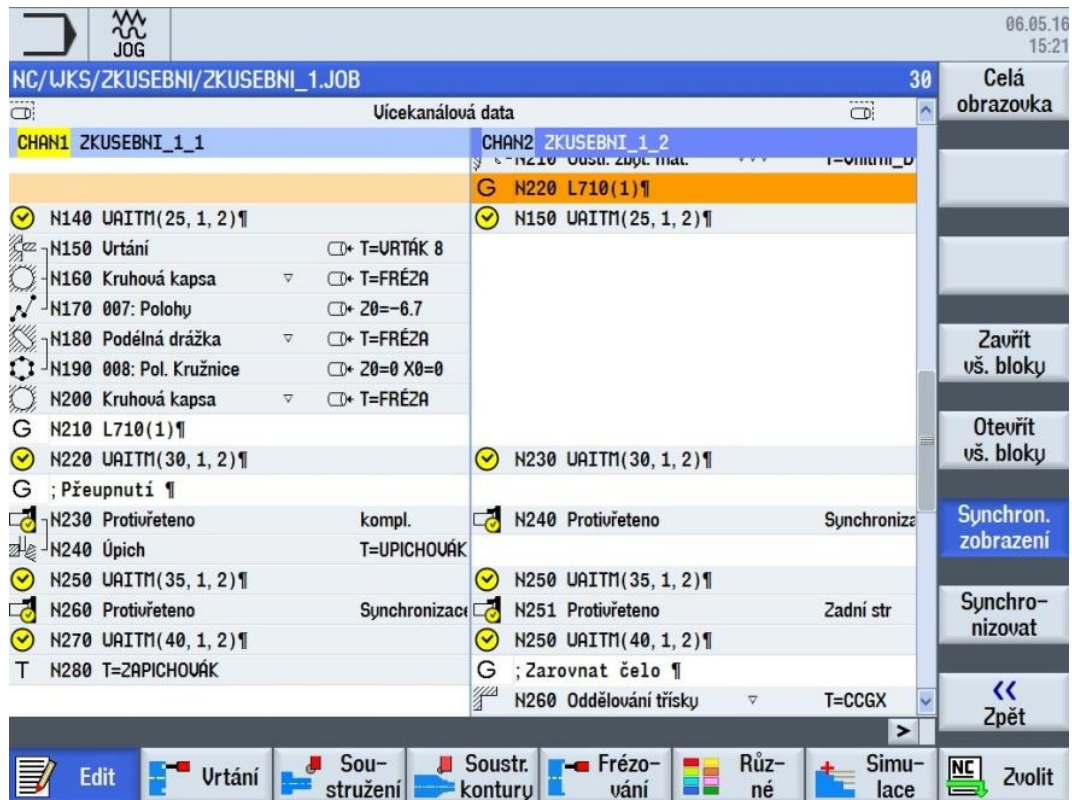
Obrázek č. 67 - Výslední program (první část)

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



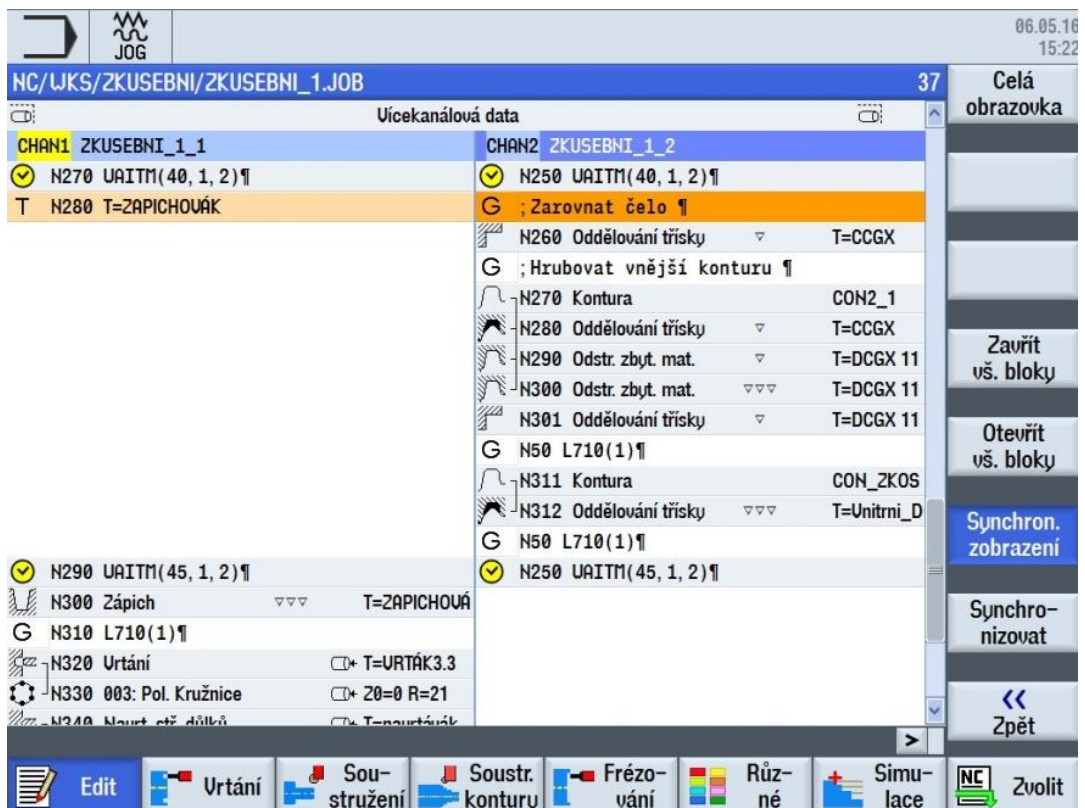
Obrázek č. 68 - Výslední program (druhá část)

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



Obrázek č. 69 - Výslední program (třetí část)

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



Obrázek č. 70 - Výslední program (čtvrtá část)


Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



Obrázek č. 71 - Výslední program (pátá část)

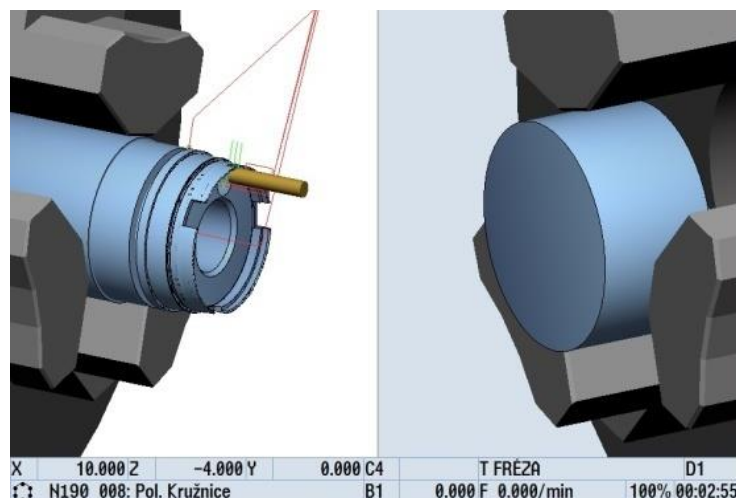
Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

3.1.7 Simulace

Poslední část této kapitoly se věnuje programové simulaci obrábění. Simulace je vyvolaná tlačítkem **Simulace** 

Programová simulace nabízí celou řadu nejrůznějších nastavení. Lze volit mezi pohledem pouze na hlavní vřeteno, pouze na protivřeteno, pohled na hlavní vřeteno i protivřeteno současně. Dále vybírat mezi čtyřmi základními pohledy (boční pohled, čelní pohled, 3D pohled, poloviční řez). Obraz simulace lze přibližovat, nebo naopak oddalovat pomocí funkcí Zoom +, Zoom -. Co se týká řízení simulace, lze simulaci zrychlit či naopak zpomalit. Další možností je simulaci spustit po bloku.

Následující obrázky zachycují různé varianty simulace.



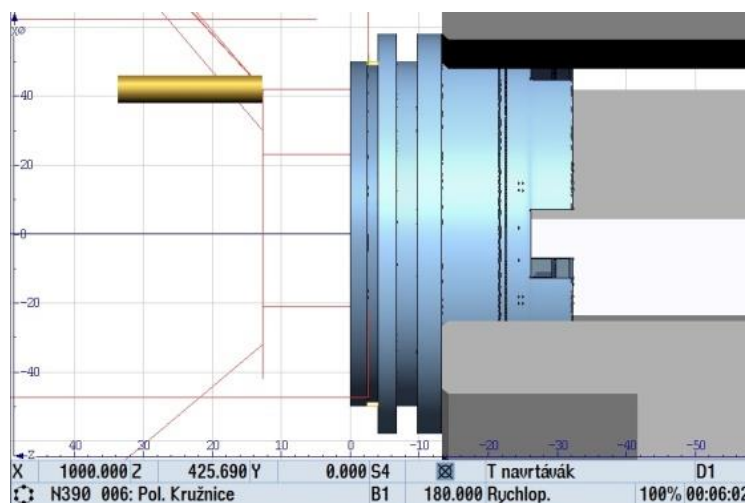
Obrázek č. 72 - Simulace (3D vřeteno a protivřeteno)

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



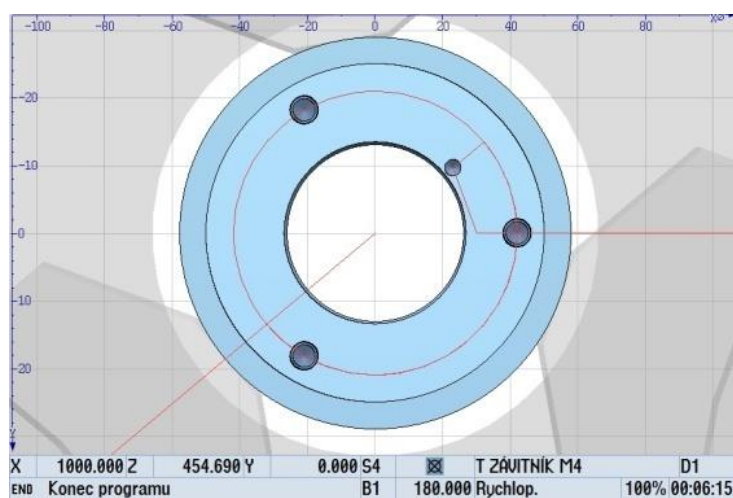
Obrázek č. 73 - Simulace (poloviční řez)

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



Obrázek č. 74 - Simulace (3D protivřeteno)

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016



Obrázek č. 75 - Simulace (čelní pohled)

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Základní myšlenkou této kapitoly nebylo popsat celý program krok po kroku, ale nastínit základní principy programování jednotlivých operací u zadané rotační součásti. Popis celého programu je nad rámec rozsahu této diplomové práce.

4 Technicko-ekonomické hodnocení

4.1 Technické hodnocení

V této kapitole je stručné shrnutí technických aspektů, které jsou detailně řešeny v rámci celé diplomové práce.

Hlavní myšlenkou při návrhu nové výrobní technologie pro zadanou tvarově složitou rotační součást bylo komplexní obrábění. Zařazení do výrobního procesu multifunkční obráběcí centrum řeší hned několik problematických úseků najednou. Vzhledem k tomu, že zadaná součást je obrobena z obou stran, je použití multifunkčního stroje výhodné z toho důvodu, že je součást obrobena na jedno upnutí. Tím odpadá nutnost přepínání, které vnáší do výroby nepřesnosti a napomáhá tím k dodržení všech předepsaných tolerancí na výkrese. Tím, že součást není nutné vícekrát přepínat se navíc zkracuje výrobní čas, což při výrobě 6.000 ks ročně snižuje výrobní náklady. Zároveň možnost obrobení na 1 upnutí snižuje počet rozpracovaných výrobků ve výrobě, což snižuje vázanost kapitálu v rozpracované výrobě a zvyšuje výrobní kapacity. Další výhodou je snížení počtu potřebných obráběcích strojů.

Obrábění hliníkových slitin s sebou přináší určité problémy. Jeden z nejdůležitějších problémů je tvorba nárůstku, který je příčinou hned několika nežádoucích vlivů působící na proces obrábění (chvění, jakost povrchu,...). Z tohoto důvodu bylo nutné zvolit vhodný rezný materiál se správnou geometrií břitu. Tento problém se řeší nástroji z jemnozrných slinutých karbidů, které mají pozitivní geometrii břitu. Slinutý karbid se zvolil také s přihlédnutím na ekonomickou stránku, kdy vychází podstatně levněji než např. diamant, který je pro obrábění hliníku také vhodný. Další činnost, která napomáhá k zabránění nalepování materiálu na břit nástroje je použití rezné kapaliny.

Pro zajištění výroby všech tvarových ploch (zejména tvarových zápichů) bylo třeba zvolit vhodné nástroje tak, aby úhel natočení břitové destičky dovolil výrobu předepsaných ploch. To znamená, aby nedocházelo k podříznutí, nebo naopak ponechání zbytkového materiálu na součásti.

Pro snížení nákladů na přímý materiál se volil co nejmenší možný průměr kruhové tyče, který zajistí bezproblémovou výrobu největšího průměru součásti a zároveň způsobí co možná nejmenší ztráty ve formě třísek.

Při psaní programu bylo důležité z hlediska efektivnosti zařazení obou kanálů (frézovací hlava, revolver) do výrobního procesu. Tím se snížil výrobní čas, což vede ke snížení výrobních nákladů.

4.2 Ekonomické hodnocení

Nedílnou součástí diplomové práce je ekonomické hodnocení, jež umožňuje posoudit efektivnost navržené varianty. Navržený výrobní postup, který je velmi detailně popsán v předchozích kapitolách, je hodnocen z hlediska nákladovosti, tzn. prostřednictvím kalkulace až do úrovně vlastních nákladů výroby.

4.2.1 Výchozí předpoklady

Před samotným vyčíslením nákladů je potřeba uvést výchozí předpoklady, na základě kterých je kalkulováno. Tyto předpoklady pochází z odborných odhadů kompetentních osob. Jedním z východisek je očekávaná roční produkce ve výši **6 000 kusů**.

Dále se předpokládá výroba na stroji v pořizovací hodnotě **15 mil. Kč**, který z hlediska daňových odpisů je odepisován min. 5 let. Avšak provozně obvyklá doba používání stroje tohoto typu se pohybuje kolem 10 let. Účetně tedy bude stroj odepisován **10 let**, aby byla cena stroje reálně promítnuta do ceny výrobku. Další faktor, mající zásadní vliv na nákladovost produkce je vytiženost stroje, ta je uvažována ve výši **70 %** nominálního časového fondu, kde je uvažován jednosměnný 8 hodinový provoz (tj. 5 dní v týdnu, 8 hodin denně, 252 pracovních dnů v roce).

4.2.2 Náklady na přímý materiál

Náklady na přímý materiál byly stanoveny na základě reálné poptávky potřebného materiálu (AA 6028-T6) ve společnosti Profimet, s. r. o., od které byla získána nabídka ceny materiálu. Cena materiálu byla stanovena ve výši **92 Kč/1kg**.

Potřebné množství na výrobu 1 ks součásti vč. přídavek je 40 mm. Jak již bylo výše popsáno (viz. kapitola 1.3 Rozbor materiálu) hustota materiálu je $2,72 \text{ g/cm}^3$. Vstupním materiálem je kruhová tyč o průměru 60 mm. Prostřednictvím hustoty a objemu materiálu byla spočtena hmotnost materiálu na 1 ks produkce dle následujícího obecně známého vztahu

$$\rho = \frac{m}{V}$$

, kde ρ značí hustotu, m hmotnost a V objem.

$$2,72 = \frac{m}{\left(\frac{3,14 \times 60^2}{4}\right) \times 40}$$

Spotřeba materiálu je stanovena na 113,04 cm³, tj. 307,47 g, což při stanovené ceně 92 Kč/kg činí spotřebu materiálu ve výši **28,29 Kč/ks** (tj. přímý materiál). Vše je uvedeno v přehledné tabulce.

PŘÍMÝ MATERIÁL		
spotřeba materiálu na 1 ks	40,00	mm
hustota materiálu	2,72	g/cm ³
průměr tyče	60,00	mm
objem spotřebovávaného materiálu na 1ks	113,04	cm ³
hmotnost spotřebovávaného materiálu na 1ks	307,47	g
cena za jednotku materiálu (cena za 1kg)	92,00	CZK
náklady na materiál na 1 ks	28,29	CZK

Tabulka č. 5 - Přímý materiál

4.2.3 Náklady na přímé mzdy

Náklady na přímé mzdy vychází z předpokladu 1 pracovníka obsluhující stroj s hrubou měsíční mzdou 30.000 Kč. Celkové mzdové náklady jsou tedy 40.200 Kč (viz. Tabulka č. 6).

MZDOVÉ NÁKLADY		
Hrubý měsíční příjem	30.000,00	CZK
Sociální pojištění – hrazeno firmou (25 %)	7.500,00	CZK
Zdravotní pojištění – hrazeno firmou (9 %)	9.000,00	CZK
Základ daně (superhrubá mzda)	40.200,00	CZK

Tabulka č. 6 - Mzdové náklady

Náklady na přímé mzdy vychází z mzdových nákladů, plánované výroby a stanovené normy výrobního času. Norma výrobního času je stanovena na základě SW simulace v řídicím systému SINUMERIK. Výrobní čas 1 ks součásti činí 6 min a 15 sec, tj. 0,1 hod.

PŘÍMÉ MZDY		
Měsíční mzdové náklady	40.200,00	CZK
Výrobní čas na 1 ks	0,10 ¹	hod
Výrobní čas plánované produkce (6.000 ks)	625,00	hod
Mzdové náklady za plánovanou produkci celkem	149.553,57	CZK
Přímé mzdy na 1 ks	24,93	CZK

Tabulka č. 7 - Přímé mzdy

Náklady na přímé mzdy jsou **24,93 Kč/ks**.

4.2.4 Strojní náklady

Strojní náklady byly vypočteny prostřednictvím strojní hodinové sazby (SHS) dle uvedeného vztahu

$$SHS = \frac{\text{Kalkulační odpis} + \text{Náklady na energie} + \text{Náklady na opravy}}{\text{Využitelný časový fond stroje}}$$

Jak bylo v úvodu kapitoly uvedeno, pořizovací cena stroje je 15 mil. Kč, stroj je účetně odepisován 10 let. Účetní roční odpis bude kalkulován ve výši 1,5 mil. Kč a náklady na opravy činí 60.000 Kč/rok. Příkon stroje je 30 kWh a ke dni 10. 5. 2016 průměrný náklad na elektrickou energii činil 4,83Kč/kWh.

Nominální časový fond stroje je stanoven na základě předpokladu 252 pracovních dní za rok a jedné 8 hodinové pracovní směně. Nominální pracovní fond tak činí 2.016 hod/rok (tj. 252dní x 8hod). Při uvažované 70% procentní vytíženosti stroje činí využitelný časový fond stroje 1.411,20 hod/rok.

STROJNÍ NÁKLADY		
Využitelný časový fond stroje	1.411,20	hod/rok
Roční odpis stroje	1.500.000,00	CZK
Roční náklady na opravy	60.000,00	CZK
Příkon stroje	30,00	kWh
Náklady na 1 kWh	4,83	CZK/kWh
Strojní hodinová sazba	1.250,34	CZK/hod
Strojní náklady na 1ks	130,24	CZK/ks

Tabulka č. 8 - Strojní náklady

Strojní náklady na 1ks činí **130,24 Kč**.

¹ 6,25min. = 0,10467hod

4.2.5 Režijní materiál

Do režijního materiálu jsou zahrnuty náklady na veškeré mazací oleje a řezné kapaliny. Náklady na roční spotřebu činí 17.000 Kč za mazací oleje a 6.300 Kč za řezné kapaliny. Uvedené náklady jsou však za celý stroj bez ohledu na výrobní program. Proto byla uvažována pouze poměrná část s ohledem na výrobní program.

Při plánované produkci 6.000 ks/rok a stanovenému výrobnímu času 0,10467 hod/ks je doba celkové produkce řešené součástky 625 hod, což je 44,29% využitelného časového fondu stroje.

REŽIJNÍ MATERIÁL		
Roční náklady na mazací oleje	17 000,00	CZK/rok
Zohlednění výrobního programu stroje (44,29 %)	7 529,05	CZK/rok
Náklady na mazací oleje na 1 ks	1,25	CZK/ks
Roční náklady na řezné kapaliny	6 300,00	CZK/rok
Zohlednění výrobního programu stroje (44,29 %)	2 790,18	CZK/rok
Náklady na řezné kapaliny na 1 ks	0,47	CZK/ks

Tabulka č. 9 - Režijní materiál

Režijní materiál činí **1,72 Kč/ks** (1,25 Kč + 0,47 Kč).

4.2.6 Náklady na nástroje

Veškeré použité nástroje jsou uvedeny ve výrobním postupu. Podrobnější pohled na použité nástroje (viz. Příloha č.3). Metodika výpočtu nákladů na nástroje je patrná z uvedeného vztahu:

$$\text{Náklady na nástroje} = \frac{\text{cena nástroje}}{\text{využitelný časový fond nástroje}} \times \text{norma času na operaci}$$

Každému jednotlivému nástroji byla stanovena trvanlivost břitu (tj. čas v řezu v min.) na základě konzultace s odborníkem přes řezné nástroje. Následně byl každému nástroji definován počet břitů. Využitelný časový fond nástroje tak byl stanoven násobkem trvanlivosti břitu a počtu břitů daného nástroje. Ceny nástrojů vychází z katalogových cen prodejce. Čas nástroje v řezu byl stanoven na základě simulace v použitém SW obdobně jako celkový čas výroby 1ks součástky.

NÁKLADY NA NÁSTROJE						
Nástroj	Trvanlivost břítu (min.)	Počet břitů	Využitelný časový fond nástroje (sec.)	Čas v řezu (sec.)	Cena nástroje (CZK)	Náklady na nástroj (CZK/ks)
CCGX120408	20	2	2.400	30,5	250	3,18
DCGX11T302	20	2	2.400	46,0	250	4,79
TCGX110204	20	3	3.600	15,0	250	1,04
N123D2	20	2	2.400	16,0	500	3,33
N123G2	20	2	2.400	25,0	500	5,21
860.1-0330	20	1	1.200	15,0	600	7,50
860.1-0800	20	1	1.200	3,0	1.500	3,75
XPMT 07H308R	20	2	2.400	11,0	250	1,15
E354M4	20	1	1.200	7,0	300	1,75
ECD-S2	20	1	1.200	4,0	600	2,00
EC-B306	20	1	1.200	65,0	800	43,33
Speciální srážec	20	1	1.200	3,0	3.000	7,50
Celkem	-	-	-	-	-	84,53

Tabulka č. 10 - Náklady na nástroje

Náklady na nástroje činí **84,53 Kč/ks**, jak je patrné z přehledné tabulky č. 10.

4.2.7 Ostatní přímé náklady a režijní náklady

Režijní náklady v sobě zahrnují prostorové náklady stroje, náklady na osvětlení, vytápění, úklid apod.. Položka je tvořena přírůžkou k přímým mzdám, konkrétně přírůžkou 200 % k přímým mzdám. Režijní náklady tak činí **49,85 Kč/ks**.

Položka ostatních přímých nákladů je tvořena náklady na zmetky. Předpokládaná zmetkovitost činí 5 %, tzn. 5 % celkových výrobních nákladů. Ostatní přímé náklady jsou uvažovány ve výši **15,98 Kč/ks**.

4.2.8 Kalkulace a hodnocení

Kalkulace vychází z výše uvedených nákladových položek. Kalkulační vzorec, konkrétní hodnoty jednotlivých položek a celkové vlastní náklady výroby na 1 ks součástky jsou patrné z uvedené tabulky.

KALKULACE		
Přímý materiál	28,29	CZK
Režijní materiál	1,72	CZK
Přímé mzdy	24,93	CZK
Strojní náklady	130,24	CZK
Náklady na nástroje	84,53	CZK
Ostatní přímé náklady	15,98	CZK
Ostatní režijní náklady	49,85	CZK
Vlastní náklady výroby	335,54	CZK

Tabulka č. 11 - Kalkulace

Vlastní náklady výroby na 1 ks činí **335,54 Kč**.

Jak je patrné z uvedené tabulky, nejzásadnější položkou jsou strojní náklady, které tvoří necelých 40 % vlastních nákladů výroby. Důvodem je velmi vysoká pořizovací cena stroje, neboť se jedná o vysoce moderní multifunkční obráběcí centrum. Běžně by bylo možné danou součástku vyrábět na levnějším ne tak moderním stroji, za relativně podobných výrobních podmínek, jehož pořizovací cena by se pohybovala cca poloviční, čímž by strojní náklady klesly o cca 40 %. V daném případě však byl zvolen zmiňovaný moderní multifunkční stroj, který je v neposlední řadě využíván k výzkumným účelům na ZČU.

Další významnou položkou jsou náklady na nástroje, které činí cca 25 % vlastních nákladů výroby. Zde je nezbytné zmínit, že uvedené trvanlivosti nástrojů jsou pesimistickým scénářem resp. je uvažována tabulková trvanlivost nástroje garantovaná výrobcem. V praxi lze však uvažovat při soustružení hliníku trvanlivost nástroje výrazně vyšší, čímž lze očekávat pokles nákladů na nástroje.

5 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout novou výrobní technologii na zadanou rotační součást, vybrat vhodné nástrojové sestavy a napsat NC program v řídicím systému Sinumerik 840D-sl. Výsledkem práce je ekonomické zhodnocení navrženého výrobního postupu.

Nejprve bylo nutné vytvořit nový výrobní výkres, seznámit se se zadanou součástí, analyzovat součást z pohledu technologičnosti konstrukce a vyznačit možné problematické části z hlediska následného obrábění. Následovala analýza materiálu součásti, jedná o hliníkovou slitinu AA 6028 – T6. Poté co byly zjištěny mechanické a fyzikální vlastnosti daného materiálu, bylo možné určit zásadní problémy, které doprovází obrábění dané slitiny.

Aby bylo možné přejít k tvorbě výrobního postupu, bylo nutné se seznámit s výrobním obráběcím strojem. Jedná se moderní multifunkční soustružnické centrum, které umožňuje výrobu zadané součásti na jedno upnutí. Po seznámení se s výrobním strojem, zadanou rotační součástí a daným materiálem se ukončila první kapitola diplomové práce a bylo možné přejít na tvorbu samotného výrobního postupu.

Hlavička výrobního postupu obsahuje jméno autora, název obráběcího stroje, název a číslo výkresu a zvolený polotovar. Polotovar byl volen s ohledem na bezproblémovou výrobu a možné vysoké ekonomické ztráty ve formě třísek. Celá výrobní technologie je rozdělena do několika samostatných výrobních úseků, kde jednotlivé úseky jsou doplněny graficky zpracovanými obrázky pro lepší názornost. Celá technologie je tvořena na zvolený typ obráběcího stroje, to znamená, že počítá s výrobou celé součásti na jedno upnutí. Další důležitou položkou ve výrobním postupu byla volba použitých řezných nástrojů. Vzhledem k analýze obráběného materiálu se šlo cestou nepovlakovaných jemnozrných slinutých karbidů s pozitivní geometrií břítu. Následná volba řezných podmínek je v souladu s doporučenými řeznými podmínkami od výrobců nástrojů.

Po dokončení výrobního postupu následovala tvorba NC programu v řídicím systému Sinumerik 840D-sl. Před samotným programováním bylo nutné seznámit se s daným řídicím systémem a osvojit si základní způsoby programování v daném jazyku. Vytvořený NC program kopíruje strukturu vytvořeného výrobního postupu s tím, že jednotlivé výrobní úseky jsou rozděleny do dvou samostatně pracujících kanálů (horní frézovací hlava a dolní revolver), čímž se zkracuje výrobní čas. Pomocí následné

simulace procesu obrábění bylo možné stanovit celkový výrobní čas a časy jednotlivých nástrojů v řezu. To posloužilo jako jeden z podkladů pro následné ekonomické hodnocení.

Konečné ekonomické hodnocení navržené varianty obsahuje velmi podrobně zpracovaný kalkulační vzorec vlných výrobních nákladů. Výsledné náklady **335,54 Kč/ks** jsou nejvíce ovlivněny drahým strojem, který pro tento konkrétní případ představuje přílišný komfort, který je ale nezbytný pro provádění technické výzkumy na ZČU. Danou součást by bylo možné vyrobit za podobných podmínek na stroji, který má strojní náklady na přibližně poloviční hodnotě.

Za dané téma diplomové práce jsem velmi vděčný z toho důvodu, že bylo nutné zapojit velké množství informací, které jsem nabyl v průběhu studia na fakultě strojní, které bylo následně nutné aplikovat v praxi. Dále možnost školení v řídicím systému Sinumerik považuji za velkou výhodu pro mé budoucí uplatnění. Tuto diplomovou práci schledávám jako ideálním odrazovým můstkem pro svoji budoucí profesní kariéru.

Citovaná literatura

- [1] Přednášky z předmětu Moderní technologie – přednášející doc. Ing. ŘEHOŘ, Jan. Ph.D.
- [2] *Přídavky na obrábění* [online]. [cit. 2016-03-17]. Dostupné z: <http://sps-projekt.hostuju.cz/soubory/demo/stt.pdf>
- [3] Rozbor materiálu. Impol [online]. [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: http://www.impol.si/files/default/Tehnoloski-listi/AC60-%20AA6028%20Conforming%20to%20RoHS_JS.pdf
- [4] Precipitace. *Ateam.zcu* [online]. [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: http://www.ateam.zcu.cz/download/Precipitace09_10.pdf
- [5] Přednášky z předmětu Teorie obrábění – přednášející doc. Ing. ŘEHOŘ, Jan. Ph.D.
- [6] Obráběcí stroje. *WinTech* [online]. [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: http://wintech-eg.com/machine_dmg_ctx_products.php
- [7] Obráběcí stroje. *DMG MORI* [online]. [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: <http://uk.dmgmori.com/products/lathes/turn-mill-complete-machining-centres/ctx-tc/ctx-beta-1250-tc-4a#Technic>
- [8] Řídící systémy SINUMERIK [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=3c76394997&ctxp=home>
- [9] JANDEČKA, K. , ČESÁNEK, J. , KOŽMÍN, P. : Programování NC strojů. Plzeň: ZČU, 2000. ISBN 80-7082-694-4
- [10] VRABEC, M., MÁDL, J.: NC programování v obrábění. Praha : ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03045-8

Seznam obrázků

Obrázek č.1 - Výrobní výkres.....	13
Obrázek č. 2 - 3D model levá strana.....	14
Obrázek č. 3 - 3D model pravá strana	14
Obrázek č. 4 - Teoretická drsnost plochy	15
Obrázek č. 5 - Požadovaná tolerance.....	15
Obrázek č. 6 - Řez A-A	17
Obrázek č. 7 - Zadané podmínky.....	17
Obrázek č. 8 - Detail D	17
Obrázek č. 9 - CTX beta 1250 TC 4A	21
Obrázek č. 10 - Schéma stroje	23
Obrázek č. 11 - úsek č.1.....	24
Obrázek č. 12 - úsek č.2.....	24
Obrázek č. 13 - úsek č. 3.....	25
Obrázek č. 14 - úsek č. 4.....	25
Obrázek č. 15 - úsek č. 5.....	25
Obrázek č. 16 - úsek č. 6.....	26
Obrázek č. 17 - úsek č. 7.....	26
Obrázek č. 18 - úsek č. 8.....	26
Obrázek č. 19 - úsek č. 9.....	27
Obrázek č. 20 - úsek č. 10.....	27
Obrázek č. 21 - úsek č. 11.....	27
Obrázek č. 22 - úsek č. 12.....	28
Obrázek č. 23 - úsek č. 13.....	28
Obrázek č. 24 - úsek č. 14.....	28
Obrázek č. 25 - úsek č. 15.....	29
Obrázek č. 26 - úsek č. 16.....	29
Obrázek č. 27 - úsek č. 17.....	29
Obrázek č. 28 - úsek č. 18.....	30
Obrázek č. 29 - úsek č. 19.....	30
Obrázek č. 30 - úsek č. 20.....	30
Obrázek č. 31 - úsek č. 21.....	31
Obrázek č. 32 - úsek č. 22.....	31

Obrázek č. 33 - úsek č. 23.....	32
Obrázek č. 34 - úsek č. 24.....	32
Obrázek č. 35 - úsek č. 25.....	32
Obrázek č. 36 - úsek č. 26.....	33
Obrázek č. 37 - úsek č. 27.....	33
Obrázek č. 38 - úsek č. 28.....	34
Obrázek č. 39 - úsek č. 29.....	34
Obrázek č. 40 - Spuštění programu	36
Obrázek č. 41 - Základní panel.....	36
Obrázek č. 42 - Název programu	37
Obrázek č. 43 - Způsob programování	37
Obrázek č. 44 - Hlavička programu.....	38
Obrázek č. 45 - Seznam nástrojů	39
Obrázek č. 46 - Typy nástrojů	39
Obrázek č. 47 - Definice nástroje	40
Obrázek č. 48 - Prázdný program	41
Obrázek č. 49 - Zarovnání čela.....	41
Obrázek č. 50 - krok č. 1.....	42
Obrázek č. 51 - krok č. 2.....	42
Obrázek č. 52 - krok č. 3.....	43
Obrázek č. 53 - krok č. 4.....	43
Obrázek č. 54 - výsledná kontura	44
Obrázek č. 55 - Hrubování kontury	45
Obrázek č. 56 - Dokončení kontury.....	45
Obrázek č. 57 - Svázání bloků.....	46
Obrázek č. 58 - Zapichování.....	47
Obrázek č. 59 - Středové vrtání	47
Obrázek č. 60 - Definování polohy.....	48
Obrázek č. 61 - Mimové vrtání.....	49
Obrázek č. 62 - Frézování kapsy	49
Obrázek č. 63 - Spojení bloků	50
Obrázek č. 64 - Protivřetenno	50
Obrázek č. 65 - Upichování	51
Obrázek č. 66 - Závit	52

Obrázek č. 67 - Výslední program (první část)	54
Obrázek č. 68 - Výslední program (druhá část).....	54
Obrázek č. 69 - Výslední program (třetí část)	55
Obrázek č. 70 - Výslední program (čtvrtá část).....	55
Obrázek č. 71 - Výslední program (pátá část)	56
Obrázek č. 72 - Simulace (3D vřeten a protivřeten).....	56
Obrázek č. 73 - Simulace (poloviční řez)	57
Obrázek č. 74 - Simulace (3D protivřeten).....	57
Obrázek č. 75 - Simulace (čelní pohled).....	57

Seznam tabulek

Tabulka č. 1- Chemický rozbor	18
Tabulka č. 2 - Fyzikální vlastnosti.....	18
Tabulka č. 3 - Mechanické vlastnosti	18
Tabulka č. 4 - Výrobní postup	34
Tabulka č. 5 - Přímý materiál	61
Tabulka č. 6 - Mzdové náklady	61
Tabulka č. 7 - Přímé mzdy.....	62
Tabulka č. 8 - Strojní náklady.....	62
Tabulka č. 9 - Režijní materiál.....	63
Tabulka č. 10 - Náklady na nástroje	64
Tabulka č. 11 - Kalkulace	65

Seznam příloh

Příloha č. 1 - Program kanál 1
Příloha č. 2 - Program kanál 2
Příloha č. 3 - Nástroje
Příloha č. 4 - Výrobní výkres

Příloha č. 1 – Program kanál 1

1.

CTX beta1250TC 4A - DMG MORI SEIKI Academy GmbH

/_N_UKS_DIR/_N_ZKUSEBNI_UPD/_N_ZKUSEBNI_1_1_MPF

N10 Hlavička programu

Vícekanál. data ano

ZKUSEBNI_1

Data pro Hlavní+protivřet.

Návrat rozšířen

XRA 10.000 ink

XRI 23.000 abs

ZRA 10.000 ink

Koník ne

Bod výměny nástroje MCS

XT 500.000

ZT 500.000

SC 1.000

Směr obrábění sousledné

T N20 T=ZAPICHOVÁK

T ZAPICHOVÁK D 1

S4 ot/min

Volba roviny

N30 WAITM(5, 1, 2)¶

Typ WAITM

Číslo 5

Kanály

1: CHAN1 ano

2: CHAN2 ano

;Vnější zápich D50

no: G1

N40 Zápich T=ZAPICHOVÁK F0.1

T ZAPICHOVÁK D 1

β ↓

γ 0.000 °

F 0.100 mm/ot.

V 100 m/min

Obrábění

Pozice

X0 58.000

Z0 -22.500

B1 3.000

T1 50.000 abs

D 0.000

UX 0.200

UZ 0.200

N 1

N50 Zápich T=ZAPICHOVÁK F0.1

T ZAPICHOVÁK D 1

β ↓

γ 0.000 °

F 0.100 mm/ot.

2.

V 100 m/min

Obrábění

Pozice

X0 58.000

Z0 -22.500

B1 3.000

T1 50.000 abs

N 1

N60 L710(1)

Q1 409G

N70 WAITM(10, 1, 2)¶

Typ WAITM

Číslo 10

Kanály

1: CHAN1 ano

2: CHAN2 ano

T N80 T=UTR-PL-D24

T UTR-PL-D24 D 1

S4 ot/min

Volba roviny

N90 WAITM(15, 1, 2)¶

Typ WAITM

Číslo 15

Kanály

1: CHAN1 ano

2: CHAN2 ano

;Vrtání díry D26

N100 Středové vrtání T=UTR-PL-

T UTR-PL-D24 D 1

F 0.100 mm/ot.

V 160 m/min

Ulam. třísky

Z0 2.000

Stopka

Z1 -40.000 abs

D 45.000

FD1 100.000 %

DF 100.000 %

V2 1.000

DT 0.000 s

N110 L710(1)

Q1 409G

N120 WAITM(20, 1, 2)¶

3.

Typ	WAITM
Číslo	20
Kanály	
1: CHAN1	ano
2: CHAN2	ano
T N130 T=VRTÁK 8	
T	VRTÁK 8 D 1
S4	ot/min
Volba roviny	
N140 WAITM(25, 1, 2)†	
Typ	WAITM
Číslo	25
Kanály	
1: CHAN1	ano
2: CHAN2	ano
N150 Urtání	T=VRTÁK
T	VRTÁK 8 D 1
F	0.200 mm/ot.
U	100 m/min
Čelo C	○
Stopka	
Y1	-17.135 abs
DT	0.600 s
N160 Kruhá kapsa	T=FRÉZA
T	FRÉZA D 1
F	0.100 mm/zub
U	250 m/min
Čelo C	
Obrábění	
	helikál.
	Polohový vzor
Ø	10.000
Y1	-12.500 ink
DZX	6.000 mm
P	2.500
UZX	0.000
UY	0.000
N170 007: Polohy	Z0=-6.7
Čelo C	
	pravoúhlé
Y0	-6.700
Z0	19.800 abs
X0	0.000 abs
Z1	abs

4.

X1	abs
Z2	abs
X2	abs
Z3	abs
X3	abs
Z4	abs
X4	abs
Z5	abs
X5	abs
Z6	abs
X6	abs
Z7	abs
X7	abs
N180 Podélná drážka	T=FRÉZA F0.1/Z
T	FRÉZA D 1
F	0.100 mm/zub
U	250 m/min
Čelo C	
Obrábění	
	Polohový vzor
W	10.000
L	20.000
α0	0.000 °
Y1	6.000 ink
DZX	5.000 mm
DY	2.000
UZX	0.000
UY	0.000
Zajiždění	kolmo ○
FY	0.100 mm/zub
N190 008: Pol. Kružnice	Z0=0 X0=0 Y0=0
Čelo C	
	újstřed.
	Celý kruh
Y0	0.000
Z0	0.000
X0	0.000
α0	10.000 °
R	28.000
N	36
Polohování	Kružnice
N200 Kruhá kapsa	T=FRÉZA F200/n
T	FRÉZA D 1

5.

F	200.000	mm/min
V	250	m/min
Čelo C		
Obrábění	helikál.	
	Jednotl. pozice	
Z0	-19.133	
X0	7.633	
Y0	-3.050	
Ø	10.000	
Y1	-2.500	ink
DZX	0.500	mm
P	2.500	
UZX	0.000	
UY	0.000	

N210 L710(1)
 Q1 4φ9G

N220 WAITM(30, 1, 2)†

Typ	WAITM
Číslo	30
Kanály	
1: CHAN1	ano
2: CHAN2	ano

; Přepnutí
 4φ9G

N230 Protivřetenno kompl. S4–S3 G55

Kompletní převzetí

Uchopení	←
β	0.000 °
γ	MCS
XP	800.000
ZP	270.000
Oplách.sklíč.	ano
DIR	↻
S	500.000 ot/min
α1	0.000 °
Z1	-19.000
ZR	25.000 ink
FR	500.000 mm/min
Pevný doraz	ano
Vytažení	
Vytaž.sur.obr.	ano
F	500.000 mm/min
Úpich. cyklus	ano
Zadní str	
Pos. počát.	G55
Psát	ano

6.

ZV	-32.200	ink
Z3W	1350.000	
N240 Úpich	T=ÚPICHOUÁK 3 FI	
T	ÚPICHOUÁK 3	D 1
β	↓	
γ	0.000 °	
F	0.080	mm/ot.
V	100	m/min
SU	2000.000	ot/min
X0	60.000	
Z0	-33.200	
R	0.000	
X1	22.000	abs
FR	0.050	mm/ot.
SR	200.000	ot/min
X2	21.000	abs

N250 WAITM(35, 1, 2)†

Typ	WAITM
Číslo	35
Kanály	
1: CHAN1	ano
2: CHAN2	ano

N260 Protivřetenno Synchronizace

Synchronizace	
XP	800.000
ZP	270.000

N270 WAITM(40, 1, 2)†

Typ	WAITM
Číslo	40
Kanály	
1: CHAN1	ano
2: CHAN2	ano

T N280 T=ZAPICHOUÁK

T	ZAPICHOUÁK	D 1
S4		ot/min
Volba roviny		

N290 WAITM(45, 1, 2)†

Typ	WAITM
Číslo	45
Kanály	
1: CHAN1	ano
2: CHAN2	ano

N300 Zápich T=ZAPICHOUÁK F0

T	ZAPICHOUÁK	D 1
β	↓	
γ	0.000 °	
F	0.100	mm/ot.
V	100	m/min

7.

Obrábění	
Pozice	
X0	50.000
Z0	-2.400
B1	1.600
T1	49.000 abs
N	1

N310 L710(1)

4φ9G

N320 Urtání T=URTÁK3.3 F0.08

T	URTÁK3.3	D 1
F	0.080 mm/ot.	
U	35 m/min	
Čelo C	<input type="checkbox"/>	
Stopka		
Y1	-14.000 abs	
DT	0.600 s	

N330 003: Pol. Kružnice Z0=0 R=21 N=3

Čelo C	
ve středu	
Celý kruh	
Y0	0.000
α0	-20.000 °
R	21.000
N	3

N340 Naurt. stř. dílků T=navrtávák F0.08

T	navrtávák	D 1
F	0.050 mm/ot.	
U	35 m/min	
Čelo C	<input type="checkbox"/>	
Průměr		
∅	2.200	
DT	0.600 s	

N350 004: Polohy Z0=0 X0=-15 Y0=

Čelo C	
pravouhlé	
Y0	0.000
Z0	-15.000 abs
X0	0.000 abs
Z1	abs
X1	abs

8.

Z2	abs
X2	abs
Z3	abs
X3	abs
Z4	abs
X4	abs
Z5	abs
X5	abs
Z6	abs
X6	abs
Z7	abs
X7	abs

N360 Naurt. stř. dílků T=navrtávák F0.

T	navrtávák	D 1
F	0.050 mm/ot.	
U	35 m/min	
Čelo C	<input type="checkbox"/>	
Průměr		
∅	4.000	
DT	0.600 s	

N370 005: Pol. Kružnice Z0=0 R=21 N=3

Čelo C	
ve středu	
Celý kruh	
Y0	0.000
α0	-20.000 °
R	21.000
N	3

N380 Urtání závitů T=ZÁVITNÍK M4

T	ZÁVITNÍK M4	D 1
Tabulka	ISO metrický	
Ujáběr	M 4	
P	0.700 mm/ot.	
U	30 m/min	
UR	30 m/min	
Čelo C	<input type="checkbox"/>	
1 průchod		
Y1	10.000 ink	

N390 006: Pol. Kružnice Z0=0 R=21 N=3

Čelo C	
ve středu	
Celý kruh	
Y0	0.000
α0	-20.000 °
R	21.000
N	3

Konec programu

Opakování ne

Příloha č. 2 – Program kanál 2

1.

CTX beta1250TC 4A - DMG MORI SEIKI Academy GmbH
 /_N_UKS_DIR/_N_ZKUSEBNI_UPD/_N_ZKUSEBNI_1_2_MPI

N10 Hlavička programu

Vícekanál. data	ano
ZKUSEBNI_1	
Data pro	Hlavní+protivřet.
Návrat	rozšířen
XRA	10.000 ink
XRI	23.000 abs
ZRA	10.000 ink
Koník	ne
Bod výměny nástroje	WCS
XT	280.000
ZT	500.000
SC	1.000
Směr obrábění	sousledné

; Zarovnaní čela D

N20 Oddělování třísky T=CCGX 12 04 08 D 1

T	CCGX 12 04 08	D 1
F	0.250 mm/ot.	
V	250 m/min	
Obrábění		
Pozice	příčné	
X0	60.000	
Z0	2.000	
X1	20.000 abs	
Z1	0.000 abs	
D	1.000	
UX	0.000	
UZ	0.150	

; Hrubovat vnější konturu D

N30 Kontura CON1

N40 Oddělování třísky T=CCGX 12 04 08 D 1

T	CCGX 12 04 08	D 1
F	0.300 mm/ot.	
V	300 m/min	
Obrábění		
	podélné	
	vnější	←
D	1.000	
UX	0.600	
UZ	0.500	
DI	0.000	

2.

BL	Válec	
XD	0.000 ink	
ZD	0.000 ink	
Podříznutí		ne
Omezení		ne

N50 L710(1)
 Q1 Y9G

N60 WAITM(5, 1, 2)¶

Typ	WAITM
Číslo	5
Kanály	
1: CHAN1	ano
2: CHAN2	ano

T N20 T=DCGX 11 T3 02

T	DCGX 11 T3 02	D 1
S4		ot/min
Volba roviny		

N70 WAITM(10, 1, 2)¶

Typ	WAITM
Číslo	10
Kanály	
1: CHAN1	ano
2: CHAN2	ano

; Větší kontura dokončení

N80 Kontura CON1_dok

N90 Oddělování třísky T=DCGX 11 T3

T	DCGX 11 T3 02	D 1
F	0.150 mm/ot.	
V	350 m/min	
Obrábění		
	podélné	
	vnější	←
Přídavek		ano
U1	0.300	
Podříznutí		ano
Omezení		ne

N100 Oddělování třísky T=DCGX 11 T3

3.

T	DCGX 11 T3 02	D 1
F	0.150 mm/ot.	
V	350 m/min	
Obrábění	▽▽▽	
	podélné vnější	←
Přidavek	ne	
Podříznutí	ano	
Omezení	ne	

; Levé čelo dokončení
 1

N110	Kontura	CON_CELO
N120	Oddělování třísky	T=DCGX 11
T	DCGX 11 T3 02	D 1
F	0.300 mm/ot.	
V	240 m/min	
Obrábění	▽▽▽	
	příčné vpředu	↑
Přidavek	ne	
Podříznutí	ne	
Omezení	ne	

N130 L710(1)
 Q: P9G

N140	WAITM(15, 1, 2)	
Typ	WAITM	
Číslo	15	
Kanály		

4.

1: CHAN1	ano
2: CHAN2	ano

T	N20 T=TCGX 11 02 04	
T	TCGX 11 02 04	D 1
S4	ot/min	
Volba roviny		

N150	WAITM(20, 1, 2)	
Typ	WAITM	
Číslo	20	
Kanály		
1: CHAN1	ano	
2: CHAN2	ano	

; Hrubovat díru D26

N160	Kontura	CON_UNITR1
N170	Oddělování třísky	T=TCGX 11 02 04
T	TCGX 11 02 04	D 1
F	0.300 mm/ot.	
V	240 m/min	
Obrábění	▽	
	podélné vnitřní	←
D	1.000	
UX	0.500	
UZ	0.150	
DI	0.000	
BL	Válec	
XD	24.000 abs	
ZD	0.000 ink	
Podříznutí	ano	
FR	0.300 mm/ot.	
Omezení	ne	

N180	Odstr. zbytk. mat.	T=Unitrni_DCGX
T	Vnitřni_DCGX 11 T3 02	D 1
F	0.200 mm/ot.	
S	3000.000 ot/min	
Obrábění	▽▽▽	
	podélné vnitřní	←
Přidavek	ne	
Podříznutí	ano	

5.

Omezení ne

;Dokoncovaní díry D26

N190 Kontura CON_DIRA

N200 Oddělování třísky T=Unitrni_DCGX

T Unitrni_DCGX 11 T3 02 D 1

F 0.200 mm/ot.

S 3000.000 ot/min

Obrábění

podélné

vnitřní

Přidavek ano

U1 0.300

Podříznutí ne

Omezení ne

N210 Odstr. zbytk. mat. T=Unitrni_DCGX

T Unitrni_DCGX 11 T3 02 D 1

F 0.200 mm/ot.

S 3000.000 ot/min

Obrábění

podélné

vnitřní

Přidavek ne

Podříznutí ano

Omezení ne

N220 L710(1)

Q1 Ý9G

N150 WAITM(25, 1, 2)¶

Typ WAITM

Číslo 25

Kanály

1: CHAN1 ano

2: CHAN2 ano

N230 WAITM(30, 1, 2)¶

6.

Typ WAITM

Číslo 30

Kanály

1: CHAN1 ano

2: CHAN2 ano

N240 Protivřetená Synchronizace

Synchronizace

MCS

XP 280.000

ZP 150.000

N250 WAITM(35, 1, 2)¶

Typ WAITM

Číslo 35

Kanály

1: CHAN1 ano

2: CHAN2 ano

N251 Protivřetená Zadní str G55

Zadní str

Pos. počát. G55

Psát ano

ZU -32.200 ink

Z3U 1350.000

N250 WAITM(40, 1, 2)¶

Typ WAITM

Číslo 40

Kanály

1: CHAN1 ano

2: CHAN2 ano

; Zarovnat čelo

N260 Oddělování třísky T=CCGX 120408 F0.2!

T CCGX 120408 D 1

F 0.250 mm/ot.

V 250 m/min

Obrábění

Pozice

příčné

X0 60.000

Z0 1.000

X1 20.000 abs

Z1 0.150 abs

D 0.500

UX 0.100

UZ 0.100

; Hrubovat vnější konturu

N270 Kontura CON2_1

N280 Oddělování třísky T=CCGX 120408 F0.3,

T CCGX 120408 D 1

F 0.300 mm/ot.

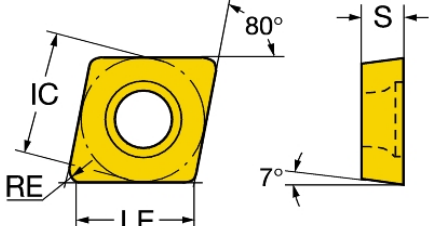
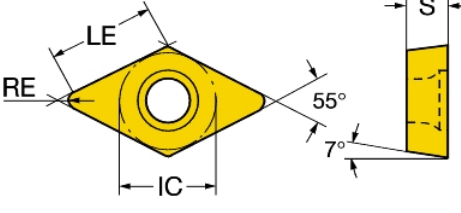
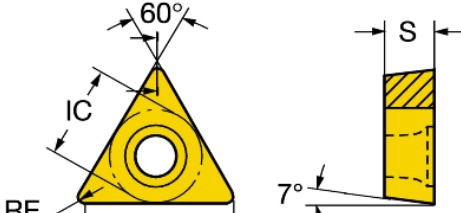
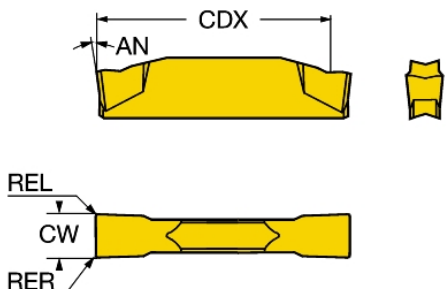
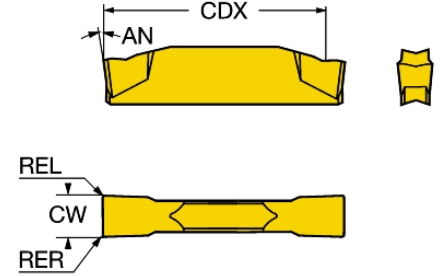
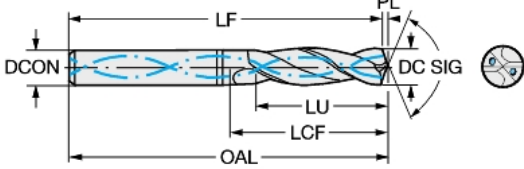
7.

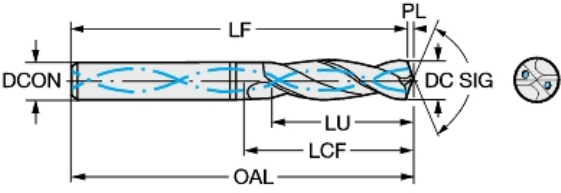
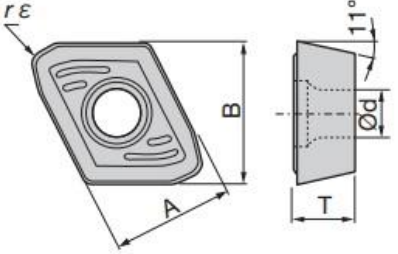
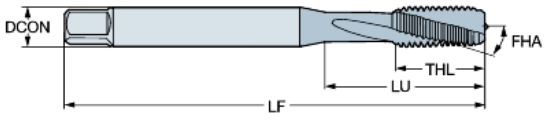

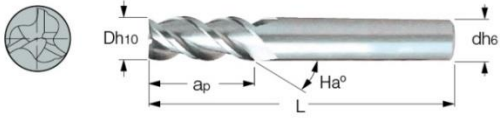
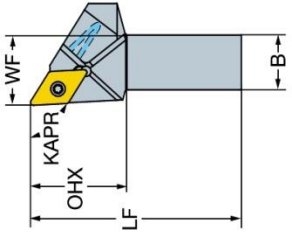
V	300 m/min
Obrábění	▼
	podélné vnější
D	1.000
UX	0.600
UZ	0.600
DI	0.000
BL	Válec
XD	0.000 ink
ZD	0.000 ink
Podříznutí	ne
Omezení	ne
N290 Odstr. zbytk. mat.	T=DCGX 11 T3 0
T	DCGX 11 T3 02-S3 D 1
F	0.200 mm/ot.
V	320 m/min
Obrábění	▼
	podélné vnější
D	1.000
UX	0.300
UZ	0.300
DI	0.000
Podříznutí	ne
Omezení	ne
N300 Odstr. zbytk. mat.	T=DCGX 11 T3 0
T	DCGX 11 T3 02-S3 D 1
F	0.150 mm/ot.
V	350 m/min
Obrábění	▼▼▼
	podélné vnější
Přídavek	ne
Podříznutí	ne
Omezení	ne
N301 Oddělování třísky	T=DCGX 11 T3 0
T	DCGX 11 T3 02-S3 D 1

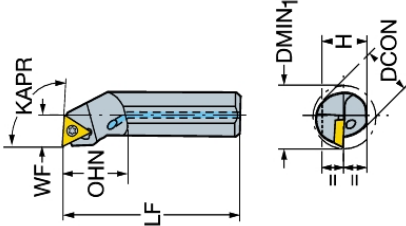
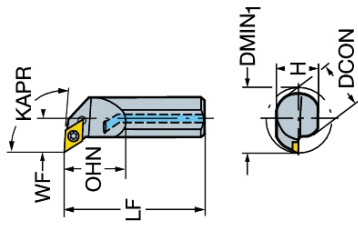
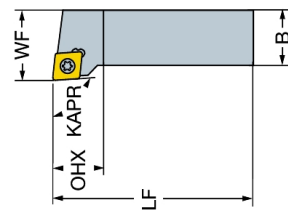
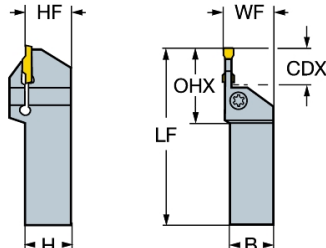
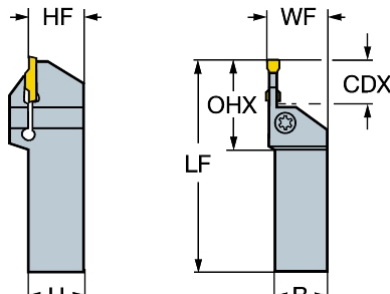
8.

F	0.250 mm/ot.
V	250 m/min
Obrábění	▼
Pozice	↖
	příčné
X0	60.000
Z0	0.200
X1	-1.600 abs
Z1	0.000 abs
D	0.500
UX	0.100
UZ	0.100
N50 L710(1)	
N311 Kontura	CON_ZKOS
N312 Oddělování třísky	T=Unitrni_DCGX
T	Unitrni_DCGX 11 T3 02 D 1
F	0.100 mm/ot.
V	250 m/min
Obrábění	▼▼▼
	podélné vnitřní
Přídavek	ano
U1	0.000
Podříznutí	ne
Omezení	ne
N50 L710(1)	
N250 WAITM(45, 1, 2)†	
Typ	WAITM
Číslo	45
Kanály	
1: CHAN1	ano
2: CHAN2	ano
Konec programu	
Opakování	ne

Příloha č. 3 – Nástroje

<p>CCGX 12 04 08 – Al H10</p> 	<p>LE – 12,0959 mm RE – 0,7938 mm IC – 12,7 mm S – 4,7625 mm</p> <p>Držák: SCLCL/R 2525 M12 Použití: Vnější hrubování</p>
<p>DCGX 11 T3 02 – Al H10</p> 	<p>LE – 11,4279 mm RE – 0,2 mm IC – 9,525 mm S – 3,96875 mm</p> <p>Držák vnitřní: S20S – SDUCL 11-M Držák vnější: SDJCR/L 2525M 11HP Použití: Vnější + vnitřní dokončení</p>
<p>TCGX 11 02 04 – Al H10</p> 	<p>LE – 10,34 mm RE – 0,3969 mm IC – 6,35 mm S – 2,38125 mm</p> <p>Držák: STFCL/R A16R Použití: Vnitřní hrubování</p>
<p>N123D2 – 0150 – 0001 – GF 1125</p> 	<p>CW – 1,5 mm CDX – 13,3 mm AN – 5° R – 0,1 mm</p> <p>Držák: RF123D08 – 2525B Použití: Zapichování</p>
<p>N123G2 – 0300 – 0001 – CF 1125</p> 	<p>CW – 3 mm CDX – 18,4 mm AN – 7° R – 0,1 mm</p> <p>Držák: RF123G20 – 2525B Použití: Upichování</p>
<p>860.1 – 0330 – 026A1 – NM H10F</p> 	<p>DC – 3,3 mm LU – 26,8 mm SIG – 130°</p> <p>Použití: Vrtání</p>
<p>860.1 – 0800 – 024A1 – NM H10F</p>	<p>DC – 8 mm</p>

	<p>LU – 25,1 mm SIG – 130°</p> <p>Použití: Vrtání</p>
<p>XPMT 07H308R – DW</p> 	<p>A – 7,0 mm B – 8,2 mm T – 3,6 mm D – 2,8 mm r – 0,8 mm</p> <p>Držák: TDX240W25 - 2 Použití: Vrtání</p>
<p>E354M4</p> 	<p>LU – 21 mm THL – 12 mm TDZ – M4 Stoupání – 0,7</p> <p>Použití: Závítování</p>
<p>ECD-S2 06090C06-57</p> 	<p>D – 6 mm L – 57 mm Ap – 2,71 L3 – 12 mm</p> <p>Použití: Sražení, Navrtávání</p>
<p>EC – B3 06 – 13C06E50</p> 	<p>D – 6mm Ap – 13 mm L – 50 mm Ha – 45 mm</p> <p>Použití: Frézování</p>
<p>SDJCR/L 2525M 11HP</p> 	<p>KAPR – 93° B – 25 mm OHX – 28 mm LF – 150 mm WF – 32 mm</p> <p>Destička: DCGX Použití: Vnější nůž</p>
<p>A16R STFCR/L 11</p>	<p>KAPR – 91° DMIN1 – 20 mm OHN – 24 mm LF – 200 mm WF – 11 mm</p> <p>Destička: TCGX Použití: Vnitřní nůž</p>

	
<p>S20S – SDUCL 11 – M</p> 	<p>KAPR – 93° DMIN1 – 25 mm OHN – 30,4 mm LF – 250 mm WF – 13 mm</p> <p>Destička: DCGX Použití: Vnitřní nůž</p>
<p>SCLCL 2525 M12</p> 	<p>KAPR – 95° B – 25 mm OHX – 23,7 mm LF – 150 mm WF – 32 mm</p> <p>Destička: CCGX Použití: Vnější nůž</p>
<p>RF123D08 – 2525B</p> 	<p>CDX – 8 mm OHX – 25,5 mm WF – 26 mm B – 25 mm</p> <p>Destička: N123D2 Použití: Zapichování</p>
<p>RF123G20 – 2525B</p> 	<p>CDX – 20 mm OHX – 41 mm WF – 26 mm B – 25 mm</p> <p>Destička: N123G2 Použití: Upichování</p>

Příloha č. 4 – Výrobní výkres

(viz. desky DP)