

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie obrábění

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Návrh výroby nábojů předních a zadních kol formule

Autor: **Josef MAREK, DiS.**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Josef MAREK**

Osobní číslo: **S12B0016K**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**

Název tématu: **Návrh výroby nábojů předních a zadních kol formule**

Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Popis a analýza TK vyráběných součástí
3. Návrh postupu výroby
4. Volba výrobních prostředků
5. Zpracování programů pro NC stroje
6. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

- **JANDEČKA, K., ČESÁNEK, J., KOŽMÍN, P.:** Programování NC strojů. Plzeň: ZČU, 2000.
- **VRABEC, M., MÁDL, J.:** NC programování v obrábění. Praha: ČVUT, 2004.
- **STANĚK, J., NĚMEJC, J.:** Metodika zpracování a úprava diplomových prací. Plzeň: ZČU, 2005.
- **Dokumentace zvoleného CAM systému.**
- **Dokumentace zvoleného obráběcího stroje.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**  
Katedra technologie obrábění  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**  
Katedra technologie obrábění

Datum zadání bakalářské práce: **18. října 2015**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 20. října 2015

## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne.....

.....

podpis studenta

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Vyšatovi, Ph.D. za odborné vedení při tvorbě práce a za praktické rady. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Luboši Kroftovi za konzultace při tvorbě NC programů a konstruktérovi součástí panu Bc. Martinu Kocourkovi za dodání všech potřebných podkladů pro tvorbu práce.

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Marek	Jméno Josef	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B 2301 „Strojírenská technologie - technologie obrábění“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Vyšata, Ph.D.	Jméno Jiří	
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<del>DIPLLOMOVÁ</del>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh výroby nábojů předních a zadních kol formule		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZDÁNÍ</b>	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	67	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	54	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	13
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

<p><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL</b></p> <p><b>POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Bakalářská práce obsahuje návrh postupu výroby předních a zadních nábojů kol formule. V práci je zhodnocena technologičnost konstrukce, volba výrobních strojů, nástrojů a popis technologie výroby. V závěru jsou uvedeny NC programy pro výrobu daných součástí a zhodnocení celé práce.</p>
<p><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p style="text-align: center;">Náboj, NC, CNC, stroj, soustružení, frézování</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Marek	<b>Name</b> Josef
<b>FIELD OF STUDY</b>	B 2301 “ Manufacturing Technology - Machining Technology“	
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Ing. Vyšata, Ph.D.	<b>Name</b> Jiří
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO	
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	<b>Delete when not applicable</b>	
	Project of Manufacturing Front and Rear Formula Wheel Hubs.	

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Technology of Metal Cutting	<b>SUBMITTED IN</b>	2016
----------------	------------------------	-------------------	-----------------------------	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	67	<b>TEXT PART</b>	54	<b>GRAPHICAL PART</b>	13
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The bachelor thesis contains a proposal for the production of front and rear formula wheel hubs. The work describes technology of construction, selection of production machinery, tools and technology of production. In conclusion, there are NC programs for the production of components and evaluation of the whole work.
<b>KEY WORDS</b>	Hub, NC, CNC, machine turning, milling

## Obsah

1 Úvod.....	11
2 Popis vyráběných součástí a analýza jejich TK .....	12
2.1 Postavení a funkce vyráběných součástí .....	12
2.2 Popis tvaru a hlavních rozměrů předního náboje .....	13
2.3 Popis tvaru a hlavních rozměrů zadního náboje.....	14
2.4 Analýza TK vyráběných součástí .....	15
2.4.1 Analýza TK předního náboje .....	15
2.4.2 Analýza TK zadního náboje.....	17
2.5 Úpravy konstrukce.....	18
2.6 Materiál nábojů.....	20
2.6.1 Materiál předního náboje .....	20
2.6.2 Materiál zadního náboje.....	20
3 Volba výrobních prostředků.....	21
3.1 Analýza výrobních prostředků.....	21
3.2 Specifikace výrobního stroje .....	22
4 Návrh postupu výroby .....	24
4.1 Volba polotovaru .....	24
4.1.1 Výpočet velikosti polotovaru .....	24
4.1.2 Výpočet koeficientu využití materiálu.....	25
4.1.3 Příprava polotovaru.....	26
4.2 Návrh postupu výroby předního náboje .....	26
4.3 Návrh postupu výroby zadního náboje .....	28
4.4 Volba soustružnických noží.....	29
4.5 Volba VBD .....	31
4.5.1 Volba VBD pro přední náboj.....	31



4.5.2 Volba VBD pro zadní náboj .....	31
4.5.3 Volba materiálu VBD .....	32
4.6 Volba nástrojů pro vrtání a frézování .....	32
4.7 Volba počátečních řezných podmínek pro soustružení .....	33
4.7.1 Řezné podmínky pro soustružení předního náboje .....	33
4.7.2 Řezné podmínky pro soustružení zadního náboje.....	34
4.7.3 Řezné podmínky pro frézování .....	35
4.7.4 Řezné podmínky pro vrtání.....	35
5 Zpracování programů pro NC stroj .....	36
5.1 Volba způsobů programování.....	36
5.2 Nastavení základních parametrů.....	37
5.3 Program pro výrobu předního náboje .....	38
5.4 Program pro výrobu zadního náboje .....	41
6 Závěr.....	43
7 Seznam použité literatury .....	44
8 Přílohy .....	45

## Seznam obrázků

Obr. 1.: Vnější tvar náboje .....	11
Obr. 2.: Celková sestava kola a náboje .....	12
Obr. 3.: Celkový model kola a náboje.....	13
Obr. 4.: Model předního náboje – částečný řez.....	13
Obr. 5.: Model předního náboje – vnější strana .....	14
Obr. 6.: Model zadního náboje – vnitřní strana.....	14
Obr. 7.: Model zadního náboje – částečný řez .....	15
Obr. 8.: Chybějící zaoblení .....	16
Obr. 9.: Dutina pro poloosu v zadním náboji.....	17
Obr. 10.: Zaoblené rohy na náboji.....	18
Obr. 11.: Změna výrobních tolerancí .....	19
Obr. 12.: Vzhled nábojů po úpravách.....	19
Obr. 13.: Obráběcí stroj CTX Beta 1250 TC [4].....	22
Obr. 14.: Soustružnický nůž hrubovací [7] .....	29
Obr. 15.: Soustružnický nůž dokončovací [7].....	30
Obr. 16.: Soustružnický nůž na neprůchozí otvory [7] .....	30
Obr. 17.: Soustružnický nůž na závity [7].....	30
Obr. 18.: Geometrie VBD pro soustružení předního náboje [8] .....	31
Obr. 19.: Geometrie VBD pro soustružení zadního náboje [8].....	32
Obr. 20.: Materiál VBD [8] .....	32
Obr. 21.: NC program .....	36
Obr. 22.: Hlavička programu.....	37
Obr. 23.: Tabulka nástrojů.....	37
Obr. 24.: Nastavení způsobu oddělování třísky .....	38
Obr. 25.: Nastavení parametrů závitu.....	39
Obr. 26.: Kontura pro frézování .....	40
Obr. 27.: Vnější část náboje .....	40
Obr. 28.: Frézování plunžrováním .....	41
Obr. 29.: Kontura pro frézování drážky .....	41
Obr. 30.: Vnitřní část zadního náboje.....	42

## Seznam tabulek

Tabulka 1.: Technické parametry stroje CTX Beta 1250 TC [4].....	23
Tabulka 2.: Seznam nástrojů pro vrtání a frézování.....	33
Tabulka 3.: Řezné podmínky pro vrtání [6]. .....	35
Tabulka 4.: Řezné podmínky pro frézování [10] .....	35

## Seznam příloh

Příloha č. 1 – NC program pro výrobu předního náboje (všité do vazby)
Příloha č. 2 – NC program pro výrobu zadního náboje (všité do vazby)
Příloha č. 3 – Systém označování soustružnických nožů dle normy ISO [7] (všité do vazby)
Příloha č. 4 – Rozdělení obrobitelnosti materiálů dle normy ISO [8] (všité do vazby)
Příloha č. 5 – Řezné rychlosti pro soustružení [8] (všité do vazby)
Příloha č. 6 – Technologický postup výroby předního náboje (všité do vazby)
Příloha č. 7 – Technologický postup výroby zadního náboje (všité do vazby)
Příloha č. 8 – Výkres předního náboje (volně vložený)
Příloha č. 9 – Výkres zadního náboje (volně vložený)
Příloha č. 10 – CD nosič se soubory práce a ostatních příloh (volně vložené)

## Seznam zkratk

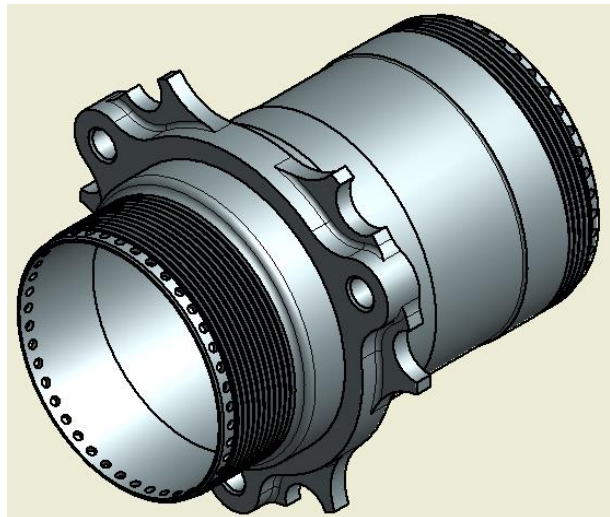
SAE	Society of Automotive Engineers
CAD	Počítačem podporované modelování (technické)
CAM	Počítačem podporované programování
NC	1. Číslicové řízení obráběcího stroje, 2. v přeneseném významu stroj s takovým řízením
CNC	1. Počítačové číslicové řízení, 2. v přeneseném významu stroj s tímto řízením
SNOP	Soustava stroj, nástroj, obrobek, přípravek
VBD	Vyměnitelná břitová destička
TK	Technologičnost konstrukce
PVD	Physical vapour deposition
ČSN	Československá státní norma

## 1 Úvod

Strojírenský průmysl v současné době potřebuje kvalifikované odborníky. Vedle teoretických znalostí je také velmi užitečné získání praktických zkušeností. Právě proto vznikla celá řada projektů, ve kterých studenti strojních fakult vymýšlejí, konstruují a vyrábějí méně, či více složité mechanismy, nebo celé stroje a jsou tak intenzivněji zapojeni do řešení reálných odborných problémů. Jednou z možností pro studenty, kde získat praktické znalosti, je projekt z názvem Formula SAE.

O tomto projektu lze bližší informace získat na stránkách brněnské Masarykovy univerzity. Zde se lze dočíst, že se jedná o prestižní mezinárodní soutěž, ve které studenti vymýšlejí a staví závodní formule dle předem stanovených pravidel. Tato soutěž vznikla původně ve Spojených státech amerických roku 1981 a postupně se rozšířila téměř po celém světě. Projektu se každoročně zúčastní přes pět set týmů z celého světa. Jednotlivé formule se hodnotí z hlediska několika kritérií, mezi která patří například test akcelerace, brzdného účinku nebo hluku výfukového systému. Dále je hodnocen vzhled, konstrukce, náklady na výrobu nebo spotřeba paliva [2].

Do soutěže se v sezóně 2016 zapojil i tým studentů ze Západočeské univerzity v Plzni. Formule je v současné době sestavena a zúčastnila se již několika závodů. Konstrukce je však z hlediska konkurenceschopnosti zastaralá a vyžaduje inovaci. V návrhu nových dílů vznikla celá řada součástí, které bude zapotřebí vyrobit. Tato práce se zabývá návrhem výroby předních a zadních nábojů kol formule. Vnější tvar nábojů je vidět na následujícím obrázku (viz *Obr. 1*). Vedle nových nábojů jsou navrženy také nové brzdové kotouče, uchycení kol a nové brzdy. Tyto součásti však nebudou v této práci řešeny. Hlavním důvodem výroby nových nábojů je snížení hmotnosti celého stroje.



**Obrázek 1.: Vnější tvar náboje**

Celkem je v plánu vyrobit dva kusy předních a dva kusy zadních nábojů. Tato práce tedy obsahuje vedle analýzy součástí a výrobních postupů také programy pro CNC stroje.

## 2 Popis vyráběných součástí a analýza jejich TK

S ohledem na předmět této práce je nyní vhodné věnovat pozornost konstrukci nábojů. Náboje pro uchycení předních a zadních kol mají stejný vnější tvar, ale liší se v použitém materiálu, v provedení vnitřního otvoru a částečně ve své funkci. Přední náboje mají hladký průchozí otvor. Zatímco otvory v zadních nábojích jsou opatřeny drážkami, které zajišťují přenos kroutícího momentu.

### 2.1 Postavení a funkce vyráběných součástí

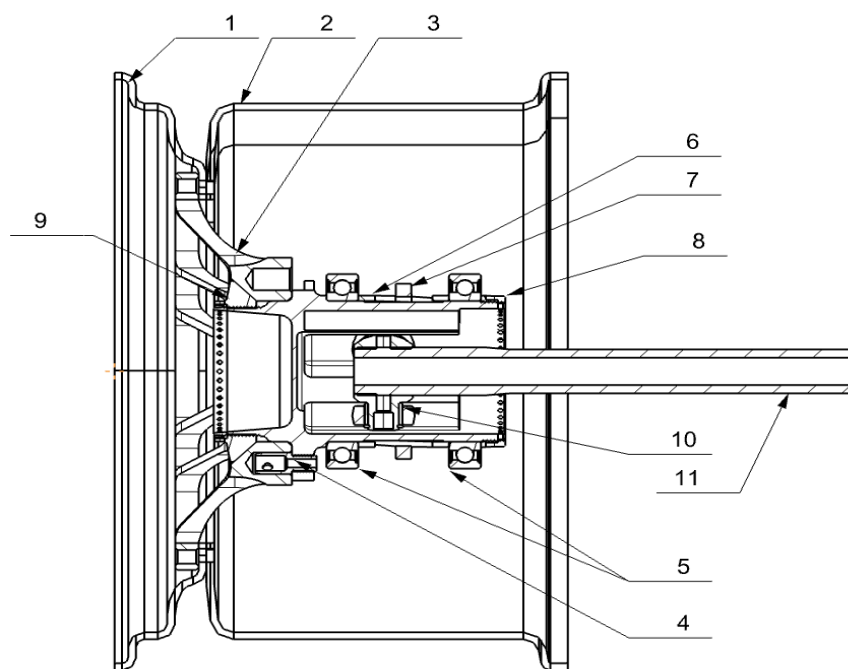
Náboje musejí zajišťovat nejen bezpečné uchycení kol, ale také přenos kroutícího a brzdového účinku. Vedle základních požadavků na funkčnost, kladli konstruktéři důraz zejména na snížení hmotnosti. Přední náboje jsou proto navrženy ze slitiny hliníku, zadní náboje z oceli s vysokou pevností.

Náboje kol jsou uchyceny rotačně dvěma kuličkovými ložisky v těhlici formule. Ložiska jsou nalisována na přesně vyrobených průměrech. Mezi vnitřními kroužky ložisek je rozpěrný kroužek, přes který jsou ložiska utažena centrální maticí. Tato matice je pojištěna proti povolení závlačkami. Těhlice je spojena kulovými čepy a rameny s rámem formule. Uchycení předních těhlic, na rozdíl od zadních, umožňuje natáčení kol a tím změnu směru jízdy. Na zadní náboje je poloosami přenášen kroutící moment od motoru přes převodovku a diferenciál. Tento přenos je realizován pomocí tří tvarových drážek zhotovených ve vnitřním otvoru náboje, do kterých zapadá konec poloosy. V nábojích předních kol je zhotovena hladká průchozí díra, která slouží pouze pro odlehčení. Celá sestava uložení kol je vidět na následujících obrázcích (viz *Obr. 1, 2*).



Obrázek 2.: Celkový model kola a náboje

Na vnější straně nábojů je po obvodu umístěno šest rádiusů R8. V těchto zaobleních je nanýtován brzdový kotouč. Kolo je vystředěno na přesně zhotoveném průměru a je dotaženo centrální maticí. Přenos brzdného a hnacího momentu z nábojů na kola je realizován třemi čepy procházejícími skrz náboje a disky kol.

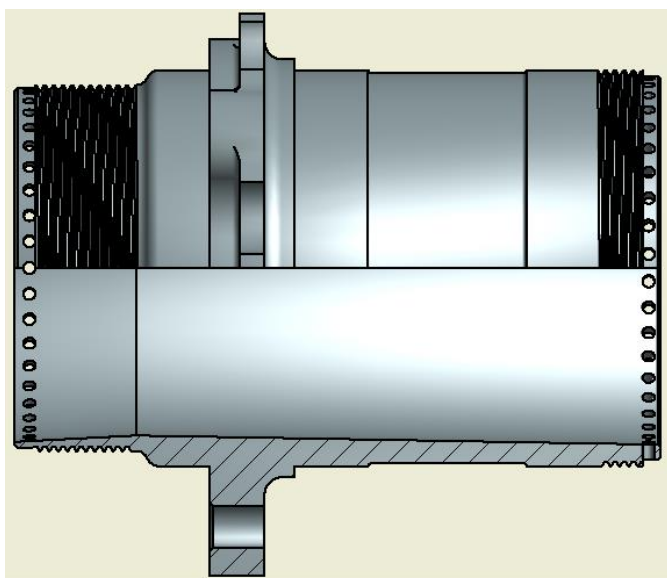


**Obrázek 3.: Celková sestava kola a náboje**

1,2 – disk kola, 3 – střed kola, 4 – unášecí čep kola, 5 – ložiska, 6 – rozpěrný kroužek, 7 – měřicí kroužek (otáček); 8 – náboj kola; 9 – centrální matice, 10 – kloub poloosy; 11 – poloosa

## 2.2 Popis tvaru a hlavních rozměrů předního náboje

Celková délka nábojů je 115 mm, největší průměr je  $\varnothing 101$  mm. Z vnitřní strany (strana umístěná blíže k rámu formule – pravá strana obrázku) je zhotovené osazení pro nalisování ložisek (viz Obr. 4). Osazení se skládá ze dvou přesně zhotovených průměrů o velikosti  $\varnothing 65$  mm s tolerancí k4. Mezi těmito plochami je odlehčení pro snazší montáž vzdálenějšího ložiska od kraje součásti. Na průměru  $\varnothing 65$  mm je dále umístěn závit M65x1,5. Na konci náboje je válcová plocha o průměru  $\varnothing 62,8$  mm, na které je po obvodu

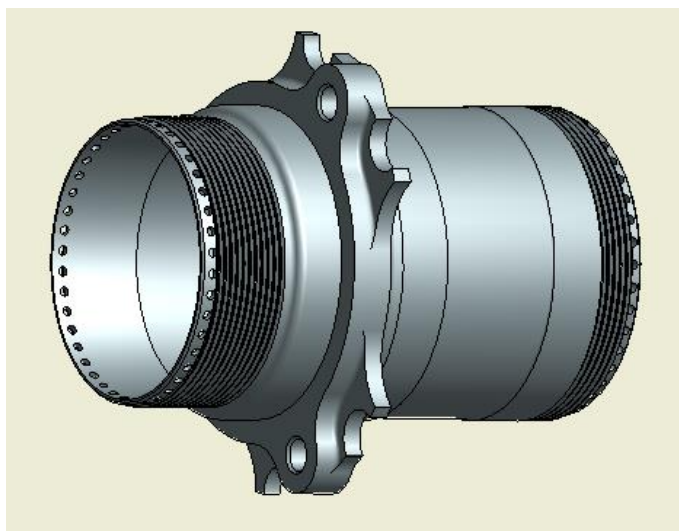


**Obrázek 4.: Model předního náboje – částečný řez**

umístěno čtyřicet děr o velikosti  $\varnothing 2$  mm. V ose součásti je kuželovitá díra, která se směrem ke středu zužuje, jak je vidět na obrázku. Na nábojích je dále ke středu umístěno osazení o

průměru  $\varnothing 70$  mm a délce 74 mm. Toto osazení je zakončeno zaoblením R4 a rovným čelem. Rádus je zde umístěn z důvodu minimalizace hromadění pnutí a tím ke zvýšení pevnosti.

Z vnější strany nábojů (strana umístěná blíže ke kolu – levá strana obrázku) je umístěn vnější závit M60x1,5 pro utažení kola (viz *Obr. 5*). Na levém náboji je levotočivý závit a na pravém náboji je závit pravotočivý, aby nedocházelo k povolování kola. Na konci součásti je osazení, ve kterém jsou po obvodu opět umístěny díry o průměru  $\varnothing 2$  mm. Za závitem směrem ke středu obrobku je průměr  $\varnothing 65$  f6 mm. Tento průměr slouží pro přesné ustavení kola, které je velice důležité z hlediska minimalizace vibrací, jež vznikají při rotaci mimo osu rotace. Přejechod mezi závitem a tímto průměrem je řešen rádusy R2, aby nedocházelo ke vzniku pnutí.

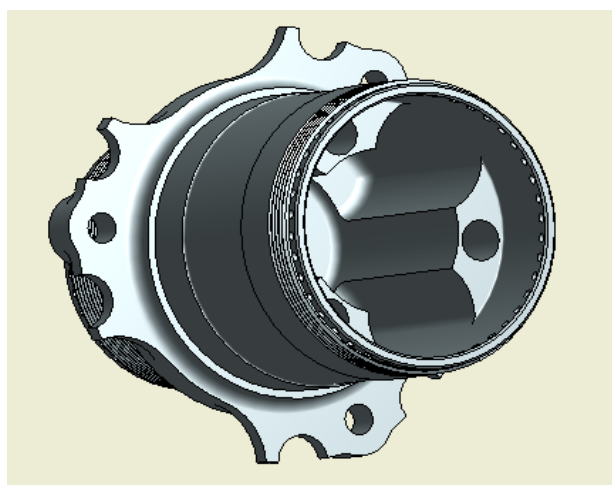


**Obrázek 5.: Model předního náboje – vnější strana**

Ve středu obrobku jsou umístěny nerotační plochy. Na průměru  $\varnothing 96$  mm jsou zhotovena zaoblení o rozměrech R6. Brzdový kotouč je upevněn nýty v těchto zaobleních. Na čele tvarové plochy jsou tři závity M8, které slouží pro upevnění unášecích čepů.

### 2.3 Popis tvaru a hlavních rozměrů zadního náboje

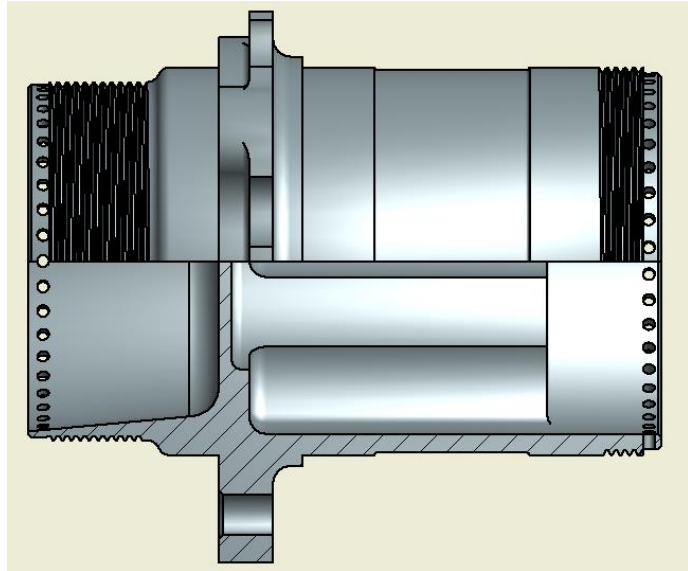
Vnější část zadního náboje je stejná s částí náboje předního. Tato část byla popsána v předchozí kapitole. V náboji je z vnitřní strany (strana umístěná blíže k rámu formule) navržena díra s osazením (viz *Obr. 6*). Od okraje součásti je otvor osazen na průměr  $\varnothing 57,9$  mm, délka osazení je 19 mm. Na tento osazený průměr navazují tři drážky natočené po  $120^\circ$ . Tyto kapsy zajišťují, jak již bylo řečeno výše, přenos kroutícího momentu z poloos na náboj. Drážky mají na bocích rádus R12,85 mm, sahají do hloubky 82 mm a přecházejí



**Obrázek 6.: Model zadního náboje – vnitřní strana**

radiusem R4 na průměr  $\varnothing 57,9$  mm. Na konci je rovné čelo a přechod je opět řešen rádiusem R4. Ve zbylém materiálu jsou díry o průměru  $\varnothing 8$  mm a délce 82 mm. Tyto díry slouží pro odlehčení součásti.

Z vnější strany náboje je umístěn neprůchozí kuželový otvor o největším průměru  $\varnothing 56$  mm a délce 32 mm, jak je vidět na levé části následujícího obrázku (viz Obr. 7). Díra je zakončena rovným čelem s přechodovým rádiusem R5. Tento otvor je umístěn na náboji pouze z důvodu odlehčení součásti. Uprostřed náboje je přepážka. Tato přepážka je zde, protože je zapotřebí mazat konec poloosy a je zároveň nutné zamezit, aby do tohoto prostoru pronikaly nečistoty z vnějšího prostředí.



Obrázek 7.: Model zadního náboje – částečný řez

## 2.4 Analýza TK vyráběných součástí

Provedení analýzy technologičnosti konstrukce je nezbytné pro návrh výrobní technologie a pro určení, zda je součást vyrobitelná. Popřípadě pro návrh změn koncepce výrobku, aby se zlepšila jeho vyrobitelnost při zachování funkce a užitných vlastností. Pokud se jedná o výrobu prototypu, měl by v ideálním případě tuto analýzu provádět technolog s konstruktérem již při návrhu výrobku, aby bylo možné minimalizovat náklady a optimalizovat výrobu již během konstrukce. Základní tvar součástí je rotační. Je tvořen válcovými, kuželovými a rovinnými plochami čel. Také obsahuje přechodové rádiusy, sražení hran a nerotační plochy. Vzhledem k těmto tvarům a předepsaným přesnostem je jasné, že náboje je nutné vyrábět třískovým obráběním [1].

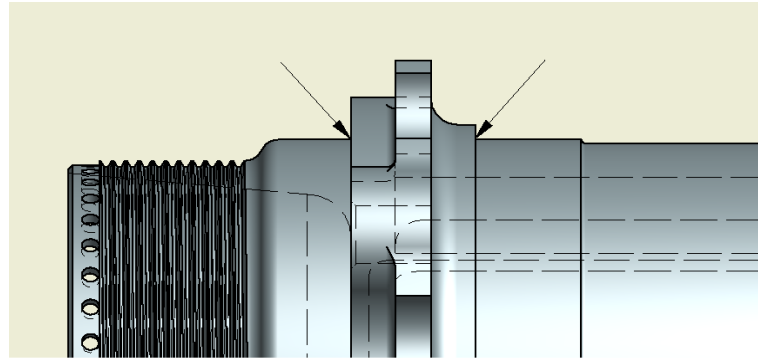
### 2.4.1 Analýza TK předního náboje

Průměry  $\varnothing 65$  mm pro ložiska jsou v toleranci k4 s drsností povrchu Ra 0,8  $\mu\text{m}$ . Této přesnosti a předepsané drsnosti povrchu není zpravidla možné dosáhnout soustružením. Plochy je tedy nezbytné brousit na hrotové brusce. Odlehčení mezi těmito dvěma průměry, vzhledem k předepsané drsnosti povrchu, je vyrobitelné soustružením. Z výkresu ale není jasný přechod mezi čelem a vzdálenějším průměrem od kraje součásti pro uchycení ložiska.



V tomto přechodu není zakótovaný rádius, který vznikne vlivem zaoblení špičky nože nebo v tomto případě při broušení. Měl by být tedy zakótovaný minimální rádius nebo zápich (viz Obr. 8). Tato část bude konzultována s konstruktérem s požadavkem na upřesnění.

Osazení o průměru  $\varnothing 70$  mm, které je zakončeno rádiusem R4, je možné vyrobit na soustruhu s NC řízením bez použití speciálního nářadí. Závit M65x1,5 je snadno přístupný a je možné ho vyříznout závitovým nožem. Osazení o průměru



Obrázek 8.: Chybějící zaoblení

$\varnothing 62,8$  mm je možné vzhledem k předepsané přesnosti zhotovit soustružením. Na této ploše jsou umístěny díry o průměru  $\varnothing 2$  mm, jejichž osy směřují kolmo na osu otáčení. Stejně díry pro zajištění matice jsou i na druhé straně náboje. Toto umístění děr vyžaduje speciální nářadí a prodraží tedy výrobu. Otvory mohou být vyvrtány na frézce, která je vybavena dělicím přístrojem nebo na CNC soustružnickém centru, které disponuje kromě hlavního vřetena také frézovací hlavou.

Díra ve středu součásti neklade žádné velké nároky na přesnost výroby. Nevýhodou při výrobě této díry je její kuželovitost. Otvor má největší průměry po stranách obrobku a směrem ke středu součásti se díra zužuje. Je tedy nutné nejprve otvor předvrtat a poté obrábět z jedné a z druhé strany. Problémem při výrobě této díry, by mohla být tenkostěnnost obrobku. Na konci součástí je síla stěny pouze 1 mm. Takto slabá stěna je na hranici vyrobitelnosti a mohlo by při výrobě dojít k jejímu zborcení. Tato část součásti bude ještě konzultována s konstruktérem s požadavkem na změnu.

Osazení z vnější strany náboje o průměru  $\varnothing 57,8$  mm neklade žádné zvýšené nároky na přesnost a je tedy vyrobitelné soustružením. Dalším prvkem součásti je závit M60x1,5 levý nebo pravý, dle umístění náboje na formuli. Tyto závity je možné vyrobit bez použití speciálního nářadí závitovým nožem stejně jako v předchozím případě. Součást dále pokračuje dvěma rádiusy R2, které navazují na průměr mezi závitem a osazením o průměru  $\varnothing 65$  f6 a drsnosti povrchu Ra 0,8  $\mu\text{m}$ . Tyto rádiusy jsou vyrobitelné soustružnickým nožem na CNC stroji. Osazení o průměru  $\varnothing 65$  f6 je nutné brousit. Čelo, které navazuje na tento průměr,

má předepsanou kolmost 0,05 mm vůči průměru pro vystředění kola a drsnost povrchu Ra 0,8  $\mu\text{m}$ . Je tedy nutné pro dosažení předepsané drsnosti povrchu čelo opět brousit.

Nerotační plochy umístěné ve středu součásti je možné vyrobít frézováním na CNC stroji s použitím válcové čelní frézy. Výhodou u frézování těchto ploch je to, že je možné vyfrézovat tyto plochy z jedné strany na jedno upnutí, což zkracuje čas při výrobě a zvyšuje přesnost díky minimalizaci upnutí. Díry se závitem M8 mají předepsanou toleranci polohy 0,1 mm. Tato tolerance není nijak vysoká a je tedy možné díry vyrobít na CNC frézce.

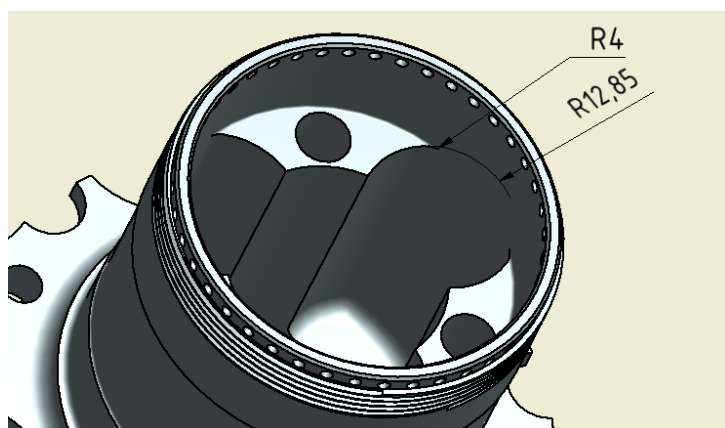
Náboje mají poměrně slabé stěny a tím nízkou tuhost. Tuto skutečnost je třeba vzít v potaz při samotné výrobě, aby nedošlo k deformaci obrobků. Zejména pak úpravou řezných rychlostí, snížením hloubky třísky nebo využitím soustružnického nože s menším rádiusem špičky, aby nedocházelo k velkému odtlačování obrobku vlivem řezných sil. Při upínání je také důležitá správná volba upínače, který má vliv na rozložení upínací síly. V tomto případě se jeví jako výhodné využití měkkých upínacích čelistí na soustruhu.

#### 2.4.2 Analýza TK zadního náboje

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, přední náboj má shodný vnější tvar jako náboj zadní. Tato analýza bude tedy zaměřena pouze na vnitřní otvory součásti.

Otvory o průměru  $\varnothing 36,4$  mm a  $\varnothing 57,9$  mm je možné vyrobít na soustruhu. Díru je nutné nejprve vhodným vrtákem předvrtat a posléze dokončit soustružnickým nožem na neprůchozí otvory. Otvory o průměru  $\varnothing 8$  mm je možné vyvrtat na frézce.

Problém nastane při výrobě třech drážek pro poloosu. Tyto drážky přecházejí rádiusem R4 na průměr  $\varnothing 57,9$  mm. Výroba by tedy vyžadovala použití frézy o průměru  $\varnothing 8$  mm do hloubky 82 mm, což je více než desetinásobek průměru frézy (viz Obr. 9). V praxi je přitom možné frézovat bez použití



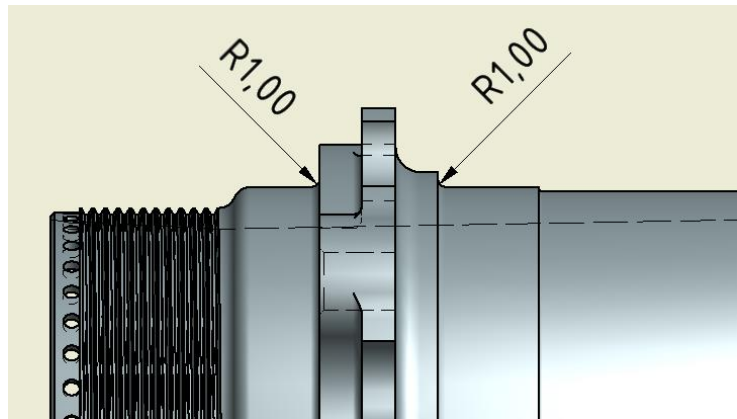
Obrázek 9.: Dutina pro poloosu v zadním náboji

speciálního nářadí do hloubky okolo pětinašobku průměru frézy. Při hlubším frézování dochází k rozkmitání nástroje a tím k narušení stability řezných sil. U neprůchozích otvorů také nastává problém s odvodem třísek. V praxi tak dochází ke špatnému povrchu obrobene

plochy, ke kuželovitosti drážky nebo ke zlomení frézy vlivem nahromaděných třísek. Tento problém bude konzultován s konstruktérem s požadavkem na změnu konstrukce. Pokud to nebude možné, přichází v úvahu využití elektroerozivního obrábění, které značně prodraží výrobu.

## 2.5 Úpravy konstrukce

Po konzultaci s konstruktérem byly upraveny některé části nábojů. Ostré hrany popsané v předchozí kapitole nahradil konstruktér zaoblením s poloměrem 1 mm (viz *Obr. 10*). Tyto úpravy napomohou při výrobě.



Obrázek 10.: Zaoblené rohy na náboji

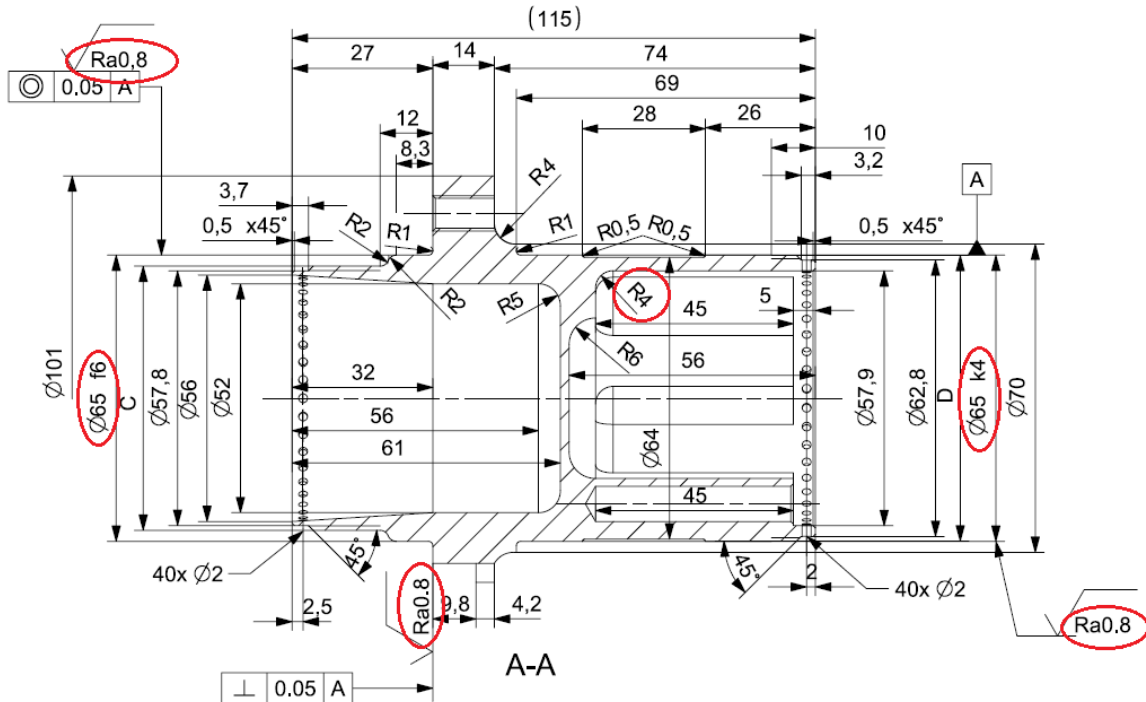
Další úpravou, kterou provedl konstruktér, je snížení hloubky

díry pro poloosu a zvětšení rádiusu R4 na rádius R5. Hloubka díry byla snížena z celkových 85 mm na 56 mm. Této změny bylo docíleno zkrácením osazení o průměru  $\varnothing 57,9$  mm z původních 19 mm na 5 mm. Drážky pro poloosy byly také zkráceny a to z 63 mm na 45 mm. Vlivem těchto úprav musela být prodloužena díra z vnější části náboje z původních 32 mm na 56 mm (viz *Obr. 11*). Tyto úpravy umožňují použití válcové čelní frézy o průměru  $\varnothing 10$  mm do hloubky 45 mm. Tím se snížil poměr frézování z původního desetinásobku na pětinásobek délky frézy. Výrobu drážek je tedy možné realizovat frézováním bez použití elektroerozivního obrábění. Tím se výrazně zlevní a zkrátí výroba. Odpadne také nutnost využití speciálního nářadí v podobě elektrody, kterou by bylo nutné navrhnout a vyrobit pro elektroerozivní obrábění.

Konstruktér dále změnil předepsané tolerance na průměrech pro ložiska a pro vystředění kola (viz *Obr. 11*). Tolerance průměrů pro ložiska byla změněna z původních  $\varnothing 65$  k4 na  $\varnothing 65$  k6. Tolerance průměru pro vystředění kola byla změněna z f6 na f8. S touto změnou také souvisí změna předepsaných drsností povrchu a to z původních Ra 0,8  $\mu\text{m}$  na Ra 1,6  $\mu\text{m}$ . Jelikož se jedná o kusovou až prototypovou výrobu, tyto plochy je možné zhotovit soustružením. Takto přesné rozměry jsou velice náchylné na seřízení stroje. Proto by bylo nutné v sériové výrobě tyto rozměry brousit, aby nedocházelo k velkému počtu neshodných

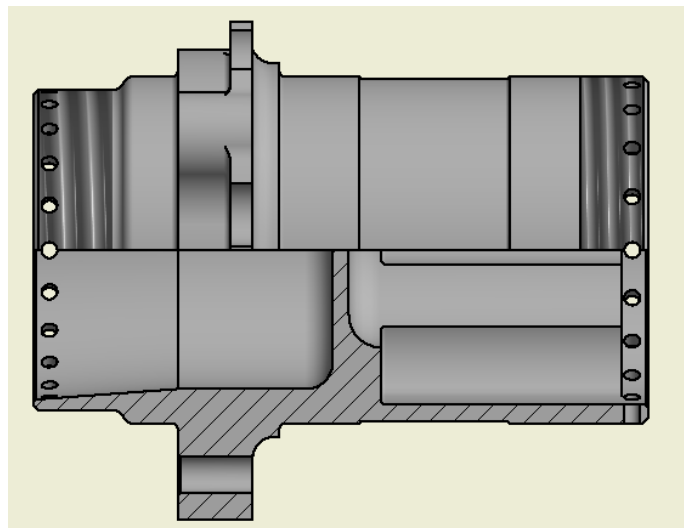
kusů. V prototypové výrobě je však vzhledem k ustavování obrobku a seřizování více výrobních strojů výhodnější tyto plochy vyrobit hotově soustružením.

Dále byla provedena změna rádiusu mezi drážkami pro poloosy a přilehlým čelem. Rádius byl změněn z původního R4 na R1-min (viz Obr. 11). To umožní použití válcové čelní frézy s minimálním rádiusem špičky o poloměru 1 mm na místo původní kulové frézy.



Obrázek 11.: Úpravy konstrukce zadního náboje

Poslední úpravou, kterou provedl konstruktér, bylo odstranění vnějších osazení na koncích nábojů o průměrech  $\varnothing 62,8$  a  $\varnothing 57,8$  mm. Tím se zvětšila stěna obrobku. Díry pro zajištění matice byly na obou koncích obrobku zvětšeny z průměru  $\varnothing 2$  mm na průměr  $\varnothing 3+0,2$  mm a jejich počet se zredukoval na dvacet dva na každé straně z původních čtyřiceti otvorů. Model nábojů po všech úpravách je vidět na následujícím obrázku (viz Obr. 12)



Obrázek 12.: Vzhled nábojů po úpravách

## **2.6 Materiál nábojů**

### **2.6.1 Materiál předního náboje**

Přední náboj je vyroben ze slitiny hliníku s označením EN AW 7075. Tato slitina se vyznačuje vysokou pevností povrchu. Používá se na vysoce namáhané součásti, kde je kladen důraz na malou hmotnost, například v leteckém průmyslu na výrobu přepážek, žeber, krytů nebo výztuží [3].

Tento materiál je zařazen, podle hodnocení obrobitelnosti normy ISO 513, do skupiny s označením N. V této skupině jsou neželezné kovy, slitiny hliníku a mědi. Tato slitina se vyznačuje dobrou obrobitelností. Tabulka s jednotlivými skupinami materiálů, rozdělenými podle obrobitelnosti je přiložena v přílohách [8].

### **2.6.2 Materiál zadního náboje**

Zadní náboj je vyroben z oceli 34CrNiMo6, podle normy ČSN odpovídá tomuto materiálu ocel s označením ČSN 16 343. Tento materiál je používán pro vysoce namáhané strojní součásti. Například pro výrobu klikových hřídelí, částí řízení, hnací hřídele, nebo lopatek oběžných kol [3].

Tato ocel patří do skupiny obrobitelnosti s označením P. V této skupině jsou zařazeny oceli uhlíkové, tedy nelegované, legované, nástrojové, feritické a martenzitické korozivzdorné oceli. Ocel se obrábí ve stavu žíhaném naměkko. Součásti určené k zušlechťování se nejprve vyhrubují v žíhaném stavu, poté se zušlechtí a obrobí se na čisto. Vlivem vysoké houževnatosti je obrábění materiálu obtížné [8].

### 3 Volba výrobních prostředků

Před zahájením volby strojů pro výrobu je potřeba si ujasnit základní fakta, jako je počet vyráběných kusů, požadovaná přesnost nebo sériovost výroby. Celkem by se měly vyrobit čtyři kusy nábojů, dva přední a dva zadní. Když vezmeme v úvahu zmetkovitost a najetí prvního kusu, bude celkem vyrobeno čtyři až šest kusů nábojů. Jedná se tedy o kusovou výrobu.

#### 3.1 Analýza výrobních prostředků

V analýze technologičnosti konstrukce byly zmíněny požadavky na výrobní stroje. Z důvodu tvarové složitosti a předepsané přesnosti obrobků je zřejmé, že náboje je nutné vyrobit na NC strojích. Speciální nástroje pro klasické stroje v podobě tvarových nožů jsou nákladné a nevyplatily by se z důvodu malého počtu vyrobených kusů. Při použití obráběcích strojů jako CNC frézek a CNC soustruhů si výroba vyžádá několik výrobních operací. Je nutné nejprve vysoustružit rotační plochy a následně přemístit součást na CNC frézku, kde mohou být vyfrézovány nerotační plochy a vyvrtány díry mimo osu otáčení obrobku. Pro výrobu děr umístěných po obvodu součásti kolmo na osu otáčení by bylo nutné použití frézky s univerzálním dělicím přístrojem.

Výroba by měla být realizována v prostorách Západočeské univerzity na Fakultě strojní. Univerzita disponuje několika stroji od klasických soustruhů a frézek, přes CNC stroje až po obráběcí centra. Pro soustružení obrobku mohou být použity soustruhy Masturn 50, Mazak Quick Turn Nexus 250 II, nebo obráběcí centrum CTX Beta 1250 TC. Tyto stroje vyhovují jak z hlediska velikosti obráběných součástí, tak z hlediska výkonu. Pro frézování mohou být použity stroje DMU 40 Evo Linear nebo MAS MCV 750A. Tyto stroje opět vystačí svým výkonem a prostorem pro obrábění.

Nevýhodou při použití frézky a soustruhu je jednak vícenásobné upínání a jednak použití speciálního příslušenství v podobě dělicího přístroje, jak již bylo výše zmíněno. Dalším problémem při výrobě by bylo složité upínání obrobku při frézování. Obrobek by musel být upnut na výšku do svěráku. Při tomto druhu upnutí dochází pouze k čárovému styku čelistí svěráku s obrobkem. Toto upnutí by mohlo, vzhledem ke slabým stěnám, zdeformovat obrobek. Pro pevnější upnutí by bylo potřeba upnout na stůl univerzální sklíčidlo a do tohoto sklíčidla součást upnout. Popřípadě použít pro upínání prismatický svěrák, aby se zvětšila styčná plocha mezi upínačem a obrobkem.

Vzhledem k těmto skutečnostem byl pro výrobu zvolen stroj CTX Beta 1250 TC. Na tomto stroji je možné vyrobít celý obrobek na dvě upnutí, přičemž druhé upnutí bude provedeno automaticky. Použitím tohoto stroje odpadají manipulační časy na přemístění obrobku mezi jednotlivými stroji a odstraní se zdlouhavé zakládání a najíždění obrobku. Díky minimálnímu počtu upnutí se také výrazně zpřesní výroba.

### 3.2 Specifikace výrobního stroje

Obráběcí centrum CTX Beta 1250 TC je vidět na následujícím obrázku (viz *Obr. 13*). Při pohledu na stroj jako první zaujme jeho vzhled a moderní design. Na obrázku je vidět, že stroj je vybaven frézovacím vřetenem. Touto frézovací hlavou je možné pohybovat ve čtyřech osách. Vedle základních pohybů v osách  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , je také možné hlavu natáčet. Frézovací vřeteno může být použito při výrobě nábojů například na vyvrtání děr kolmo na osu otáčení, pro vyfrézování nerotačních ploch nebo pro upnutí soustružnického nože. Na obrázku je dále vidět protivřeteno, kterým je stroj vybaven. Toto vřeteno může být využito pro automatické přeupnutí obrobku po obrobení první strany součásti. Stroj je také vybaven suportem, který je vidět ve spodní části obrázku. Do tohoto suportu je možné upnout několik nástrojů, mimo jiné i automaticky ovládanou lunetou pro podepření dlouhých součástí. Vlevo na obrázku je vidět zásobník nástrojů. Tento zásobník má dvacet čtyři pozic. Stroj je dále vybaven vysokotlakým chlazením a dopravníkem pro automatický odvod třísek [4].



Obrázek 13.: Obráběcí stroj CTX Beta 1250 TC [4]

Parametry stroje jsou uvedeny v následující tabulce (viz. *Tab. 1*). Jedním z důležitých parametrů je točná délka a točný průměr součásti. Jak je vidět v tabulce, tyto parametry bohatě postačují pro výrobu nábojů. Dalšími, neméně důležitými hodnotami, jsou maximální otáčky vřeten, výkon a přesnost polohování. Vzhledem k použitému materiálu a k nástrojům pro vrtání a frézování lze říci, že tyto parametry opět vyhovují pro použití tohoto stroje.

Parametry stroje CTX Beta 1250 TC	
Typ stroje	Víceosé obráběcí centrum
Výrobce	Gildemeister
Model	CTX Beta 1250 TC
Točný průměr	ø390 mm
Točná délka	1250 mm
Vrtání hlavního vřetene	ø65 mm
Maximální otáčky hlavního vřetena	5 000 ot/min
Maximální otáčky protivřetena	6 000 ot/min
Maximální otáčky frézovacího vřetena	12 000 ot/min
Přesnost polohování	0,001°
Řídicí systém	Sinumeric 840D
Výkon hlavního motoru	34 kw
Zásobník nástrojů	24 pozic
Maximální váha nástroje	7 kg

**Tabulka 1.: Technické parametry stroje CTX BETA 1250 TC [4]**

Volbu nástrojů bude vhodné provést až v rámci návrhu výroby s ohledem na vybavení pracoviště a na jednotlivé výrobní úkony.



## 4 Návrh postupu výroby

Návrh postupu výroby vychází z analýzy technologičnosti konstrukce a ze zvoleného výrobního stroje. Tato část je jedním z klíčových bodů celé práce. Řeší, jak se budou dané součásti vyrábět a ovlivňuje další postup v práci – tvorba výrobního postupu a programování NC stroje. Návrh by měl obsahovat jednotlivé varianty výroby a zdůvodnění, proč je zvolená varianta nejvýhodnější. Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, výroba se bude realizovat na multiprofesním obráběcím stroji. To nám zajistí vyšší produktivitu práce a vyšší přesnost výroby.

### 4.1 Volba polotovaru

#### 4.1.1 Výpočet velikosti polotovaru

Pro výrobu součásti daných rozměrů je nutné určit vhodné přídavky na obrábění. Přídavek na obrábění je objem, který bude odebrán ve formě třísek z polotovaru tak, aby vznikla součást předepsaných rozměrů a tvaru dle zadaného výkresu. Celkový přídavek na obrábění obsahuje přídavky na hrubování a na dokončovací operace, jako je například jemné soustružení nebo broušení. Výpočet velikosti polotovaru je stejný pro přední i zadní náboj. Tyto výpočty jsou provedeny v následujících rovnicích [11].

**Určení přídavku na průměru:**

$$P_d = \frac{5d_{S\ MAX}}{100} + 2 \ [mm] \quad [9]$$

$$P_d = \frac{5 \cdot 101}{100} + 2 = 7,05 \ mm$$

$P_d$  ... přídavek na průměr

$d_{S\ MAX}$  ... maximální průměr součásti

**Určení průměru polotovaru:**

$$D_P = d_{S\ MAX} + P_d \ [mm] \quad [9]$$

$$D_P = 101 + 7,05 = 108,05 \ mm$$

Z tabulek by se měl následně určit nejbližší vyšší průměr polotovaru. Vzhledem k malému rozsahu ploch na nejvyšším průměru obrobků a vzhledem k tomu, že tyto plochy nejsou

funkční, bylo rozhodnuto zvolit nejbližší nižší průměr, tedy  $\varnothing 105$  mm. Při správném upnutí materiálu do stroje by měl být tento materiál více než dostačující.

#### Určení délky polotovaru:

$$L_p = l_s + p_l \text{ [mm]} \quad p_l = 2 \cdot p_{\check{c}} \text{ [mm]} \quad [9]$$

$$L_p = 115 + 6 = 121 \text{ mm} \quad p_l = 2 \cdot 3 = 6 \text{ mm}$$

$l_s$  ... délka součásti

$p_l$  ... přídavek na zarovnání čela

$p_{\check{c}}$  ... přídavek na délku

#### 4.1.2 Výpočet koeficientu využití materiálu

$$K_{m1kus} = \frac{m_{\check{c}}}{m_h} \cdot 100 [\%] \quad [9]$$

$K_{m1kus}$  ... koeficient využitelnosti materiálu pro jeden kus

$m_{\check{c}}$  ... čistá hmotnost obrobku (Určená z CAD modelu)

$m_h$  ... hrubá hmotnost polotovaru

$$m_h = m_{1mDp*} \cdot L_p \text{ [Kg]}$$

$m_{1mDp*}$  ... hmotnost jednoho metru tyče polotovaru průměru  $D_p$  (určená z tabulek)

#### Výpočet využití materiálu předního náboje:

$$m_h = m_{1mDp*} \cdot L_p = 24,2 \cdot 0,121 = 2,928 \text{ Kg} \quad [9]$$

$$K_{m1kus} = \frac{m_{\check{c}}}{m_h} \cdot 100 = \frac{0,246}{2,928} \cdot 100 = 8,4 \%$$

#### Výpočet využití materiálu zadního náboje:

$$m_h = m_{1mDp*} \cdot L_p = 68,4 \cdot 0,121 = 8,276 \text{ Kg} \quad [9]$$

$$K_{m1kus} = \frac{m_{\check{c}}}{m_h} \cdot 100 = \frac{1,283}{8,276} \cdot 100 = 15,5 \%$$

Využití materiálu je v obou případech velice malé. V sériové výrobě by bylo nutné jako polotovar použít přesné odlitky, nebo výkovky. Při volbě polotovaru pro přední náboj by bylo možné uvažovat o použití trubky. Rozměrům obrobku však žádná trubka z nabízeného sortimentu neodpovídá [9].

#### **Polotovar předního náboje:**

Jako polotovar pro výrobu předního náboje je použita tyč kruhová o průměru  $\varnothing 105$  mm a délce 121 mm. Označení polotovaru je TYČ KRUHOVÁ 105 EN AW 7075 [3].

#### **Polotovar zadního náboje:**

Jako polotovar pro výrobu zadního náboje je použita tyč kruhová o průměru  $\varnothing 105$  mm a délce 121 mm. Označení polotovaru je TYČ KRUHOVÁ 105 ČSN 425510-16343 [3].

### **4.1.3 Příprava polotovaru**

Prvním krokem při výrobě je příprava polotovaru. Polotovar je vhodné nařezat na pásové pile. Při řezání je důležité dodržet předepsanou délku a kolmost řezu, aby mohl být materiál zarovnan načisto soustružením. Na pásových pilách dochází často vlivem opotřebení k podřezávání. To znamená, že řez není kolmý. Podřezání může způsobit nedostatečnou délku polotovaru na jedné straně a tím znehodnocení materiálu. S tímto problémem je třeba počítat, a popřípadě zvýšit přídavek na délku polotovaru o podřez pily.

## **4.2 Návrh postupu výroby předního náboje**

Postup výroby vnější části nábojů je stejný. Soustružení a frézování součástí by se mělo provádět na stroji CTX Beta 1250 TC. Jelikož mají náboje poměrně slabé stěny, a tím nízkou tuhost, je potřeba při výrobě ubírat materiál menšími třískami. Jinak by mohlo hrozit zdeformování obrobků.

Při výrobě je velice důležité rychlé a pevné upnutí. Tuhost upnutí výrazně ovlivňuje řezné podmínky při obrábění. Materiál je tedy vhodné upnout do kalených čelistí univerzálního sklíčidla a čelo obrobku opřít o sklíčidlo. Opření obrobku čelem o sklíčidlo zamezí zasouvání obrobku vlivem řezných sil při obrábění. Po upnutí je nezbytné zkontrolovat obvodové házení polotovaru. Házení nesmí být vyšší než jeden milimetr, aby bylo možné začistit největší průměr a aby nedošlo k ulomení špičky nože vlivem nestejně hloubky řezu. Pokud je házení vyšší, musí se polotovar očistit a znovu upnout. Po pečlivém upnutí následuje samotné obrábění.

Nejprve se zarovná čelo polotovaru soustružnickým nožem s přídávkem 0,15 mm. Dalším krokem je vyhrubování osazení z vnitřní strany náboje o délce 74 mm a 69 mm s přídávkem 0,5 mm. Pro zarovnání čela a vyhrubování vnějších osazení je vhodné použití rohového nože. Po vyhrubování následuje obrábění čela na průměr  $\varnothing 55$  mm a průměrů  $\varnothing 64$  mm,  $\varnothing 65$  k6 načisto. Soustružení kontury je vhodné provést stranovým nožem s malým úhlem špičky, aby bylo možné zhotovit odlehčení mezi průměry pro ložiska. Dalším krokem při výrobě nábojů je vyvrtání děr po obvodu obrobku. V tomto případě je výhodné vyvrtat díry vrtákem na středící dŮlky o průměru  $\varnothing 3,15$  mm. Tento vrták je nezbytné zapustit tak hluboko, aby kuželová část vrtáku jemně srazila hranu vyvrtané díry. Tímto způsobem je možné zhotovit díry načisto. Po obvodu je celkem dvacet dva děr. Tyto díry se musejí vrtat postupně, po každém zhotoveném otvoru se pootočí vřeteno soustruhu na daný úhel a vyvrtá se další díra. Dále se vysoustruží závit M65x1,5. Pro výrobu závitu může být použit soustružnický nůž na závity. Kontrola závitu postačí našroubováním protikusy, tedy matice pro zajištění ložisek. Matice by měla jít našroubovat volně bez vůle. Po dokončení soustružení se zhotoví vnitřní otvory. Tady se bude postup výroby předních a zadních nábojů lišit. Otvory v předním náboji je možné zhotovit vrtáním a soustružením, zatímco otvor pro poloosu v zadním náboji se musí soustružit a frézovat.

Průchozí díra v předním náboji se nejprve vyvrtá a poté dokončí soustružením. V ose otáčení se navrtá středící dŮlek pro navedení vrtáku a vyvrtá se otvor o průměru  $\varnothing 25$  mm. Nejprve vrtákem  $\varnothing 10$  mm a následně vrtákem o průměru  $\varnothing 25$  mm. Po vyvrtání se otvor vysoustruží vnitřním soustružnickým nožem načisto z jedné strany. Pro tuto operaci může být použit vnitřní soustružnický nůž na průchozí nebo neprůchozí otvory. Po provedení všech těchto úkonů se obrobek upne do protivřetena a obrobí se druhá strana.

Jelikož se bude obrobek upínat za již obrobené plochy, je potřeba použít měkké čelisti. V těchto čelistech je možné vysoustružit otvor odpovídající upínanému průměru. Díky tomu čelisti upnou obrobek velkou plochou a nedochází k otláčení již vyrobených ploch. Je také vhodné, vzhledem ke slabým stěnám obrobků, snížit upínací tlak a snížit hloubku řezu při hrubování. Další nesmírnou výhodou tohoto upínání je zvýšení přesnosti. Čelisti jsou osoustruženy až po upnutí do stroje a zajišťují tak přesné upnutí s minimálním házením. Po upnutí je nutné u prvního kusu při odlaďování programu zkontrolovat házení obrobku, v tomto případě by obvodové házení nemělo přesahovat 0,02 mm. Přepnutí do protivřetena je provedeno automaticky, tím je zajištěna vzájemná poloha protilehlých nerotačních ploch.

Po automatickém přeupnutí je možno zarovnat čelo s přídávkem 0,15 mm. Vyhrubovat vnější osazení s přídávkem 0,5 mm a následně soustružit toto osazení načisto. Současně se také začistí vnější průměr polotovaru až k čelistím univerzálního sklíčidla na rozměr  $\varnothing 101,5$  mm. Tyto výrobní úseky mohou být provedeny obdobně jako při obrábění první strany. Po dokončení soustružení vnějších ploch je nutné vyvrtat díry po obvodu součásti pro zajištění matice, stejně jak již bylo popsáno výše.

Při soustružení závitu M60x1,5 je třeba dbát na to, že závit na jednom náboji je pravotočivý, zatímco závit na druhém náboji je levotočivý. Závity mohou být opět kontrolovány našroubováním matic. Po našroubování matice na závit je dobré tuto matici ponechat našroubovanou na závit. Jedná se o organizační opatření pro omezení zmetkovitosti, vlivem záměny stoupání závitu. Dalším krokem je předvrtání a následné soustružení kuželového otvoru načisto, stejně jako v předchozím případě.

Posledním pracovním úkonem při výrobě předního náboje je vyfrézování nerotačních ploch po obvodu součástí a vyříznutí závitů M8. Pro vyfrézování ploch je možné, vzhledem k předepsané velikosti zaoblení, použití válcových čelních fréz o průměru  $\varnothing 10$  a  $\varnothing 20$  mm. Závity je vhodné navrtat středícím důlkem, srazit hrany kuželovým záhlubníkem, předvrtat průchozí díry vrtákem o průměru  $\varnothing 6,5$  mm a dokončit závitníkem M8.

Následuje jemné sražení hran a kontrola vyrobených rozměrů. Kontrole se musí podrobit zejména funkční rozměry nábojů, jako jsou průměry pro ložiska  $\varnothing 65k6$  mm nebo průměr pro vycentrování kola  $\varnothing 65f8$  mm.

### **4.3 Návrh postupu výroby zadního náboje**

Návrh postupu výroby zadního náboje se od náboje předního liší pouze ve výrobě otvorů. V této kapitole je tedy popsána pouze výroba těchto děr. Otvor, který slouží pro umístění poloosy, je opět nutné předvrtat. Nejprve vrtáky o průměrech  $\varnothing 10$  a  $\varnothing 25$  mm a následně vrtákem o průměru  $\varnothing 25$  mm s rovným čelem, do hloubky 55 mm. Po předvrtání následuje nejprve vyhrubování průměrů  $\varnothing 36,4$  mm a  $\varnothing 57,9$  mm a následné dokončení načisto. Pro soustružení tohoto otvoru může být použit soustružnický nůž na neprůchozí otvory, kterým je možné obrábět průměry i čela obrobků.

Tvarové vybrání pro poloosy může být zhotoveno pomocným frézovacím vřetenem soustruhu. Vzhledem k poměrně velké hloubce drážek a malému průměru nástroje je výhodné provést hrubování zapichovacím způsobem, neboli plunžrováním, protože tento způsob

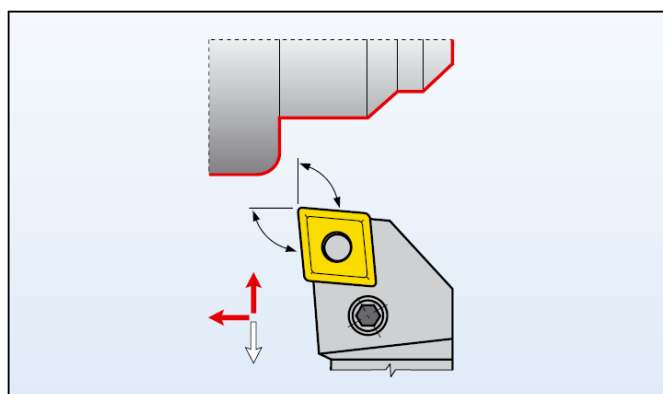
frézování namáhá frézu méně na ohyb než frézování bokem frézy. Přídavek na dokončení kontury je 0,5 mm. Rádiusy v rozích drážek mohou být zhotoveny načisto zavrtáním frézy, protože při frézování kontury je nástroj nejvíce namáhán právě v těchto rozích vlivem velkého úhlu opásání nástroje. Frézování kontury drážek, tedy práci načisto je vhodné realizovat na několik přejezdů, vždy s přísuvem 5 mm do hloubky (směrem v ose frézy). Pro vyhrubování může být použita válcová čelní fréza. Frézování kontury může být, vzhledem k zaoblení spodního rohu drážky, provedeno válcovou čelní frézou s minimálním zaoblením špičky 1 mm. Posledním krokem při výrobě této dutiny je vyvrtání třech děr o průměru  $\varnothing 8$  mm a délce 45 mm. Díry mohou být předvrtány vrtákem na středící dülky a dokončeny načisto vrtákem o průměru  $\varnothing 8$  mm.

Otvor z druhé strany náboje může být zhotoven obdobně jako v předchozím případě. Tedy předvrtáním a následným vysoustružením načisto soustružnickým nožem na neprůchozí otvory. Po dokončení všech obráběcích úkonů a po sražení hran je nutné opět zkontrolovat vyrobené rozměry. Měření musí být oproti kontrole u předních nábojů rozšířeno o kontrolu rozměrů drážek pro kloub poloosy.

#### 4.4 Volba soustružnických nožů

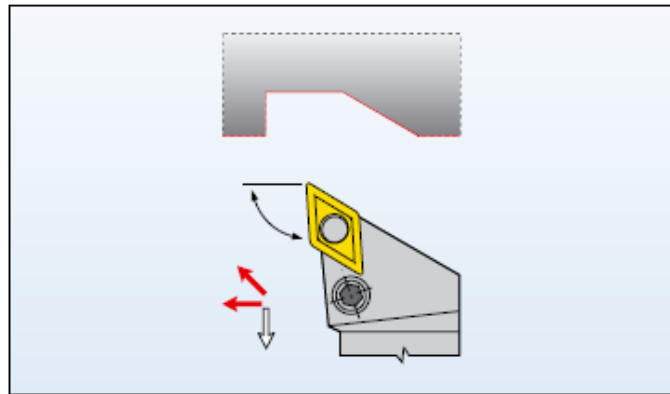
Soustružnické nože pro výrobu předních a zadních nábojů jsou stejné. Liší se pouze v použitých VBD. Pracoviště stroje CTX BETA disponuje vlastním nářadím, které pravděpodobně bude možné využít pro většinu potřebných operačních úseků.

Pro zarovnání čel obrobků a vyhrubování vnějších osazení byl zvolen nůž s označením PCLNR/P 3225 P 12. Toto značení nožů je dle normy ISO. Tabulka s označováním nožů dle této normy je uvedena v příloze. Hlavním důvodem pro volbu tohoto nástroje je možnost obrábět jak průměry, tak i čela obrobků. To je umožněno díky postavení úhlů hlavního a vedlejšího ostří. Nástroj má, jak je vidět na obrázku, poměrně velký úhel špičky, což umožňuje velký úběr materiálu bez většího nebezpečí ulomení špičky (viz *Obr. 14*) [7].



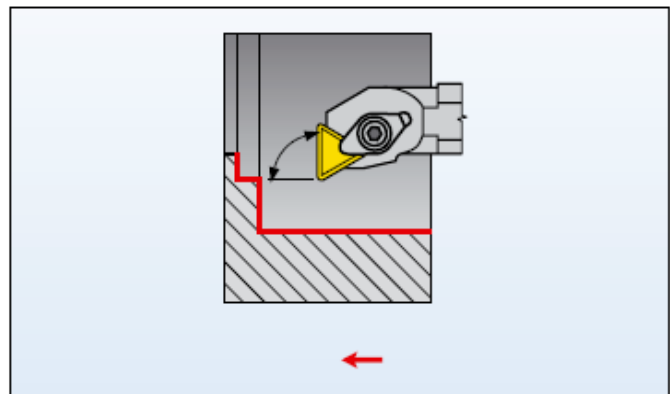
Obrázek 14.: Soustružnický nůž hrubovací [7]

Dokončovací operace na vnějších rotačních plochách je vhodné zhotovit soustružnickým nožem s označením PDJNR/P 3225 P 11. Tento nástroj je možné díky malému úhlu špičky použít při přechodu z většího průměru na menší, jak je vidět na obrázku (viz *Obr. 15*). V našem případě je toto využito při soustružení odlehčení mezi průměry pro ložiska. Vlivem úzkého břitu je však tento nůž náchylný na ulomení špičky a není tedy vhodný pro hrubování [7].



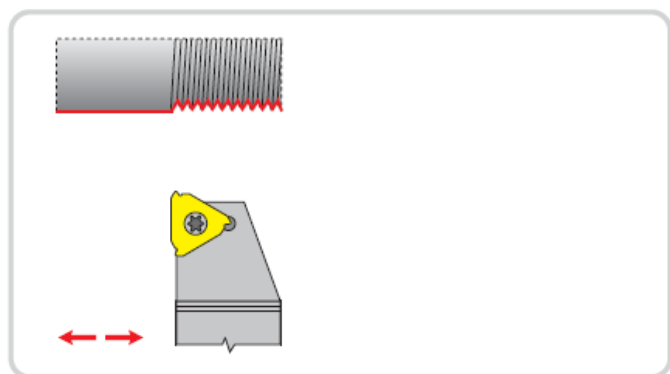
**Obrázek 15.: Soustružnický nůž dokončovací [7]**

Výrobu vnitřních otvorů je vhodné provést soustružnickým nožem s označením S20Q-CTFPR/P11. Důvodem volby tohoto nástroje je možnost použití při obrábění neprůchozích otvorů (viz *Obr. 16*). Velmi důležitým parametrem při volbě nože pro vnitřní soustružení je jeho velikost. Výrobce udává minimální velikost díry, ve které může být nástroj použit. V našem případě je tato podmínka splněna. Minimální průměr je shodný s předvrtanou dírou o průměru  $\varnothing 25$  mm [7].



**Obrázek 16.: Soustružnický na neprůchozí otvory [7]**

Závity na obrobku je z hlediska automatizace vhodné zhotovit soustružnickým nožem. Pro tuto operaci byl zvolen nůž s označením SER/P 3225 P16 (viz *Obr. 17*) [7].



**Obrázek 17.: Soustružnický nůž na závity [7]**

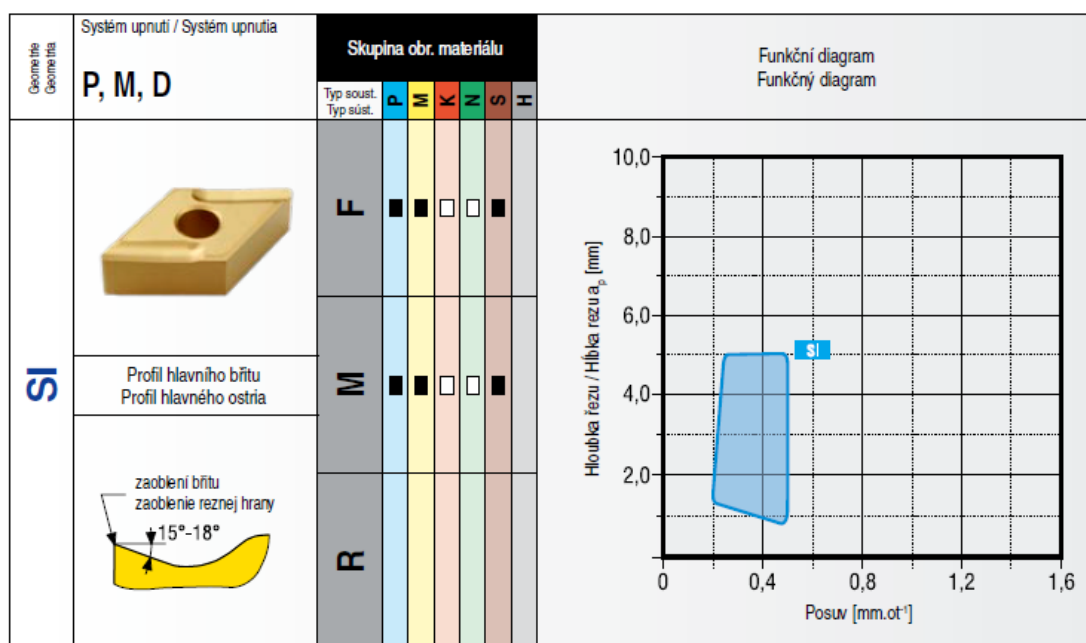
Soustružnické nože budou upnuty ve frézovací hlavě. Díky tomu mohou být použity stejné nástroje pro hlavní vřeteno i pro protivřeteno. Po přeupnutí obrobku do protivřetena se nástroj otočí o  $180^\circ$  a řídicí systém automaticky změní smysl otáčení protivřetena dle polohy ostří nástroje.

## 4.5 Volba VBD

Při volbě nástroje hraje důležitou roli obráběný materiál. Materiály jsou zařazeny, dle obrobitelnosti, do několika skupin podle normy ISO 513. Prvním krokem při volbě VBD je tedy zařazení obráběného materiálu do příslušné skupiny. Toto zařazení bylo provedeno v kapitole hodnocení technologičnosti konstrukce [8].

### 4.5.1 Volba VBD pro přední náboj

Pro soustružení předního náboje se jeví jako nejvhodnější volba geometrie ostří s označením SI dle katalogu Pramet. Tato geometrie je, dle výrobce, vhodná pro polohrubovací a dokončovací operace u materiálů s označením N. Hloubku řezu je vhodné volit dle funkčního diagramu (viz *Obr. 18*) od 1 do 5 mm a posuv od 0,2 do 0,5 mm/ot [8].

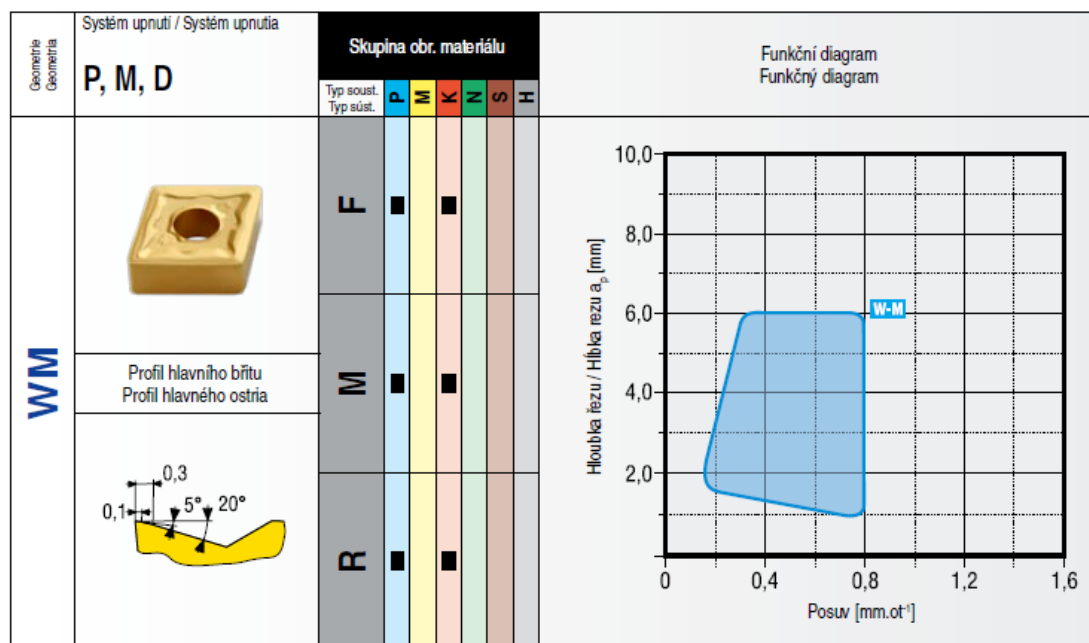


Obrázek 18.: Geometrie VBD pro soustružení předního náboje [8]

### 4.5.2 Volba VBD pro zadní náboj

Pro opracování zadního náboje byla zvolena geometrie ostří s označením WM dle katalogu Pramet (viz *Obr. 19*). Tato geometrie je dle výrobce VBD vhodná na polohrubovací a dokončovací operace u materiálů s označením P, tedy v tomto případě oceli 16 343. Hloubka řezu se může pohybovat od jednoho do pěti milimetrů a posuv je vhodné volit od 0,2 do 0,8 mm/ot. Toto ostří se používá při kontinuálním a mírně přerušovaném řezu [8].

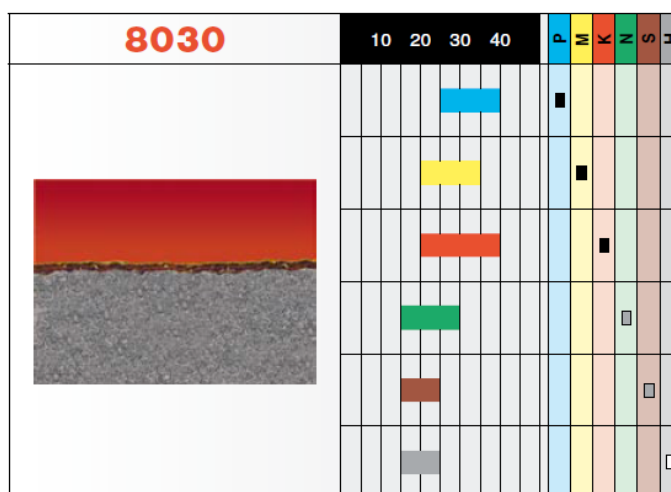




Obrázek 19.: Geometrie VBD pro soustružení zadního náboje [8]

#### 4.5.3 Volba materiálu VBD

Vedle volby geometrie břitových destiček je také velice důležitá volba řezného materiálu. Z katalogu firmy Pramet byl zvolen materiál s označením 8030. Dle výrobce se jedná o submikronový substrát typu H s povlakem naneseným metodou PVD. Tento materiál kombinuje dobrou otěruvzdornost a provozní spolehlivost. Z hlediska použití se jedná o velmi univerzální řezný materiál. Oblast použití je vidět na obrázku (viz Obr. 20) [8].



Obrázek 20.: Materiál VBD [8]

#### 4.6 Volba nástrojů pro vrtání a frézování

Nástroje pro vrtání a frézování jsou shrnuté v následující tabulce (viz Tab. 2). Jedná se o vrták na středící dŮlky s průměrem  $\varnothing 3,15$  mm. Dále jsou v tabulce uvedeny vrtáky pro zhotovení děr o průměrech  $\varnothing 6,5$ ,  $\varnothing 8$ ,  $\varnothing 10$  a  $\varnothing 25$  mm. Pro předvrtání neprůchozích děr je určen vrták o průměru  $\varnothing 25$  mm s rovným čelem. Frézovací operace mohou být provedeny válcovými čelními frézami o průměrech  $\varnothing 10$  a  $\varnothing 20$  mm. Vnitřní závitů mohou být zhotoveny

strojním závitníkem M8. Sražení hran je vhodné provést kuželovým záhlubníkem o průměru  $\varnothing 15$  mm.

Nástroje pro vrtání a frézování		
Název	Hlavní rozměry	Vrcholový úhel/ rádius špičky
Vrták na středící dülky	$\varnothing 3,15$ mm	$60^\circ$
Šroubovitý vrták	$\varnothing 6,5$ mm	$60^\circ$
Šroubovitý vrták	$\varnothing 8$ mm	$118 \pm 2^\circ$
Šroubovitý vrták	$\varnothing 10$ mm	$118 \pm 2^\circ$
Šroubovitý vrták	$\varnothing 25$ mm	$118 \pm 2^\circ$
Šroubovitý vrták	$\varnothing 25$ mm	$180^\circ$ - rovné čelo
Válcová čelní fréza	$\varnothing 10 \times 50$ mm	$R_{\min} = 1$ mm
Válcová čelní fréza	$\varnothing 20$ mm	$R = 1$ m
Závitník M8	M8	
Kuželový záhlubník	$\varnothing 15$ mm	$90^\circ$

**Tabulka 2.: Seznam nástrojů pro vrtání a frézování**

Zvolené nástroje se mohou při výrobě nepatrně změnit. A to například záměnou za již seřízený nástroj, který však umožní provedení stejné operace.

## 4.7 Volba počátečních řezných podmínek pro soustružení

Volba řezných podmínek závisí na soustavě SNOP, na požadované jakosti obráběných ploch nebo na využití chlazení. Počáteční řezné podmínky byly zvoleny z katalogu firmy Pramet. Tyto podmínky bude pravděpodobně nutné upravit při samotné výrobě podle tvaru vznikané třísky nebo podle opotřebení břitu nástroje. Tabulka pro určení počátečních řezných podmínek při soustružení je uvedena v přílohách této práce. Uvedené řezné rychlosti jsou podle výrobce nástrojů pro trvanlivost břitu  $T=15$  min. Pro zvýšení trvanlivosti nástroje je nutné řeznou rychlost  $v_{15}$  násobit součinitelem  $k_{vt}$ . Tento součinitel je uveden v tabulkách. Řeznou rychlost ovlivňuje vedle materiálu a geometrie VBD také posuv, chlazení, hloubka třísky a způsob obrábění [8].

### 4.7.1 Řezné podmínky pro soustružení předního náboje

Řezné podmínky pro soustružení předního náboje jsou vypočítány v následujících rovnicích.

**Jemné a dokončovací soustružení:**

$$V = v_{15} \cdot k_{vt} \cdot k_{vN} = 400 \cdot 0,76 \cong 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}, (a_p=1 \text{ mm}, f=0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}) \quad [8]$$

$k_{vN}$ ...materiálový součinitel ( $k_{vN}=1$ , pro tvářené Al slitiny)

$a_p$  ... hloubka řezu [mm],  $f$  ... posuv [ $\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ ]

**Hrubování vnějších ploch:**

$$V = v_{15} \cdot k_{vt} = 300 \cdot 0,76 \cong 230 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}, (a_p=2,5 \text{ mm}, f=0,3 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}) \quad [8]$$

**Soustružení vnitřních otvorů:**

$$V = v_{15} \cdot k_{vt} \cdot k_{vx} = 300 \cdot 0,76 \cdot 0,75 \cong 170 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}, \quad [8]$$

( $a_p=1 \text{ mm}, f=0,3 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ )

$k_{vx}$  ... součinitel pro soustružení vnitřních otvorů [0,7- 0,8]

**Soustružení závitů:**

$$V = v_{15} \cdot k_{vt} = 250 \cdot 0,76 \cong 190 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} \quad [8]$$

**4.7.2 Řezné podmínky pro soustružení zadního náboje**

Řezné podmínky pro soustružení zadního náboje jsou vypočítány v následujících rovnicích.

**Jemné a dokončovací soustružení:**

$$V = v_{15} \cdot k_{vt} = 230 \cdot 0,76 \cong 170 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}, (a_p=1 \text{ mm}, f=0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}) \quad [8]$$

**Hrubování vnějších ploch:**

$$V = v_{15} \cdot k_{vt} = 190 \cdot 0,76 \cong 140 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}, (a_p=2,5 \text{ mm}, f=0,3 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}) \quad [8]$$

**Soustružení vnitřních otvorů:**

$$V = v_{15} \cdot k_{vt} \cdot k_{vx} = 190 \cdot 0,76 \cdot 0,75 \cong 110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}, \quad [8]$$

( $a_p=1 \text{ mm}, f=0,3 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ )

$k_{vx}$  ... součinitel pro soustružení vnitřních otvorů [0,7- 0,8]

#### Soustružení závitů:

$$V = v_{15} \cdot k_{vt} = 155 \cdot 0,76 \cong 120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} \quad [8]$$

#### 4.7.3 Řezné podmínky pro frézování

Řezné podmínky pro frézování předních a zadních nábojů jsou uvedeny v následující tabulce (viz Tab. 3). Vedle řezných rychlostí jsou zde také uvedeny hodnoty posuvů na zub. Tyto hodnoty jsou určeny pro frézy z tvrdokovů.

Řezné podmínky tvrdo-kovových fréz						
Materiál	Aplikace	$A_p$	$A_e$	$V$ [m/min]	Posuv [mm/zub]	
					D 8-10	D20
Slitiny Al	Hrubování	1xD	0,5xD	160	0,05	0,13
	Dokončování	1,5D	0,02xD	300	0,06	0,15
Ocel do 1300 N/mm <sup>2</sup>	Hrubování	1xD	0,3xD	70	0,02	0,04
	Dokončování	1,5D	0,02xD	100	0,028	0,06

Tabulka 3.: Řezné podmínky pro frézování [6]

#### 4.7.4 Řezné podmínky pro vrtání

Řezné podmínky pro vrtání jsou uvedeny v následující tabulce (viz Tab. 4). Tyto parametry jsou určeny pro vrtáky z rychlořezné oceli.

Řezné podmínky pro vrtáky z rychlořezné oceli					
Materiál	$V$ [m/min]	Posuv [mm/D]			
		D2-3	D6-8	D10	D25
Slitiny Al	40-120	0,05	0,2	0,22	0,4
Ocel do 1300 N/mm <sup>2</sup>	6-12	0,02	0,06	0,08	0,16

Tabulka 4.: Řezné podmínky pro vrtání [10]

Řezná rychlost  $V$ , je závislá na otáčkách a průměrech nástrojů. Nástroje s různými průměry mají tedy při stejných otáčkách různou řeznou rychlost. Při použití moderních NC strojů je možné nastavit pouze řeznou rychlost, řídicí systém si následně otáčky dopočítá automaticky.

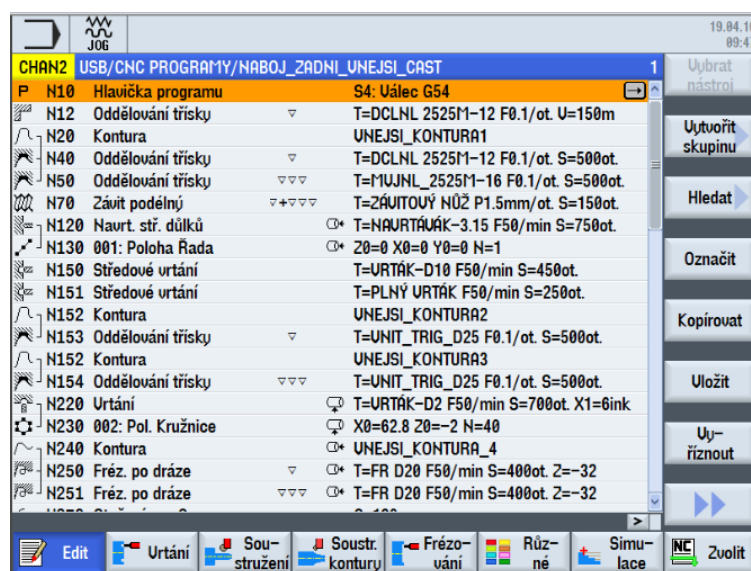
## 5 Zpracování programů pro NC stroj

V této kapitole je popsána tvorba programu po jednotlivých krocích.

### 5.1 Volba způsobů programování

Ještě před samotnou tvorbou NC programů je nutné zvolit vhodný postup programování. V úvahu přicházely celkem tři možnosti, jak vytvořit NC program. První možností bylo naprogramování ručně v ISO kódu. Tento způsob byl zamítnut hned na začátku, vzhledem ke složitosti součástí. Další možností bylo využití 3D modelu, díky kterému je možné vytvořit NC program v systému SolidCam. Post processor následně převede dráhy nástroje, které byly vygenerované v SolidCamu, na NC program pro obráběcí stroj. Tento způsob programování patří v současné době mezi nejvíce používané. Výrazně zkracuje časy programování a je využíván u tvarově složitých součástí, kde by bylo prakticky nemožné napsat program ručně v ISO kódu. Problémem je ale absence post processoru pro soustružení na katedře obrábění. Post processor je v současné době ve fázi testování a tvorba programu tímto způsobem by mohla být tedy problematická. Po zvážení všech možností byl zvolen způsob naprogramování stroje v simulátoru Sinutrain [5].

Tento program nabízí vedle ručního programování také možnost programovat v tzv. ShopTurn. V tomto systému jsou již přednastavené některé automatické funkce, které umožňují rychlejší programování. Jedná se například o frézování a soustružení kontury. Programátor nakreslí konturu, zadá způsob opracování a podmínky jako jsou hloubka třísky, posuv nebo otáčky vřetena. Systém následně dopočte dráhy nástroje. Další výhodou tohoto systému je



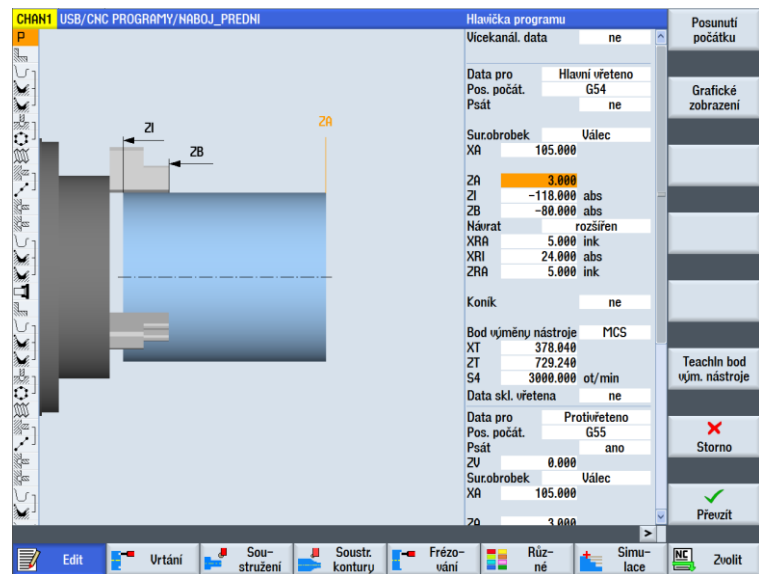
Obrázek 21.: NC program

zobrazování jednotlivých kroků při obrábění. Program je možné zobrazit v ISO kódu nebo v přehledně popsaném pracovním plánu, jak je vidět na obrázku (viz Obr. 21).

## 5.2 Nastavení základních parametrů

Při tvorbě programu v systému ShopTurn je nutné nejprve nastavit hlavičku programu.

V této tabulce se zadává velikost a druh polotovaru (viz *Obr. 21*). V našem případě je to válec o délce 121 mm a průměru  $\varnothing 105$  mm. Následuje nastavení nulového bodu. Nulový bod je nastavený na čele hotového obrobku, tedy 3 mm pod neopracovaným čelem. Dále se zde nastavuje návrat nástroje. Tento návrat je bezpečná rovina okolo obrobku, do které nástroj nesmí najet při pohybu rychloposuvem. Protože se obrábí nejen průměr, ale i otvor, musí se nastavit rozšířený návrat. Hodnoty byly nastaveny na 5 mm. Návrat v otvoru byl nastaven u předního náboje na hodnotu 24 mm, u náboje zadního na 0 mm, aby mohlo být dokončeno čelo otvoru načisto.



Obrázek 22.: Hlavička programu

Dalším krokem, po nastavení hlavičky programu, je vložení nástrojů pro obrábění. Všechny nástroje jsou umístěny v seznamu nástrojů. Z části byly použity nástroje již nastavené. Některé nástroje, jako vrtáky a soustružnický nůž na závity, musely být do seznamu přidány. Na následujícím obrázku (viz *Obr. 23*) je vidět seznam nástrojů.

Místo	Mis MT	Typ	Název nástroje	ST	D	DL EC	Délka X	Délka Z	Rádus
			S10K_STFCR-11_R0.4	1	1		113.101	144.181	0.400
			S12M_STFCL-11-T0.4	1	1		111.067	-96.136	0.400
			S16Q-STLCL-11-TCMT	1	1		109.065	-99.895	0.400
			S16Q-STLCL-11-TCMT	1	1		109.035	100.694	0.400
			S20R_STLCL-16-TN0.8	1	1		107.098	-110.409	0.800
			S20R-STLCL-16-TC0.8	1	1		106.747	113.533	0.800
			MUJNL-2525M-16-UC	1	1		126.677	56.956	0.400
			MUJNR-2525-16-UCM	1	1		144.817	102.383	0.400
			MUJNN	1	1		110.000	100.000	0.400
			S16Q-SDUCR-07-DN0	1	1		109.026	99.570	0.400
			SDJCL-2020-DC0.4	1	1		109.997	-58.169	0.400
			SDJCR-2020-DC0.4	1	1		108.362	53.023	0.400
			TGFH-32C-3-J	1	1		150.617	47.227	0.000
			GHIR_20_20-3_GIPI2.3	1	1		134.548	106.187	0.200
			GHIR_20_20-3_GIPI_0	1	1		105.465	104.209	0.200
			OTOCNY HROT-REVOLI	1	1		119.965	152.235	0.000

Obrázek 23.: Tabulka nástrojů

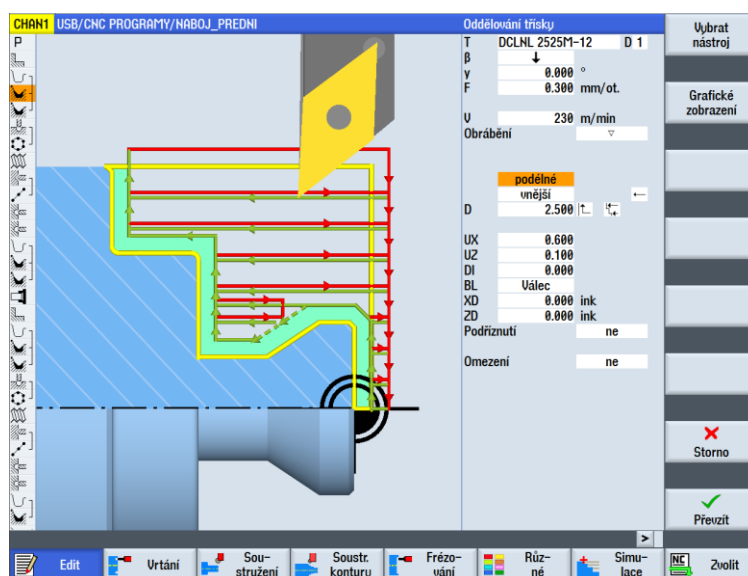
Po nastavení všech výše uvedených parametrů následuje tvorba samotného programu. Pro výrobu předních a zadních nábojů je nutné vytvořit dva programy. Tyto programy se liší v opracování vnitřního otvoru a v řezných podmínkách.

### 5.3 Program pro výrobu předního náboje

Prvním krokem je zarovnání čela obrobku s přídávkem 0,15 mm. Pro tuto operaci byl použit cyklus příčného hrubování, kde se zadává výchozí a koncový bod v souřadnicích x, y. Hloubka třísky a použitý nástroj. Cyklus následně vygeneruje dráhy nástroje.

Vnější osazení a vnitřní otvory součástí byly opracovány cyklem kontura. Při použití tohoto cyklu se musí nejprve nakreslit zadaný tvar kontury a následně zvolit styl obrábění. Je možné opracování vnitřní nebo vnější kontury. Po nakreslení tvaru obrobku byl zadán způsob odebrání třísky (viz Obr. 24).

Nejprve hrubovací cyklus s přídávkem 0,5 mm na průměrech a 0,15 mm na čelech obrobků. Následně byl zadán cyklus dokončovací. Dráhy nástroje generuje řídicí systém automaticky. Při obrábění načisto byl zvolen soustružnický nůž s menším úhlem špičky, aby bylo možné obrobit odlehčení mezi průměry pro ložiska  $\varnothing 65$  k6. Pro



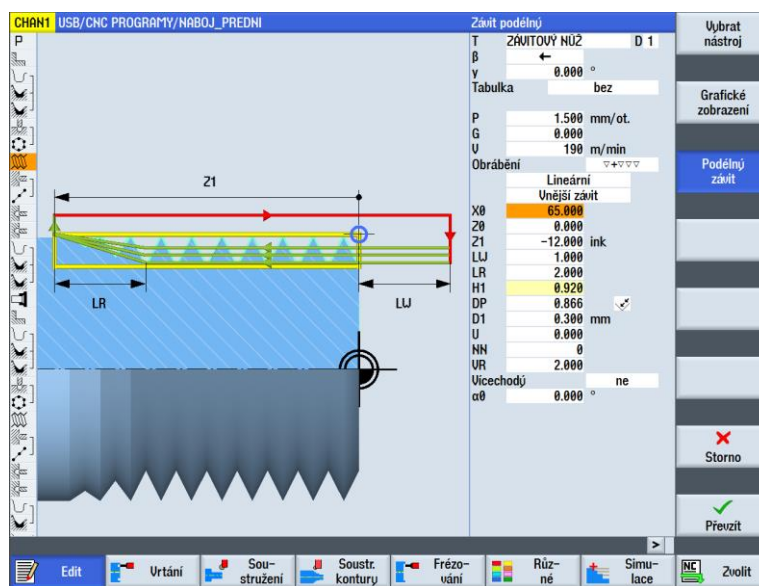
Obrázek 24.: Nastavení způsobu oddělování třísky

výrobu odlehčení je také nutné zadat v tabulce parametrů podříznutí materiálu, jinak program nevygeneruje dráhy pro menší průměr než v tomto případě  $\varnothing 65$  mm.

Dalším krokem bylo vyvrtání dvaceti dvou děr po obvodu obrobku o průměru  $\varnothing 3$  mm. Pro tento úkon bylo využito vrtacího cyklu. V tomto cyklu je nutné nastavit polohu děr, hloubku vrtání a nástroj. Jako nástroj byl zvolen vrták na středící dŮlky o průměru  $\varnothing 3,15$  mm. Plochou pro vrtání musí být v tomto případě nastaven plášť obrobku. Nástroj je umístěn ve frézovacím vřetenu. Po vyvrtání díry se vždy otočí obrobek o daný úhel a vrtání se opakuje. Stejný vrtací cyklus je využit i pro díry na druhé straně obrobku.

Na vysoustruženém průměru  $\varnothing 65$  mm je závit. Pro zadání výroby závitu do programu bylo využito cyklu podélného závitu (viz Obr. 25). V tomto cyklu se zadává poloha závitu, stoupání a řezné podmínky. Pro řezání závitu byl jako nástroj zvolen soustružnický nůž na závity.

Po dokončení soustružení vnějšího tvaru následuje výroba vnitřního otvoru. Zde se programy pro přední a zadní náboj liší. Otvor pro soustružnický nůž musí být předvrtán na průměr  $\varnothing 25$  mm (dle velikosti zvoleného nože). Zarovnané čelo se musí nejprve navrtat v ose otáčení. Pro tento úkon nabízí ShopTurn cyklus navrtávání. V tomto cyklu se



Obrázek 25.: Nastavení parametrů závitů

volí nástroj, v tomto případě středící vrták o průměru  $\varnothing 3,15$  mm, poloha vrtané díry a hloubka navrtání. Poloha díry je nastavena uprostřed čela obrobku souřadnicemi  $x=0$ ,  $y=0$ ,  $z=0$ .

Předvrtání díry bylo provedeno vrtacím cyklem, nejprve vrtákem o průměru  $\varnothing 10$  mm a následně vrtákem o průměru  $\varnothing 25$  mm. Nastavení tohoto cyklu je podobné jako při navrtávání středícího důlku. Otvory jsou dále dokončeny soustružnickým nožem. Pro vygenerování drah nástroje bylo využito cyklu soustružení kontury. Aby cyklus vygeneroval dráhy pro soustružení otvoru, musí být v tabulce odebrání materiálu zadáno soustružení vnitřní kontury. Nastavení obrábění je poté obdobné jako v předchozím případě při soustružení vnější kontury. Nejprve je nastaveno hrubování s přídkem a následně dokončování. Aby systém správně vygeneroval dráhy nástroje, musí být nastaven v hlavičce programu rozšířený návrat nástroje s hodnotou 24 mm.

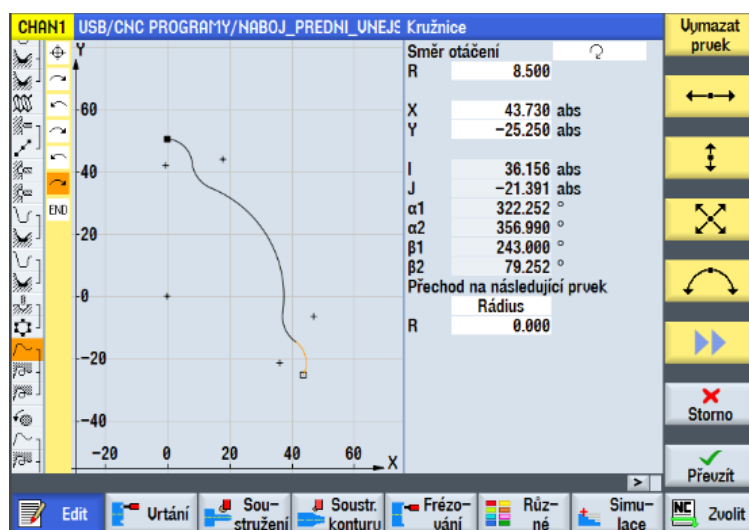
Po dokončení vnitřní strany náboje následuje obrábění vnější strany. Program pro druhou stranu byl vytvořen stejně, tedy s upnutím v hlavním vřetenu stroje. Po vytvoření programu bylo nastaveno automatické přeupnutí do protivřetena s transformací nulového bodu funkcí G 55. Stroj si následně přepočítal dráhy nástroje pro upnutí v protivřetenu. Protože jsou soustružnické nože upnuty ve frézovací hlavě, je možné použít stejné nástroje jako pro hlavní vřeteno. Frézovací hlava se otočí s nástrojem o  $180^\circ$  a stroj automaticky změní směr otáčení obrobku podle polohy ostří použitého nástroje.

Program pro druhou stranu náboje byl vytvořen obdobně jako v předchozím případě. Tedy zarovnáním čela příčným hrubovacím cyklem a vysoustružením vnějšího osazení s využitím

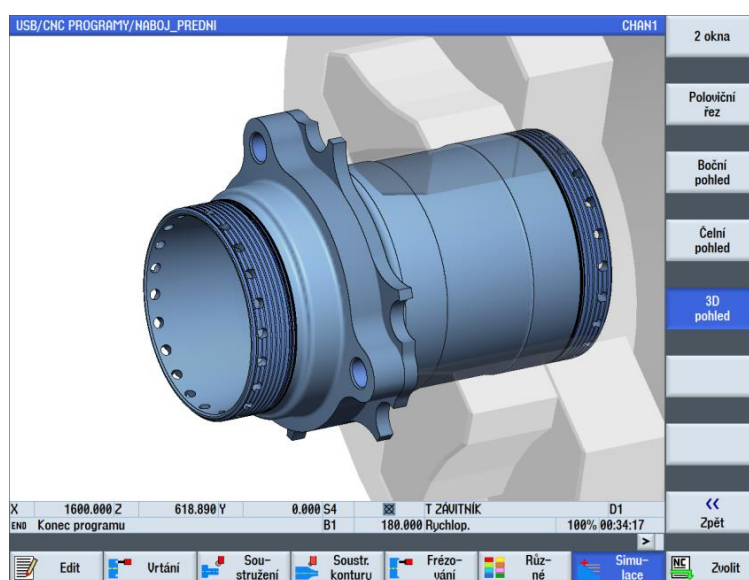


cyklu kontury. Následovalo vyvrtání děr po obvodu, řezání závitů, předvrtání díry v ose obrobku vrtacím cyklem a dokončení otvoru vnitřní konturou. Vnější závit byl vytvořen cyklem na závity soustružnickým nožem. Tady je při výrobě nutné dávat pozor na nastavení parametrů. Náboje pro levou a pravou stranu formule mají levotočivý nebo pravotočivý závit, dle umístění na formuli. Obsluha stroje tedy musí při výrobě správně nastavit stoupání závitu v tabulce parametrů.

Posledním krokem při výrobě nábojů je frézování nerotačních ploch po obvodu nábojů a vrtání děr se závity M8. Pro frézování bylo využito cyklu frézování kontury (viz Obr. 26). Jelikož jsou tvarové plochy symetrické, vždy po 120°, byly vytvořeny celkem tři frézovací kontury, které opracovávají vždy jednu třetinu obrobku načisto. Tyto kontury se opakují po vyfrézování první plochy a po otočení obrobku o 120° nebo 240°. Nejprve je plocha vyhrubována a následně dokončena načisto. Přísuv do hloubky při hrubování je nastaven na 2 mm. Kontury se skládají z rádiusů. Pro zadání kontur do programu bylo nezbytné znát poloměr zaoblení, počáteční a koncové body křivky. Tyto



Obrázek 26.: Kontura pro frézování



Obrázek 27.: Vnější část náboje

souřadnice byly zjištěny z dodaného modelu v programu Inventor. Pro vytvoření třech otvorů se závity M8 byl využit vrtací cyklus a cyklus řezání závitů. Zhotovená součást z vnější strany je vidět na obrázku (viz Obr. 27).

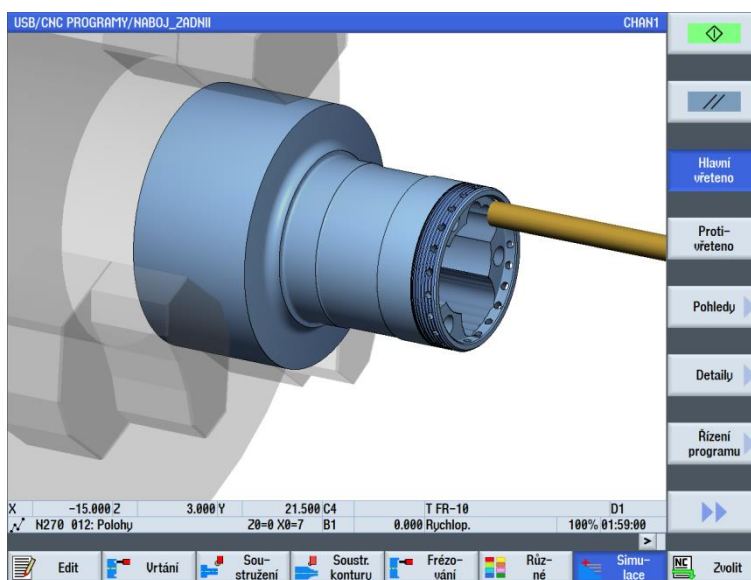
## 5.4 Program pro výrobu zadního náboje

V této kapitole je popsána pouze tvorba programu pro opracování vnitřních otvorů. Opracování vnějších tvarů, kromě zadaných řezných podmínek, je stejné jako pro náboj přední.

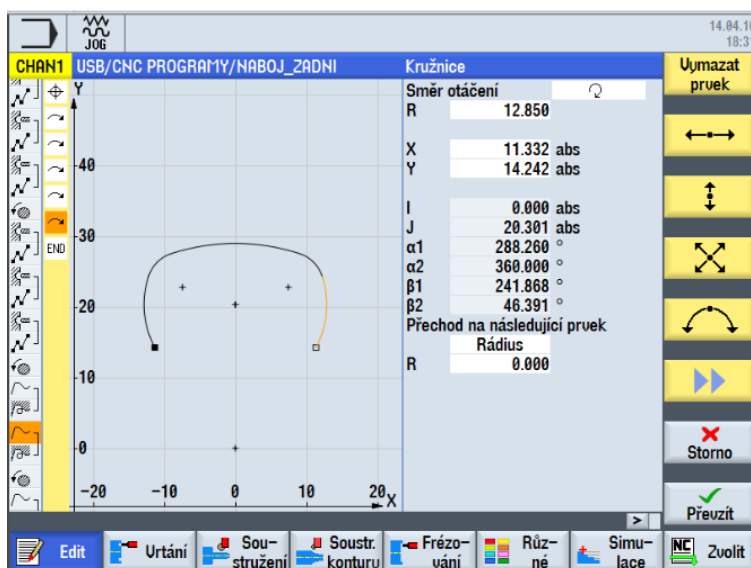
Zadní náboj má na rozdíl od předního neprůchozí otvory s rovným čelem. Díry musely být tedy po předvrtání na průměr  $\varnothing 25$  mm zarovnané ještě vrtákem s rovným čelem o stejném průměru. Takto předvrtané otvory byly dokončeny soustružením vnitřní kontury. Aby mohla být zarovnána čela děr načisto nožem, musí být v tomto případě nastaven v hlavičce programu návrat nástroje v otvoru na 0 mm. Otvor z vnější strany náboje byl takto dokončen načisto. V otvoru pro umístění poloosy je nutné vyfrézovat drážky a vyvrtat odlehčovací díry.

Při frézování třech drážek v zadním náboji bylo využito osy symetrie. Jedná se o stejné kapsy, které jsou otočené o  $120^\circ$ . Nejprve byl tedy vytvořen program pro výrobu jedné drážky. Následně je hlavní

vřeteno natočeno do polohy další drážky a program se opakuje. Výroba drážek se skládá z vyhrubování plunžrováním (viz Obr. 28) a z dokončení frézováním po kontuře (viz Obr. 29). Pro vyhrubování plunžrováním byl využit vrtací cyklus. Nástrojem je válcová čelní fréza o průměru  $\varnothing 10$  mm. Při frézování kontury bylo nutné nakreslit konturu, zadat způsob



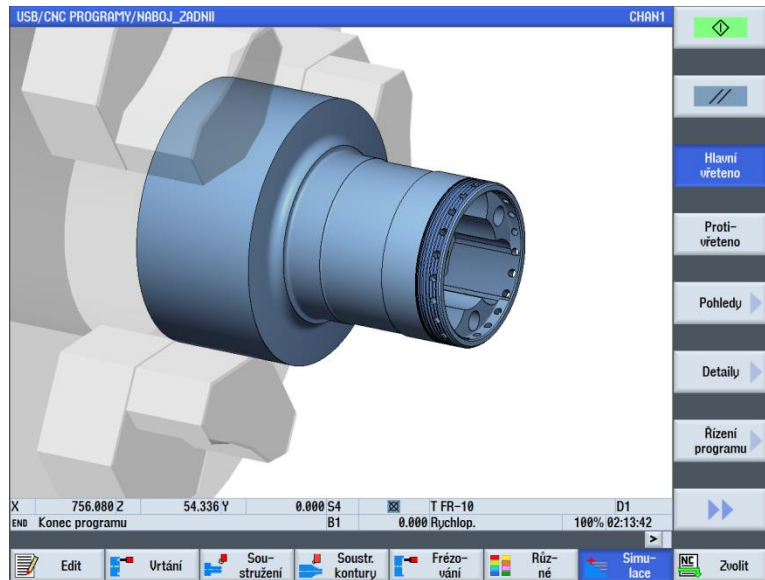
Obrázek 28.: Frézování plunžrováním



Obrázek 29.: Kontura pro frézování drážky

odebírání třísky a pohyb po kontuře (zprava). Polohy nástroje pro vyhrubování a pro následné zadání kontury byly zjištěny v programu Inventor z dodaného modelu. Vzhledem k hloubce drážky je kontura frézována na několik přejetí vždy s přísuvem 5 mm v ose z.

Posledním úkonem na této straně součástí je vyvrtání třech děr o průměru  $\varnothing 8$  mm do hloubky 45 mm. Vrtání těchto děr bylo realizováno vrtacím cyklem. Jako povrch pro vrtání musí být nastaveno čelo obrobku. V tabulce parametrů vrtání byl následně nastaven počet děr, poloha a úhel mezi dírami. Díry jsou vyvrtány vrtákem umístěným ve frézovacím vřetenu, obrobek se po vyvrtání díry vždy otočí o  $120^\circ$  a vrtání se opakuje. Hotová vnitřní



**Obrázek 30.: Vnitřní část zadního náboje**

část zadního náboje je vidět na obrázku (viz *Obr. 30*).

Programy byly zkontrolovány v simulaci Sinutrain. Doba výroby předního náboje je podle simulace 32 min, výroba zadního náboje by měla trvat 2 h a 4 min. Tyto časy jsou však pouze orientační a mohou se při skutečné výrobě lišit. Takto vytvořené programy bude ještě nutné odladit na samotném stroji.

## 6 Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit návrh výroby nábojů pro uchycení předních a zadních kol formule. Náboje vymysleli a zkonstruovali studenti Západočeské univerzity v rámci projektu Formula SAE.

Jedním z hlavních přínosů této práce byly výsledky, které vyplynuli z analýzy technologičnosti konstrukce. Tato analýza přinesla zajímavé poznatky a změnila předchozí návrh výroby. Ukázala některé nedostatky v konstrukci z hlediska vyrobiteľnosti. Jednalo se o plochy, jejichž výroba by vyžadovala použití speciálních dokončovacích operací v podobě elektroerozivního obrábění, nebo broušení. Tyto nedostatky byly konzultovány s konstruktérem, který konstrukci částečně přepracoval. Díky úpravám tvaru obrobků a předepsaných tolerancí bylo možno navrhnout výrobu, vyžadující pouze soustružnické a frézovací operace, čímž se výrazně snížili náklady na výrobu.

Dalšími neméně důležitými částmi práce byl návrh výroby, který byl postaven na dostupném vybavení katedry obrábění, volba výrobních prostředků a tvorba programů pro samotnou výrobu. Programy byly zpracovány v simulátoru SinuTrain s využitím knihovny funkcí ShopTurn. Tento software je velice pěkně graficky zpracovaný a přehledný. Programování je s využitím předdefinovaných funkcí knihovny poměrně rychlé a jednoduché. Tomu napomáhá i velmi srozumitelná nápověda, která upozorňuje uživatele při nesprávně zadaných nebo chybějících hodnotách. Takto napsaný program je ale nutné ještě odladit při výrobě na samotném stroji.

Výroba dosud neproběhla z kapacitních důvodů a z důvodu plánování. Lze věřit, že výroba proběhne v pořádku a je potřeba si uvědomit, že bude zapotřebí, aby byl programátor dosažitelný pro odladování programu. Přestože program nebyl ještě vyzkoušen při reálné výrobě, byl zkonzultován s odborníkem a odsimulován na samotném stroji za asistence programátora, který daný stroj běžně programuje. Lze doufat, že nové náboje přispějí k dobré prezentaci Západočeské univerzity v soutěži Formula SAE a že se vedle ostatních dílů i tyto náboje budou podílet na dobrém výsledku soutěžících a přispějí k dobrému jménu celého týmu.

## 7 Seznam použité literatury








































- [1] BEDNÁŘ, B. *Technologičnost konstrukce I*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03268-X.
- [2] VUT BRNO. *Studentská formule*. [online]. [cit. 2016-04-18].  
Dostupné z: <http://www.tubrnoracing.cz/cs/studentska-formule/>
- [3] EBM SERVICE, s.r.o. *Hutní materiál*. [online]. [cit. 2016-04-18].  
Dostupné z: <http://www.ebmservice.com/materialy/>
- [4] FERMAT, s.r.o. *Technické parametry stroje*. [online]. [cit. 2016-04-27].  
Dostupné z: <http://www.fermatmachinery.com/pouzite-stroje/soustruh/cnc-viceose/ctx-beta-1250-tc-cs-151399/>
- [5] JANDEČKA, K., KOŽMÍN, P. a ČESÁNEK J. *Programování NC strojů*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN 80-7082-692-4.
- [6] JK-NÁSTROJE, s.r.o. *Řezné podmínky TK fréz*. [online]. [cit. 2016-04-27].  
Dostupné z: <http://jk-nastroje.cz/obchod/cs/content/4-rezne-podminky-tk-frez>
- [7] PRAMET TOOLS, s.r.o. *Kompletní katalog soustružení*. [online]. [cit. 2016-04-18].  
Dostupné z: <http://www.gmtechnik.cz/nastroje-brusivo-meridla/britove-desticky-pramet-tools.htm>
- [8] PRAMET TOOLS, s.r.o. *Technická část*. [online]. [cit. 2016-04-18].  
Dostupné z: <http://www.gmtechnik.cz/nastroje-brusivo-meridla/britove-desticky-pramet-tools.htm>
- [9] SPŠ VÍTKOVICE. *Přídavky na obrábění*. [online]. [cit. 2016-04-18].  
Dostupné z: [http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/STT/STT2-2\\_Pridavky\\_na\\_obrabeni\\_RAJ.pdf](http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/STT/STT2-2_Pridavky_na_obrabeni_RAJ.pdf)
- [10] TUMLÍK. *Doporučené řezné podmínky vrtáků*. [online]. 2016 [cit. 2016-04-27].  
Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/doporucene-rezne-podminky-vrtaku/>
- [11] ZEMČÍK, O. *Technologické procesy*. [online]. [cit. 2016-04-18].  
Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnProcesy.pdf>

## **8 Přílohy**

### **PŘÍLOHA č. 1**

#### **NC program pro výrobu předního náboje**

CHAN1	USB/CNC PROGRAMY/NABOJ_PREDNI		
P	N10	Hlavička programu	S4: Válec G54 S3: Válec G55
	N12	Oddělování třísky	T=DCLNL 2525M-12 F0.3/ot. U=230m příčné X0=105 Z0=3
	N20	Kontura	NABOJ_PREDNI_KONTURA1
	N40	Oddělování třísky	T=DCLNL 2525M-12 F0.3/ot. U=230m
	N50	Oddělování třísky	T=MUJNL_2525M-16 F0.2/ot. U=300m
	N220	Urtání	T=VRTÁK-D3 F0.05/ot. U=80m X1=6ink
	N230	Ø10: Pol. Kružnice	X0=65 Z0=-3 N=22
	N70	Závít podélný	T=ZÁVITOVÝ NŮŽ P1.5mm/ot. U=190m vnější X0=65 Z0=0
	N120	Navrt. stř. důlků	T=NAVRTÁVÁK-3.15 F0.05/ot. U=80m Z1=-5ink
	N130	Ø09: Poloha Řada	Z0=0 X0=0 Y0=0 N=1
	N151	Středové vrtání	T=VRTÁK-D10 F0.22/ot. U=80m Z1=-80ink
	N151	Středové vrtání	T=VRTÁK-D25 F0.4/ot. U=80m Z1=-75ink
	N152	Kontura	NABOJ_PREDNI_KONTURA2
	N153	Oddělování třísky	T=VNIT_TRIG_D25 F0.3/ot. U=170m
		Oddělování třísky	T=VNIT_TRIG_D25 F0.3/ot. U=170m
	N242	Protivřetenno	kompl. S4 → S3 G55
	N12	Oddělování třísky	T=DCLNL 2525M-12 F0.3/ot. U=230m příčné X0=105 Z0=4
	N20	Kontura	UNEJSI_KONTURA1
	N40	Oddělování třísky	T=DCLNL 2525M-12 F0.3/ot. U=230m
	N50	Oddělování třísky	T=MUJNL_2525M-16 F0.2/ot. U=300m
	N220	Urtání	T=VRTÁK-D3 F0.05/ot. U=80m X1=6ink
	N230	Ø11: Pol. Kružnice	X0=60 Z0=-3 N=22
	N70	Závít podélný	T=ZÁVITOVÝ NŮŽ P1.5mm/ot. U=190m vnější X0=60 Z0=0
	N120	Navrt. stř. důlků	T=NAVRTÁVÁK-3.15 F0.05/ot. U=80m Z1=-5ink
	N130	Ø03: Poloha Řada	Z0=0 X0=0 Y0=0 N=1
	N150	Středové vrtání	T=VRTÁK-D10 F0.22/ot. U=80m Z1=-45ink
	N151	Středové vrtání	T=VRTÁK-D25 F0.4/ot. U=80m Z1=-45ink
	N152	Kontura	UNEJSI_KONTURA2
	N153	Oddělování třísky	T=VNIT_TRIG_D25 F0.3/ot. U=170m
	N152	Kontura	UNEJSI_KONTURA3
	N153	Oddělování třísky	T=VNIT_TRIG_D25 F0.2/ot. U=170m
	N240	Kontura	UNEJSI_KONTURA_4
	N250	Fréz. po dráze	T=FR D20 F0.13/Z U=160m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N251	Fréz. po dráze	T=FR D20 F0.15/Z U=300m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N270	Otočení osy C	C=120
	N240	Kontura	UNEJSI_KONTURA_5
	N250	Fréz. po dráze	T=FR D20 F0.13/Z U=160m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N251	Fréz. po dráze	T=FR D20 F0.15/Z U=300m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N280	Otočení osy C	C=240
	N240	Kontura	UNEJSI_KONTURA_6
	N250	Fréz. po dráze	T=FR D20 F0.13/Z U=160m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N251	Fréz. po dráze	T=FR D20 F0.15/Z U=300m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N252	Otočení osy C	C=0
	N290	Kontura	UNEJSI_KONTURA_7
	N300	Fréz. po dráze	T=FR D20 F0.13/Z U=160m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N310	Fréz. po dráze	T=FR D20 F0.15/Z U=300m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N320	Otočení osy C	C=120
	N290	Kontura	UNEJSI_KONTURA_8
	N300	Fréz. po dráze	T=FR D20 F0.13/Z U=160m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N310	Fréz. po dráze	T=FR D20 F0.15/Z U=300m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N330	Otočení osy C	C=240
	N290	Kontura	UNEJSI_KONTURA_9
	N300	Fréz. po dráze	T=FR D20 F0.13/Z U=160m Z=-36.8 Z1=-5ink

CHAN1	USB/CNC PROGRAMY/NABOJ_PREDNI	
 N310	Fréz. po dráze	▽▽▽  T=FR D20 F0.15/Z U=300m Z=-36.8 Z1=-5ink
 N311	Otočení osy C	C=0
 N340	Kontura	 UNEJSI_KONTURA_10
 N360	Fréz. po dráze	▽  T=FR-10 F0.05/Z U=160m Z=-36.8 Z1=-5ink
 N370	Fréz. po dráze	▽▽▽  T=FR-10 F0.06/Z U=300m Z=-36.8 Z1=-5ink
 N380	Otočení osy C	C=120
 N340	Kontura	 UNEJSI_KONTURA_11
 N360	Fréz. po dráze	▽  T=FR-10 F0.05/Z U=160m Z=-36.8 Z1=-5ink
 N370	Fréz. po dráze	▽▽▽  T=FR-10 F0.06/Z U=300m Z=-36.8 Z1=-5ink
 N390	Otočení osy C	C=240
 N340	Kontura	 UNEJSI_KONTURA_12
 N360	Fréz. po dráze	▽  T=FR-10 F0.05/Z U=160m Z=-36.8 Z1=-5ink
 N370	Fréz. po dráze	▽▽▽  T=FR-10 F0.06/Z U=300m Z=-36.8 Z1=-5ink
 N371	Navrt. stř. důlků	 T=NAVRTÁVÁK-3.15 F0.05/ot. U=80m Z1=-5ink
 N372	005: Pol. Kružnice	 Z0=-27 X0=0 Y0=0 R=42 N=3
 N373	Urtání	 T=VRT-6.5 F0.2/ot. U=80m Z1=-20ink
 N374	006: Pol. Kružnice	 Z0=-27 X0=0 Y0=0 R=42 N=3
 N220	Urtání	 T=KUŽEL_ZÁHLUBNÍK F0.1/ot. U=30m Z1=-1ink
 N221	007: Pol. Kružnice	 Z0=-23 X0=0 Y0=0 R=42 N=3
 N400	Urtání závitů	 T=ZÁVITNÍK P1.25mm/ot. U=5m Z1=15ink
 N410	008: Pol. Kružnice	 Z0=-27 X0=0 Y0=0 R=42 N=3
END	Konec programu	













## **PŘÍLOHA č. 2**

### **NC program pro výrobu zadního náboje**

CHAN1	USB/CNC PROGRAMY/NABOJ_ZADNI		
P	N10	Hlavička programu	S4: Válec G54 S3: Válec G55
	N12	Oddělování třísky	T=DCLNL 2525M-12 F0.3/ot. V=140m příčné X0=105 Z0=3
	N20	Kontura	NABOJ_ZADNI_KONTURA1
	N40	Oddělování třísky	T=DCLNL 2525M-12 F0.3/ot. V=140m
	N50	Oddělování třísky	T=MUJNL_2525M-16 F0.2/ot. V=170m
	N220	Urtání	T=VRTAK-D3 F0.02/ot. V=10m X1=6ink
	N230	Ø22: Pol. Kružnice	X0=62.8 Z0=-3 N=22
	N70	Závít podélný	T=ZAVITOUY NÜŽ P1.5mm/ot. V=120m unější X0=65 Z0=0
	N120	Navrt. stř. důlků	T=NAVRTAVAK-3.15 F0.02/ot. V=10m Z1=-5ink
	N130	Ø21: Poloha Řada	Z0=0 X0=0 Y0=0 N=1
	N150	Středové urtání	T=VRTAK-D10 F0.08/ot. V=10m Z1=-52ink
	N150	Středové urtání	T=VRTAK-D25 F0.16/ot. V=10m Z1=-47.5ink
	N151	Středové urtání	T=VRTAK-D25/180° F0.16/ot. V=10m Z1=-55ink
	N152	Kontura	NABOJ_ZADNI_KONTURA2
	N153	Oddělování třísky	T=UNIT_TRIG_D25 F0.3/ot. V=110m
	N152	Kontura	NABOJ_ZADNI_KONTURA3
	N154	Oddělování třísky	T=UNIT_TRIG_D25 F0.2/ot. V=110m
	N171	Urtání	T=NAVRTAVAK-3.15 F0.02/ot. V=10m Z1=-3ink
	N172	ØØ3: Pol. Kružnice	Z0=-5 X0=0 Y0=0 R=24 N=3
	N173	Urtání	T=VRTAK-D8 F0.06/ot. V=10.053m Z1=-45ink
	N174	ØØ4: Pol. Kružnice	Z0=-5 X0=0 Y0=0 R=24 N=3
	N240	Urtání	T=FR-10 F0.2/ot. V=70m Z1=-44.5ink
	N250	Ø14: Polohy	Z0=-5 X0=-6.2 Y0=13.7 X1=0 Y1=14.7 X2=6.2 Y2=13.7 X3=-6.2 Y3=15.8
	N260	Urtání	T=FR-10 F0.2/ot. V=70m Z1=-44.5ink
	N270	Ø15: Polohy	Z0=-5 X0=7 Y0=17.5 X1=-7.5 Y1=19.6 X2=0 Y2=20.9 X3=7.5 Y3=19.6
	N280	Urtání	T=FR-10 F0.2/ot. V=70m Z1=-44.5ink
	N290	Ø16: Polohy	Z0=-5 X0=-7.4 Y0=22.8 X1=0 Y1=23.7 X2=7.4 Y2=22.8 X3=-3.8 Y3=23.4
	N340	Otočení osy C	C=120
	N240	Urtání	T=FR-10 F0.2/ot. V=70m Z1=-44.5ink
	N250	ØØ8: Polohy	Z0=-5 X0=-6.2 Y0=13.7 X1=0 Y1=14.7 X2=6.2 Y2=13.7 X3=-6.2 Y3=15.8
	N260	Urtání	T=FR-10 F0.2/ot. V=70m Z1=-44.5ink
	N270	ØØ9: Polohy	Z0=-5 X0=7 Y0=17.5 X1=-7.5 Y1=19.6 X2=0 Y2=20.9 X3=7.5 Y3=19.6
	N280	Urtání	T=FR-10 F0.2/ot. V=70m Z1=-44.5ink
	N290	Ø10: Polohy	Z0=-5 X0=-7.4 Y0=22.8 X1=0 Y1=23.7 X2=7.4 Y2=22.8 X3=-3.8 Y3=23.4
	N360	Otočení osy C	C=240
	N240	Urtání	T=FR-10 F0.2/ot. V=70m Z1=-44.5ink
	N250	Ø11: Polohy	Z0=-5 X0=-6.2 Y0=13.7 X1=0 Y1=14.7 X2=6.2 Y2=13.7 X3=-6.2 Y3=15.8
	N260	Urtání	T=FR-10 F0.2/ot. V=70m Z1=-44.5ink
	N270	Ø12: Polohy	Z0=-5 X0=7 Y0=17.5 X1=-7.5 Y1=19.6 X2=0 Y2=20.9 X3=7.5 Y3=19.6
	N280	Urtání	T=FR-10 F0.2/ot. V=70m Z1=-44.5ink
	N290	Ø13: Polohy	Z0=-5 X0=-7.4 Y0=22.8 X1=0 Y1=23.7 X2=7.4 Y2=22.8 X3=-3.8 Y3=23.4
	N370	Otočení osy C	C=0
	N293	Kontura	KONTURA_FREZOvani2
	N294	Fréz. po dráze	T=FR-10 F0.03/Z U=100m Z=-5 Z1=-45ink
	N291	Kontura	KONTURA_FREZOvani1
	N292	Fréz. po dráze	T=FR-10 F0.03/Z U=100m Z=-5 Z1=-45ink
	N380	Otočení osy C	C=120
	N293	Kontura	KONTURA_FREZOvani3
	N294	Fréz. po dráze	T=FR-10 F0.03/Z U=100m Z=-5 Z1=-45ink
	N291	Kontura	KONTURA_FREZOvani4
	N292	Fréz. po dráze	T=FR-10 F0.03/Z U=100m Z=-5 Z1=-45ink
	N390	Otočení osy C	C=240
	N293	Kontura	KONTURA_FREZOvani5
	N294	Fréz. po dráze	T=FR-10 F0.03/Z U=100m Z=-5 Z1=-45ink
	N291	Kontura	KONTURA_FREZOvani6
	N292	Fréz. po dráze	T=FR-10 F0.03/Z U=100m Z=-5 Z1=-45ink

CHAN1	USB/CNC PROGRAMY/NABOJ_ZADNI		
	N242	Protivřetenno	kompl. S4→S3 G55
	N12	Oddělování třísky	▽ T=DCLNL 2525M-12 F0.3/ot. V=230m příčné X0=105 Z0=4
	N20	Kontura	UNEJSI_KONTURA1
	N40	Oddělování třísky	▽ T=DCLNL 2525M-12 F0.3/ot. V=140m
	N50	Oddělování třísky	▽▽▽ T=MUJNL_2525M-16 F0.2/ot. V=170m
	N220	Urtání	⊕ T=VRTÁK-D3 F0.05/ot. V=80m X1=6ink
	N230	Ø23: Pol. Kružnice	⊕ X0=60 Z0=-3 N=22
	N70	Závít podélný	▽+▽▽▽ T=ZÁVITOVÝ NŮŽ P1.5mm/ot. V=190m vnější X0=60 Z0=0
	N120	Navrt. stř. důlků	⊕ T=NAVRTÁVÁK-3.15 F0.02/ot. V=10m Z1=-5ink
	N130	Ø17: Poloha Řada	⊕ Z0=0 X0=0 Y0=0 N=1
	N150	Středové urtání	T=VRTÁK-D10 F0.08/ot. V=10m Z1=-52ink
	N150	Středové urtání	T=VRTÁK-D25 F0.16/ot. V=10m Z1=-47.5ink
	N151	Středové urtání	T=VRTÁK-D25/180° F0.16/ot. V=10m Z1=-55ink
	N152	Kontura	UNEJSI_KONTURA2
	N153	Oddělování třísky	▽ T=UNIT_TRIG_D25 F0.3/ot. V=110m
	N152	Kontura	UNEJSI_KONTURA3
	N154	Oddělování třísky	▽▽▽ T=UNIT_TRIG_D25 F0.2/ot. V=110m
		Otočení osy C	C=0
	N240	Kontura	⊕ UNEJSI_KONTURA_4
	N250	Fréz. po dráze	▽ ⊕ T=FR D20 F0.04/Z V=70m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N251	Fréz. po dráze	▽▽▽ ⊕ T=FR D20 F0.06/Z V=100m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N270	Otočení osy C	C=120
	N240	Kontura	⊕ UNEJSI_KONTURA_5
	N250	Fréz. po dráze	▽ ⊕ T=FR D20 F0.04/Z V=70m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N251	Fréz. po dráze	▽▽▽ ⊕ T=FR D20 F0.06/Z V=100m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N280	Otočení osy C	C=240
	N240	Kontura	⊕ UNEJSI_KONTURA_6
	N250	Fréz. po dráze	▽ ⊕ T=FR D20 F0.04/Z V=70m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N251	Fréz. po dráze	▽▽▽ ⊕ T=FR D20 F0.06/Z V=100m Z=-27 Z1=-9.8ink
	N252	Otočení osy C	C=0
	N290	Kontura	⊕ UNEJSI_KONTURA_7
	N300	Fréz. po dráze	▽ ⊕ T=FR D20 F0.04/Z V=70m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N310	Fréz. po dráze	▽▽▽ ⊕ T=FR D20 F0.06/Z V=100m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N320	Otočení osy C	C=120
	N290	Kontura	⊕ UNEJSI_KONTURA_8
	N300	Fréz. po dráze	▽ ⊕ T=FR D20 F0.04/Z V=70m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N310	Fréz. po dráze	▽▽▽ ⊕ T=FR D20 F0.06/Z V=100m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N330	Otočení osy C	C=240
	N290	Kontura	⊕ UNEJSI_KONTURA_9
	N300	Fréz. po dráze	▽ ⊕ T=FR D20 F0.04/Z V=70m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N310	Fréz. po dráze	▽▽▽ ⊕ T=FR D20 F0.06/Z V=100m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N311	Otočení osy C	C=0
	N340	Kontura	⊕ UNEJSI_KONTURA_10
	N360	Fréz. po dráze	▽ ⊕ T=FR-10 F0.02/Z V=70m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N370	Fréz. po dráze	▽▽▽ ⊕ T=FR-10 F0.03/Z V=100m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N380	Otočení osy C	C=120
	N340	Kontura	⊕ UNEJSI_KONTURA_11
	N360	Fréz. po dráze	▽ ⊕ T=FR-10 F0.02/Z V=70m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N370	Fréz. po dráze	▽▽▽ ⊕ T=FR-10 F0.03/Z V=100m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N390	Otočení osy C	C=240
	N340	Kontura	⊕ UNEJSI_KONTURA_12
	N360	Fréz. po dráze	▽ ⊕ T=FR-10 F0.02/Z V=70m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N370	Fréz. po dráze	▽▽▽ ⊕ T=FR-10 F0.03/Z V=100m Z=-36.8 Z1=-5ink
	N371	Navrt. stř. důlků	⊕ T=NAVRTÁVÁK-3.15 F0.02/ot. V=10m Z1=-5ink
	N372	Ø19: Pol. Kružnice	⊕ Z0=-27 X0=0 Y0=0 R=42 N=3
	N373	Urtání	⊕ T=VRT-6.5 F0.06/ot. V=10m Z1=-20ink

CHAN1		USB/CNC PROGRAMY/NABOJ_ZADNI	
	N374 020: Pol. Kružnice		Z0=-27 X0=0 Y0=0 R=42 N=3
	N220 Urtání		T=KUŽEL_ZÁHLUBNÍK F0.1/ot. V=10m Z1=-1ink
	N221 005: Pol. Kružnice		Z0=-23 X0=0 Y0=0 R=42 N=3
	N400 Urtání závitu		T=ZÁVITNÍK P1.25mm/ot. V=3m Z1=15ink
	N410 006: Pol. Kružnice		Z0=-27 X0=0 Y0=0 R=42 N=3
END	Konec programu		

## **PŘÍLOHA č. 3**

### **System označování soustružnických nožů dle normy ISO [7]**

SYSTEM ZNAČENÍ NOŽŮ ISO - VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ SYSTEM ZNAČENIA NOŽOV ISO - VONKAJŠIE SÚSTRUŽENIE											
1		2		3						4	
Způsob upínání Spôsob upínania		Tvar destičky Tvar doštičky		Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia						Úhel hřbetu Uhol chrpta	
C		S		C		A	B	C	D	D	
D		T		D		E	F	G	H	J	N
P		R		K		K	L	M	N	P	C
M		W		V		Q	R	S	S	T	P
S		L		X	Speciál	U	V	W	X	Y	P
X						Z					
G											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
P	C	L	N	R	-	32	25	L	12	-
										S

6						8		9									
Výška držáku [mm] Výška držiaka [mm]						Celková délka Celková dĺžka		Velikost destičky Velkosť doštičky									
							$l_1$ [mm]			S	C	D	V	K	W	T	R
08	10	12	16	20	25		D 60	d [mm]									
32	38	40	45	50	60		E 70	6,00									06
							F 80	6,35		06	07	11				11	
							H 100	8,00									08
							J 110	9,525	09	09	11	16	19	06	16		10
							K 125	10,00									12
							L 140	12,00									15
							M 150	12,70	12	12	15			08	22	12	12
							N 160	15,875	15	16						27	15
							P 170	16,00									16
							Q 180	19,05	19	19							19
							R 200	20,00									20
							S 250	25,00									25
							T 300	25,40	25	25							25
							U 350	38,10	38								
							V 400										
							W 450										
							X Spec.										
							Y 500										

7					
Šířka držáku [mm] Šírka držiaka [mm]					
08	10	12	16	20	25
32	38	40	45	50	60

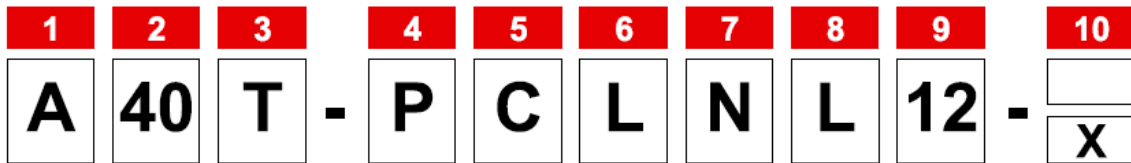
  

10	
Údaje výrobce Údaje výrobcu	
M	Způsob upínání "S" s podložkou Spôsob upínania "S" s podložkou
S	Se seřizovacími šrouby S nastavovacími skrutkami

**SYSTEM ZNAČENÍ NOŽŮ ISO - VNITŘNÍ SOUSTRUŽENÍ**  
**SYSTEM ZNAČENIA NOŽOV ISO - VNÚTORNÉ SÚSTRUŽENIE**

1	
Provedení držáku Prevedenie držiaka	
S	Ocelový držák Ocelový držiak
A	Ocelový držák s chladičím otvorem Ocelový držiak s chladičím otvorom

2				
Průměr držáku [mm] Priemer držiaka [mm]				
08	10	12	16	20
25	32	40	50	60



3	
Celková délka Celková dĺžka	
	l <sub>1</sub> [mm]
D	60
E	70
F	80
H	100
J	110
K	125
L	140
M	150
N	160
P	170
Q	180
R	200
S	250
T	300
U	350
V	400
W	450
X	Spec.
Y	500

4	
Způsob upínání Spôsob upínania	
C	
D	
P	
M	
S	
X	
G	

5	
Tvar destičky Tvar doštičky	
S	
T	
R	
W	
L	
C	
D	
K	
V	
X	Speciál Špeciál

6				
Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia				
A	B	C	D	D
90°	75°	90°	45°	
E	F	G	H	J
60°	90°	90°	107°30'	93°
K	L	M	N	P
75°	95°	50°	62°30'	117°30'
Q	R	S	S	T
107°30'	75°	45°		60°
U	V	W	X	Y
93°	72°30'	60°	SPECIÁL SPECIÁL	85°
Z				

7	
Úhel hřbetu Uhol chrbta	
	$\alpha_n$
N	$\alpha_n=0^\circ$
C	$\alpha_n=7^\circ$
P	$\alpha_n=11^\circ$

9		Velikost destičky Veľkosť doštičky							
d [mm]		S	C	D	V	K	W	T	R
6,00									06
6,35			06	07	11			11	
8,00									08
9,525	09	09	11	16	19	06	16		10
10,00									12
12,00									12
12,70	12	12	15			08	22	12	15
15,875	15	16						27	16
16,00									16
19,05	19	19							19
20,00									20
25,00									25
25,40	25	25							25

8	
Směr řezu Smer rezu	
R	
L	

10	
Údaje výrobce Údaje výrobcu	
X	Speciální provedení stopky Špeciálne prevedenie stopky
.	
.	
87	Hodnota úhlu $\kappa$ u nože tvaru "Z" Hodnota uhlu $\kappa$ při noži tvaru "Z"
90	
93	
.	
.	

**SYSTÉM ZNAČENÍ - NOŽE PRO SOUSTRUŽENÍ ZÁVITŮ**  
**SYSTÉM ZNAČENIA - NOŽE PRE SÚSTRUŽENIE ZÁVITOV**

1		2		3		4	
Způsob upínání Spôsob upínania		Způsob obrábění Spôsob obrábania		Směr řezu Smer rezu		Způsob provedení Zpôsob prevedenia	
C		E vnější vonkajše		R - pravý vnitřní vnútorné		-	běžné / běžné
P		I vnitřní vnútorné			vnější vonkajše		S
M				L - levý / ľavý vnitřní vnútorné			
S					vnější vonkajše		

1	2	3	4	5	6	7	8	
S	E	R	-	S	2525	M	16	-

5			6		8		
Rozměry držáku (mm) Rozmery držiaka (mm)			Celková délka Celková dĺžka		Úhel $\lambda$ Uhol $\lambda$		
vnější obrábění vonkajše obrábanie	2525	25 x 25 mm		$l_1$ [mm]	0	Úhel $\lambda = 0^\circ$ Uhol $\lambda = 0^\circ$	
vnitřní obrábění vnútorné obrábanie	1416	výška / výška - 14 mm průměr / priemer 16 mm		H	100	1	Úhel $\lambda = 1^\circ$ Uhol $\lambda = 1^\circ$
				J	110		
				K	125		
				L	140		
				M	150		
				N	160		
				P	170		
				Q	180		
				R	200		
			S	250			
			T	300			
			U	350			
			V	400			
			W	450			
			X	Spec.			
			Y	500			

7	
Velikost destičky Veľkosť doštičky	
	T
d [mm]	
6,350	11
9,525	16
12,700	22



## **PŘÍLOHA č. 4**

### **Rozdělení obrobitelnosti materiálů dle normy ISO [8]**

<b>P</b>	<p>uhlíkové (nelegované) oceli třídy 10, 11, 12 legované oceli tříd 13, 14, 15, 16 nástrojové oceli uhlíkové (191..., 192..., 193...) nástrojové legované oceli (193... až 198...) uhlíková ocelolitina skupiny 26 (4226...) nízko a středně legované ocelolitiny skupiny 27 (4227...) feritické a martenzitické korozivzdorné oceli (třídy 17..., lité 4229...)</p>	<p>uhlíkové (nelegované) ocele třídy 10, 11, 12 legované ocele tříd 13, 14, 15, 16 nástrojové ocele uhlíkové (191..., 192..., 193...) nástrojové legované ocele (193... až 198...) uhlíková oceloliatina skupiny 26 (4226...) nízko a středně legované oceloliatiny skupiny 27 (4227...) feritické a martenzitické korozivzdorné ocele (třídy 17..., lité 4229...)</p>
<b>M</b>	<p>austenitické a feriticko austenitické oceli korozivzdorné, žáruvzdorné a žárupevné oceli nemagnetické a oteruvzdorné</p>	<p>austenitické a feriticko austenitické ocele korozivzdorné, žiaruvzdorné a žiarupevné ocеле nemagnetické a oteruvzdorné</p>
<b>K</b>	<p>šedá litina nelegovaná i legovaná (4224...) tvárná litina (4223...) temperovaná litina (4225...)</p>	<p>sivá liatina nelegovaná aj legovaná (4224...) tvárná liatina (4223...) temperovaná liatina (4225...)</p>
<b>N</b>	<p>neželezné kovy, slitiny Al a Cu</p>	<p>neželezné kovy, zliatiny Al a Cu</p>
<b>S</b>	<p>speciální žárupevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti</p>	<p>špeciálne žiarupevné zliatiny na báze Ni, Co, Fe a Ti</p>
<b>H</b>	<p>zušlechtěné oceli s pevností nad 1500 MPa kalené oceli HRC 48 ÷ 60 tvrzené kokilové litiny HSh 55 ÷ 85</p>	<p>zušfachtené ocele s pevnosťou nad 1500 MPa kalené ocele HRC 48 - 60 tvrdené kokilové liatiny HSh 55 - 85</p>

## **PŘÍLOHA č. 5**

### **Řezné rychlosti pro soustružení [8]**

Materiál		8016				8030				8040				P	
		S... C... W..	T... D... K..	V... (L...)	R...	S... C... W..	T... D... K..	V... (L...)	R...	S... C... W..	T... D... K..	V... (L...)	R...	HB = 180	k <sub>cr</sub>
Tvar VBD	stůpěň	Rozměry posuvů a hloubky řezu		Hloubka řezu a <sub>p</sub> [mm]	V <sub>15</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]				V <sub>45</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]				KOREKČNÍ SOUČINITEL		
		f [mm.ot <sup>-1</sup> ]													
Jemné a dokončovací soustružení	I	0,05		1,0	375	350	330	410	250	235	220	275	-	-	0,70÷0,80
	II	0,10			-	-	-	-	240	225	210	265	-	-	0,75÷0,85
	III	0,20			-	-	-	-	230	215	200	250	-	-	0,80÷0,90
Polohrubovací soustružení	I	0,20			-	-	-	-	225	210	200	245	165	155	1,05÷1,20
	II	0,30		2,5	-	-	-	-	190	180	165	210	130	120	0,85÷0,95
	III	0,40			-	-	-	-	170	160	150	185	110	105	
Hrubovací soustružení	I	0,40		5,0	-	-	-	-	155	145	135	170	105	100	
	II	0,60			-	-	-	-	135	125	120	150	80	75	
	III	0,80			-	-	-	-	120	115	105	130	70	65	
Těžké hrubovací soustružení	I	0,80			-	-	-	-	85	80	-	-	45	40	
	II	1,00		12	-	-	-	-	75	70	-	-	40	35	
	III	1,30			-	-	-	-	70	65	-	-	35	30	
Upichování obvodové zápíchy a kopírování (CTP)		0,10			-	-	-	-	-	-	180	-	-	-	
		0,15			-	-	-	-	-	-	165	-	-	-	
		0,20			-	-	-	-	-	-	155	-	-	-	
		0,30			-	-	-	-	-	-	140	-	-	-	
Čelní a vnitřní zápíchy		0,10			-	-	-	-	-	-	110	-	-	-	
		0,15			-	-	-	-	-	-	105	-	-	-	
		0,20			-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	
		0,30			-	-	-	-	-	-	90	-	-	-	
Závítování					-	-	-	-	-	165	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	155	-	-	-	-	
					-	-	-	-	-	135	-	-	-	-	

Materiál		Slitiny Cu - mosaz HB = 100						Slitiny Al						KOREKČNÍ SOUČINITEL $k_{\text{m}}$						
		8016, 8030						HF7						Slitiny Al			Slitiny Cu			
Tvar VBD	Rozměry posuvů a hloubky řezu		S...	T... D... K..	V... (L...)	R...	S...	T... D... K..	V...	R...	S...	T... D... K..	V...	R...	S...	T... D... K..	V...	R...		
	stupeň	Posuv $f$ [mm.ot <sup>-1</sup> ]	Hloubka řezu $a_p$ [mm]														$k_{\text{m}}$	$k_{\text{m}}$	$k_{\text{m}}$	
Jemné a dokončovací soustružení	I	0,10	500	-	-	-	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70-0,80	
	II	0,15	450	-	-	-	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75-0,85	
	III	0,20	400	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80-0,90	
Polohrubovací soustružení	I	0,20	400	-	-	-	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,05-1,20	
	II	0,30	350	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,85-0,95	
	III	0,40	300	-	-	-	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PKD	
Hrubovací soustružení	I	0,40	350	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Slitiny Al tvářené nevytvřzené HB 60	2,6
	II	0,60	300	-	-	-	270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Slitiny Al tvářené vytvřzené HB 100	1,0
	III	0,80	250	-	-	-	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Slitiny Al lité nevytvřzené HB 75	0,9
Těžké hrubovací soustružení	I	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Slitiny Al lité vytvřzené HB 90	0,6
	II	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Slitiny Al lité nevytvřzené HB 130 >12% Si	PKD
	III	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Slitiny Cu	PKD
Upichování, obvodové zápichy a kopírování (CTP)	I	0,10	-	-	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Automatová mosaz (>1% Pb)	1,8
	II	0,15	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mosaz HB 90	0,76
	III	0,20	-	-	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Bronz, elektrolytická Cu	0,7
Čelní a vnitřní zápichy	I	0,30	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	II	0,10	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	III	0,15	-	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Závítování	I	0,20	-	-	140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	II	0,30	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	III	0,30	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Závítování	I	0,20	-	-	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	II	0,20	-	-	220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	III	0,30	-	-	220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

## **PŘÍLOHA č. 6**

### **Technologický postup výroby předního náboje**

**ZČUFSTKTO**

**PRŮVODKA**

Zakázka	-				
Název	<b>Náboj předního kola</b>			Vypracoval	Marek Josef
Číslo výkresu	<b>UWR-16-04-90-003</b>			List	1/1
Materiál	EN AW 7075	Polotovar	TYČ KRUHOVÁ 110 EN AW 7075	Kusů	2

č. op.	Pracoviště / popis operace	Pomůcky, Nástroje, $T_{AC}$ , $T_{BC}$
<b>10</b>	<b>Pásová pila</b> Nařezat materiál na délku $L_p=121$ mm.	

<b>20</b>	<p><b>Soustružnické centrum CTX Beta 1250 TC</b></p> <p>Upnout materiál do kalených čelistí, kontrola házení. Zarovnat čelo s přídavkem 0,15 mm. Vyhrubovat osazení <math>\varnothing 70 \times 74</math> mm a <math>\varnothing 65 \times 69</math> mm s příd. 0,5 mm. Soustružit čelo na <math>\varnothing 55</math>, průměry <math>\varnothing 70</math>, <math>\varnothing 64</math>, <math>\varnothing 65 \pm 0,06</math> mm načisto, srazit hranu <math>1 \times 45^\circ</math>. Vyvrtat díry po obvodu <math>22 \times \varnothing 3 \pm 0,2</math> mm. Vyříznout závit M65x1,5. Navrtat středící důlek. Vyvrtat z čela otvor <math>\varnothing 10</math> mm do hloubky 80 mm. Vyvrtat z čela otvor <math>\varnothing 20</math> mm do hloubky 80 mm. Vysoustružit vnitřní otvor z jedné strany načisto. Přeupnutí obrobku do měkkých čelistí, kontrola házení u prvního kusu. Zarovnat čelo s přídavkem 0,15 mm. Začistit vnější průměr na <math>\varnothing 101,5</math> mm. Vyhrubovat <math>\varnothing 65</math>, <math>\varnothing 60</math> mm s přídavkem 0,5 mm. Soustružit čelo, průměry <math>\varnothing 60</math>, <math>\varnothing 65 \pm 0,08</math> mm načisto. Vyvrtat díry po obvodu <math>22 \times \varnothing 3 \pm 0,2</math> mm. Soustružit závit 1 x M60x1,5 a 1 x M60x1,5LH. Navrtat středící důlek. Vyvrtat z čela otvor <math>\varnothing 10</math> mm do hloubky 35 mm. Vyvrtat z čela otvor <math>\varnothing 20</math> mm do hloubky 35 mm. Vysoustružit vnitřní otvor načisto. Vyfrézovat nerotační plochy po obvodu obrobku. Navrtat, vyvrtat díry pro závity M8, srazit hrany. Řezat závity 3xM8, odepnout obrobek, odjehlit hrany.</p>	<p>Číselníkový úchylkoměr</p> <p>Číselníkový úchylkoměr</p> <p><math>t_S = 32</math> min</p>
-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>30</b>	<b>Technická kontrola</b> Kontrola rozměrů $\varnothing 65 \pm 0,06$ , $\varnothing 65 \pm 0,08$ .	Posuvné měřítko, mikrometr
-----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------

## **PŘÍLOHA č. 7**

### **Technologický postup výroby zadního náboje**



**ZČUFSTKTO**

**PRŮVODKA**

Zakázka		-			
Název		<b>Náboj zadního kola</b>		Vypracoval	Marek Josef
Číslo výkresu		<b>UWR-16-04-90-004</b>		List	1/2
Materiál	16343	Polotovary	TYČ KRUHOVÁ 110 ČSN 425510-16343.3.	Kusů	2

č. op.	Pracoviště / popis operace	Pomůcky, Nástroje, $T_{AC}$ , $T_{BC}$
<b>10</b>	<b>Pásová pila</b> Nařezat materiál na délku $L_p=121$ mm.	

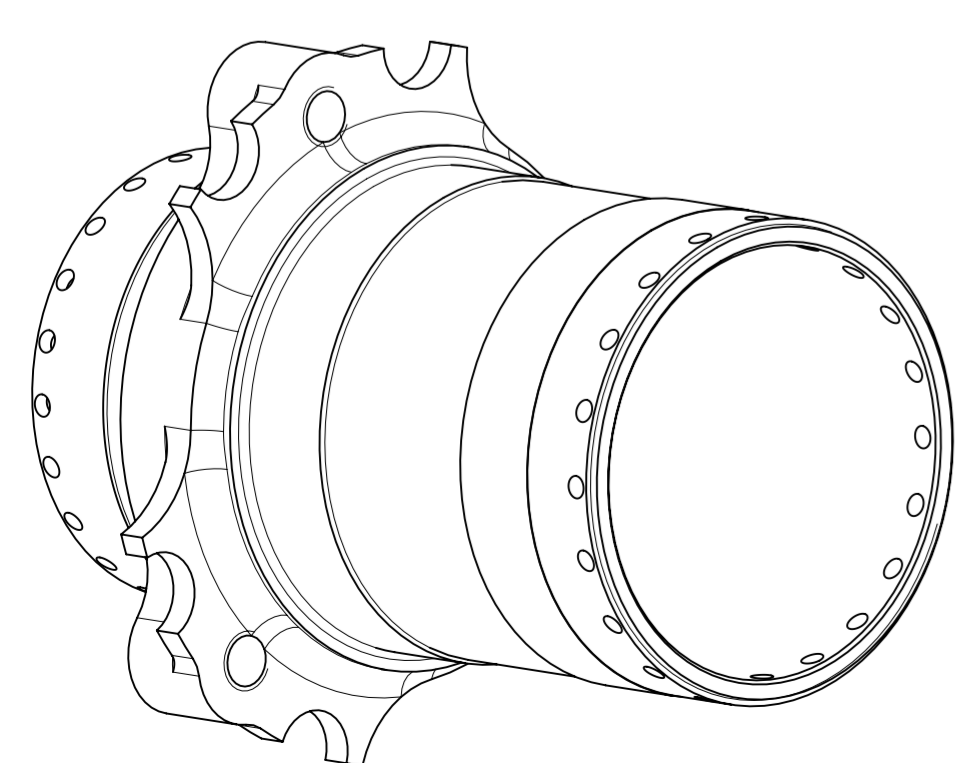
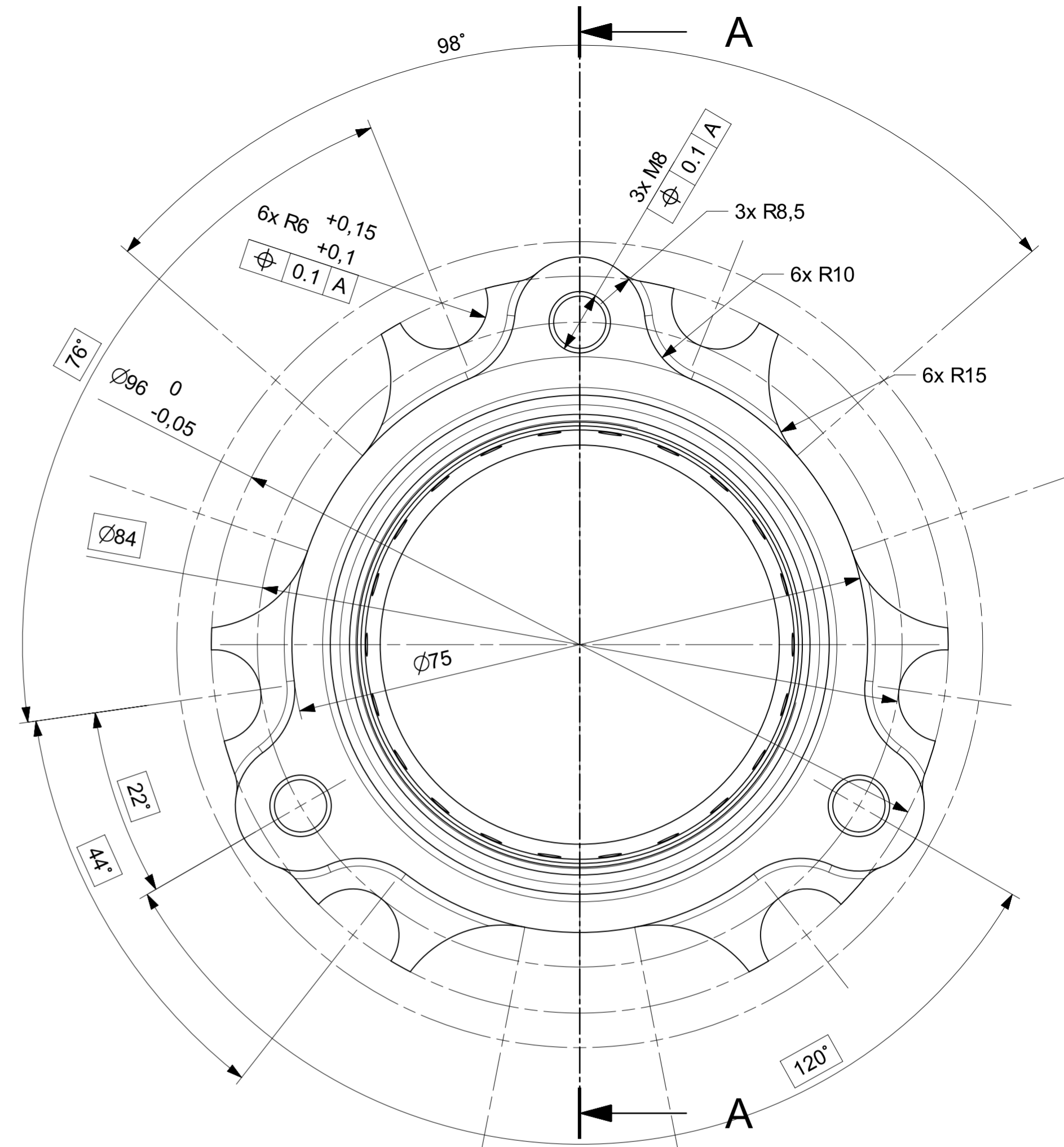
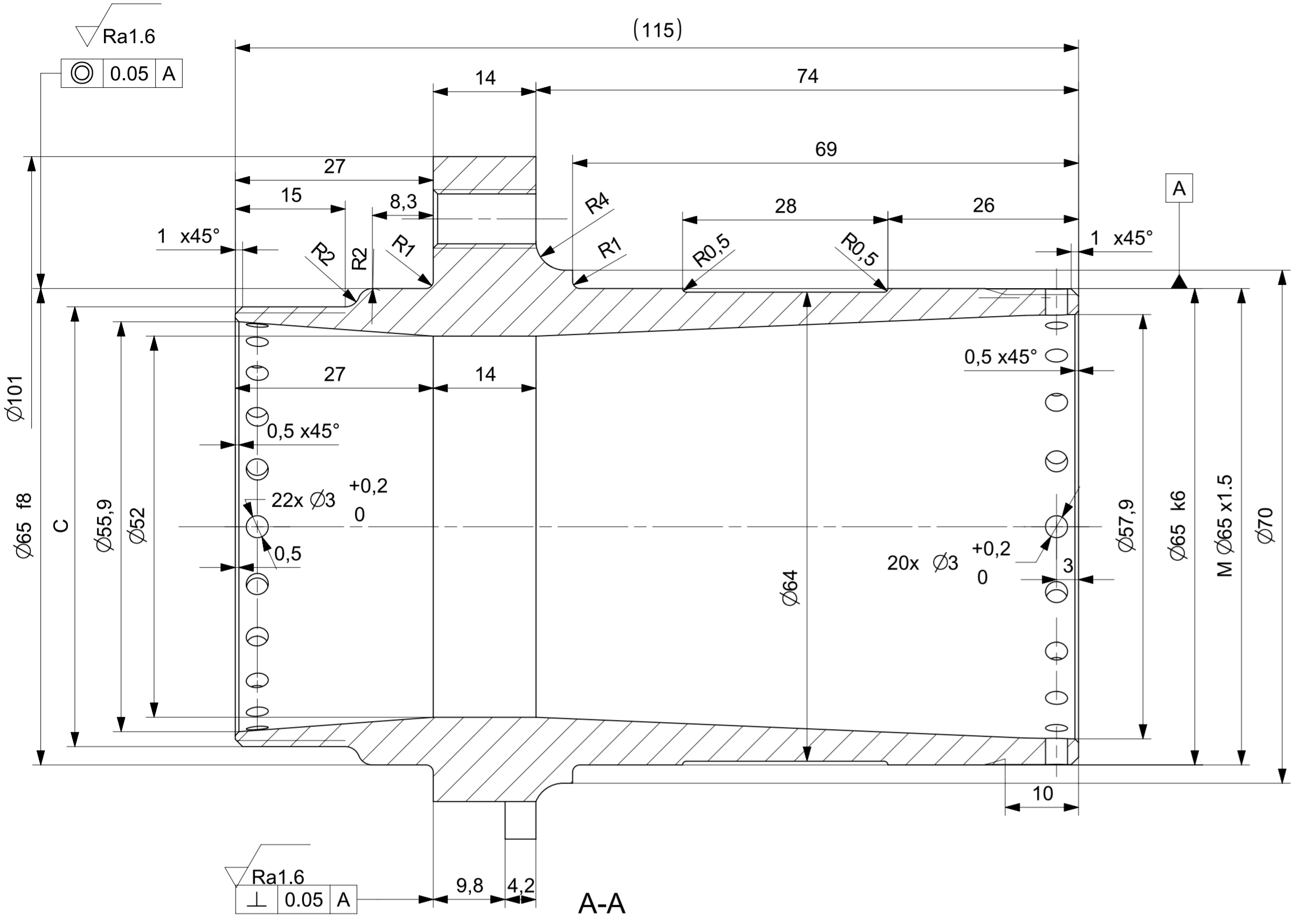
<b>20</b>	<p><b>Soustružnické centrum CTX Beta 1250 TC</b> Upnout materiál do kalených čelistí, kontrola házení. Zarovnat čelo s přídávkem 0,15 mm. Vyhrubovat osazení <math>\varnothing 70 \times 74</math> mm a <math>\varnothing 65 \times 69</math> mm s přídávkem 0,5 mm. Soustružit čelo na <math>\varnothing 55</math> mm, průměry <math>\varnothing 70</math>, <math>\varnothing 64</math>, <math>\varnothing 65 \text{ k6}</math> načisto, srazit hranu <math>1 \times 45^\circ</math>. Vyvrtat díry po obvodu <math>22 \times \varnothing 3+0,2</math> mm. Vyříznout závit M65x1,5. Navrtat středící důlek. Vyvrtat z čela otvor <math>\varnothing 10</math> mm do hloubky 55 mm. Vyvrtat z čela otvor <math>\varnothing 25</math> mm do hloubky 55 mm, nejprve vrtákem s vrcholovým úhlem <math>118^\circ</math> a následně vrtákem s rovným čelem. Vysoustružit vnitřní otvor <math>\varnothing 36,4</math>, <math>\varnothing 57,9</math> mm načisto. Vyhrubovat 3x drážky <math>\varnothing 25,7</math> mm s přídávkem 0,5 mm. plunžrováním, vyfrézovat 3x drážky <math>\varnothing 25,7</math> mm načisto. Navrtat, vyvrtat díry <math>3 \times \varnothing 8</math> do hloubky 45 mm. Přeupnutí obrobku do měkkých čelistí, kontrola házení u prvního kusu. Zarovnat čelo s přídávkem 0,15 mm. Začistit vnější průměr na <math>\varnothing 101,5</math> mm. Vyhrubovat <math>\varnothing 65</math>, <math>\varnothing 60</math> mm s přídávkem 0,5 mm. Soustružit čelo, průměry <math>\varnothing 60</math>, <math>\varnothing 65 \text{ f8}</math> načisto. Vyvrtat díry po obvodu <math>22 \times \varnothing 3+0,2</math> mm. Soustružit závit 1 x M60x1,5 a 1 x M60x1,5LH. Navrtat z čela středící důlek. Vyvrtat z čela otvor <math>\varnothing 10</math> mm do hloubky 60 mm. Vyvrtat z čela otvor <math>\varnothing 25</math> mm do hloubky 60 mm, nejprve vrtákem s vrcholovým úhlem <math>118^\circ</math> a následně vrtákem s rovným čelem.</p>	<p>Číselníkový úchylkoměr</p> <p>Číselníkový úchylkoměr</p>
-----------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

**ZČUFSTKTO**

**PRŮVODKA**

Zakázka		-			
Název		<b>Náboj zadního kola</b>		Vypracoval	Marek Josef
Číslo výkresu		<b>UWR-16-04-90-004</b>		List	2/2
Materiál	16343	Polotovar	TYČ KRUHOVÁ 110 ČSN 425510-16343.3.	Kusů	2

č. op.	Pracoviště / popis operace	Pomůcky, Nástroje, $T_{AC}$ , $T_{BC}$
<b>20</b>	<b>Soustružnické centrum CTX Beta 1250 TC</b> Vysoustružit vnitřní otvor načisto. Vyfrézovat nerotační plochy po obvodu obrobku. Navrtat, vyvrtat díry pro závity M8, srazit hrany. Řezat závity 3xM8. Odepnout obrobek, odjehlit hrany.	$t_S = 124$ min
<b>30</b>	<b>Technická kontrola</b> Kontrola rozměrů $\varnothing 65k6$ , $\varnothing 65f8$ , 3x drážky $\varnothing 25,7$ mm.	Posuvné měřítko, mikrometr



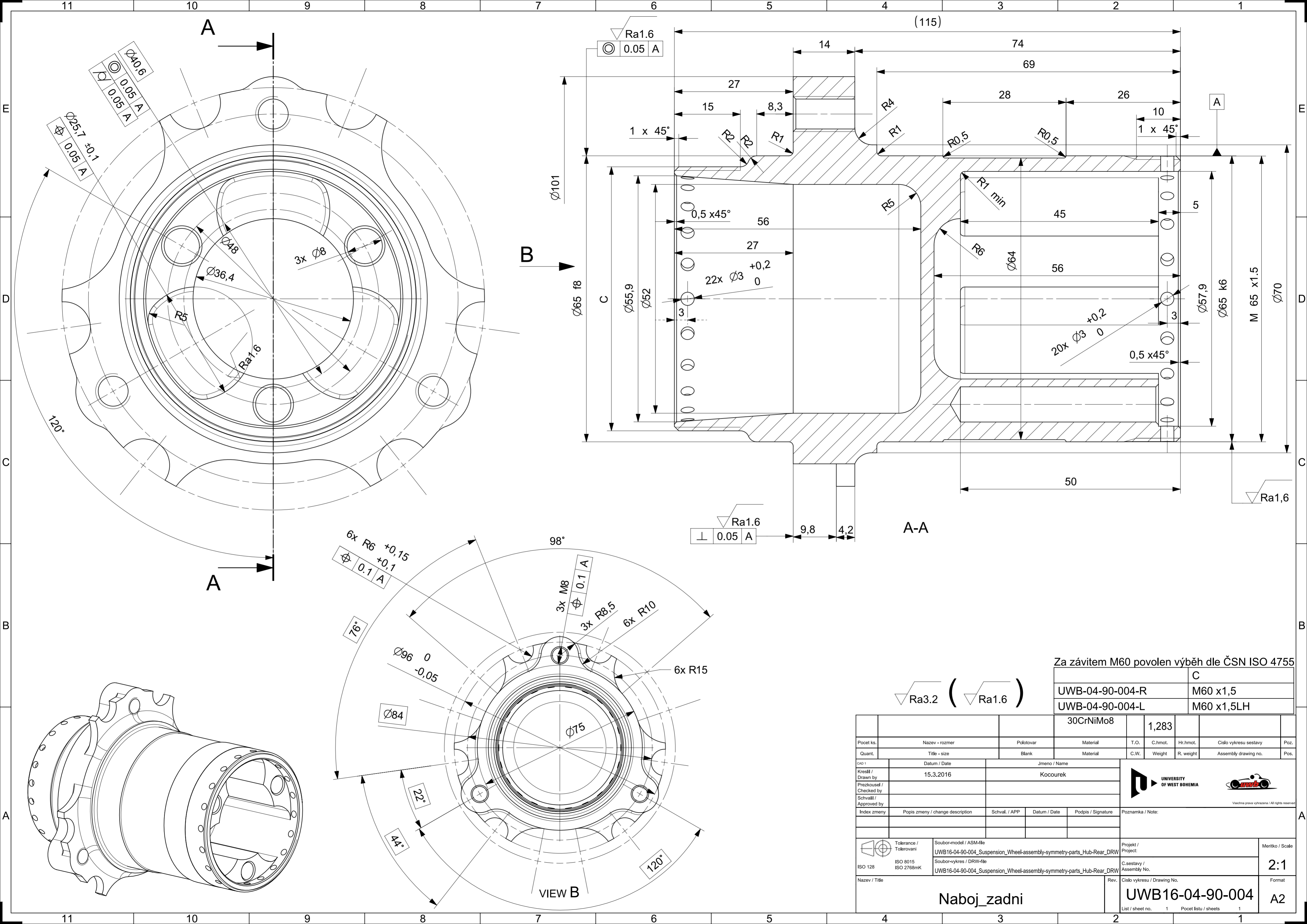
Za závitem M60 povolen výběh dle ČSN ISO 4755

$\sqrt{Ra3.2}$ ( $\sqrt{Ra1.6}$ )	<b>C</b> UWB16-04-90-003-R UWB16-04-90-003-L EN AW-7075 T6511
-----------------------------------	------------------------------------------------------------------------

Pocet ks.	Nazev - rozmer	Pokotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.
CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name				
Kreslil / Drawn by		15.4.		MARTIN MRÁZEK				
Prezkoušel / Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny		Popis zmeny / change description		Schval. / APP		Datum / Date		Podpis / Signature
								Poznámka / Note:
Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK		Soubor-model / ASM-file UWB16-04-90-003_Suspension_Wheel-assembly-symmetry-parts_Hub-Front_DRW Soubor-vykres / DRW-file UWB16-04-90-003_Suspension_Wheel-assembly-symmetry-parts_Hub-Front_DRW		Projekt / Project C.sestavy / Assembly No.		Meritko / Scale <b>2:1</b>		Format <b>A2</b>
Nazev / Title <b>Naboj_predni</b>		Rev. Cislo vykresu / Drawing No. <b>UWB16-04-90-003</b>		List / sheet no. 1		Pocet listu / sheets 1		



Všetchna práva vyhrazena / All rights reserved



Ø40.6  
 0.05 A  
 0.05 A  
 Ø25.7 ±0.1  
 0.05 A

Ra1.6  
 0.05 A  
 14  
 74  
 69  
 28  
 26  
 10  
 1 x 45°  
 R4  
 R1  
 R0.5  
 R0.5  
 R5  
 R6  
 R1 min  
 45  
 5  
 56  
 27  
 0.5 x 45°  
 22x Ø3 +0,2 0  
 3  
 Ø64  
 56  
 20x Ø3 +0,2 0  
 0.5 x 45°  
 3  
 Ø57.9  
 Ø65 k6  
 M 65 x1.5  
 Ø70  
 50  
 Ra1.6

6x R6 +0,15  
 0.1 A  
 3x M8  
 0.1 A  
 3x R8,5  
 6x R10  
 6x R15  
 Ø96 0 -0,05  
 Ø84  
 Ø75  
 22°  
 44°  
 120°  
 98°  
 76°  
 VIEW B

Ra3.2 ( Ra1.6 )

Za závitem M60 povolen výběh dle ČSN ISO 4755

	C
UWB-04-90-004-R	M60 x1,5
UWB-04-90-004-L	M60 x1,5LH

30CrNiMo8		1,283						
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Poklotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name						
Kreslil / Drawn by	15.3.2016	Kocourek						
Prezkoušel / Checked by					UNIVERSITY OF WEST BOHEMIA			
Schválil / Approved by					Všechna práva vyhrazena / All rights reserved			
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:			
Tolerance / Tolerovani		Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project		Meritko / Scale		
ISO 8015 ISO 2768mK		UWB16-04-90-004_Suspension_Wheel-assembly-symmetry-parts_Hub-Rear_DRW		UWB16-04-90-004		2:1		
Soubor-vykres / DRW-file		UWB16-04-90-004_Suspension_Wheel-assembly-symmetry-parts_Hub-Rear_DRW		C.sestavy / Assembly No.				
Nazev / Title		Naboj_zadni		Rev.		Cislo vykresu / Drawing No.		Format
						UWB16-04-90-004		A2
List / sheet no.		1		Pocet listu / sheets		1		