



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STROJNÍ**

**Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**

**INOVACE TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANÉHO DÍLCE**

**TECHNOLOGY INNOVATION OF SPECIFIC COMPONENT**

Bakalářská práce

**Autor:** David Kašpar

**Studijní obor:** Technologie, materiály a ekonomika ve strojírenství

**Vedoucí práce:** Ing. Vítězslav Rázek, CSc.

**Praha 2017**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kašpar** Jméno: **David** Osobní číslo: **438585**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**  
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:  
**Inovace technologie výroby zadaného dílce**

Název bakalářské práce anglicky:  
**Technology innovation of specific component**

Pokyny pro vypracování:  
Zásady pro vypracování  
1. Rozbor používané technologie  
2. Návrhy inovované technologie výroby  
3. Příprava výrobního postupu  
4. Vyhodnocení a závěr

Seznam doporučené literatury:  
\_\_\_\_\_

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:  
**Ing. Vítězslav Rázek CSc., ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:  
\_\_\_\_\_

Datum zadání bakalářské práce: **20.04.2017** Termín odevzdání bakalářské práce: **15.07.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

 \_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) práce


 \_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

 \_\_\_\_\_  
Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.  
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

25.4.2017  
Datum převzetí zadání

 \_\_\_\_\_  
Podpis studenta

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne: .....

Podpis .....

**Poděkování:**

Děkuji zejména vedoucímu práce Ing. Vítězslavu Rázkovi, CSc., za jeho rady, připomínky a cenné konzultace. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům z oddělení technologie firmy Wikov MGI a.s., za poskytnutí nezbytných údajů, praktických rad a ochotný přístup.

**Anotace:**

Předmětem této bakalářské práce je vytvoření způsobu výroby vybraného dílce a následné navržení inovace. V práci jsou rozebrány technologické postupy, volba strojů a nástrojů potřebná k výrobě součásti. Ve stávajícím způsobu výroby se díl nejprve obrábí na soustruhu NEF 600, následně se přesune na vertikální centrum Hedelius C80, kde se provedou vrtací a frézovací operace. V navržené inovaci se výroba realizuje na soustruhu CTX beta 800 *linear* s poháněnými nástroji. Pro oba způsoby výroby byla vytvořena simulace obrábění v CAM softwaru TopSolid a získán NC kód. Technologie jsou na závěr porovnány na základě technicko-ekonomického zhodnocení.

**Klíčová slova:**

Obráběcí stroj, obráběcí nástroj, CAD/CAM, NC kód, obrábění, odlitek, litina

**Abstract:**

Subject of this bachelor thesis is to create a method of production of selected part and consequently proposing of innovation. At work are analysed the technological practices, choice of machine tools and cutting tools required for the manufacture of component. In the existing method of production is the part firstly machined in a lathe NEF 600, subsequently moves to the vertical center Hedelius C80, where will be carry out drilling and milling operations. In the proposed innovation, the production will be realized in CTX beta 800 *linear* with a driven tools. For both production methods was created machining simulation in the CAM software of TopSolid and obtained the NC code. Technologies are compared on the basis of technical-economic evaluation.

**Key words:**

Machine tool, cutting tool, CAD/CAM, NC code, machining, casting, cast iron

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>8</b>
2	Představení firmy Wikov MGI .....	9
2.1	Výrobní profil .....	9
<b>3</b>	<b>Rozbor součásti.....</b>	<b>10</b>
3.1	Konstrukční rozbor součásti .....	10
3.2	Materiálová charakteristika součásti .....	11
<b>4</b>	<b>Výroba .....</b>	<b>14</b>
4.1	Volba strojů.....	14
4.2	Volba nástrojů .....	16
4.3	Stávající způsob výroby.....	19
4.3.1	Operace 05 .....	19
4.3.2	Operace 10 .....	20
4.3.3	Operace 15 .....	21
4.3.4	Operace 20 .....	21
<b>5</b>	<b>Inovace výroby dílu .....</b>	<b>22</b>
5.1	Volba vhodného stroje.....	22
5.2	Volba nástrojů .....	27
5.3	Inovovaný způsob výroby.....	30
5.3.1	Operace 05 .....	30
5.3.2	Operace 10 .....	31
5.3.3	Operace 15 .....	32
<b>6</b>	<b>Tvorba NC programu .....</b>	<b>33</b>
6.1	CAD/CAM software.....	33
6.1.1	Řídící systémy strojů .....	34
6.2	Schéma tvorby NC programu .....	36
<b>7</b>	<b>Technicko-ekonomické zhodnocení .....</b>	<b>39</b>

7.1	Časy spojené s přípravou a obráběním na jednotlivých pracovištích .....	39
7.2	Ekonomické vyhodnocení.....	40
7.2.1	Stávající způsob výroby.....	41
7.2.2	Inovovaný způsob výroby.....	41
7.2.3	Porovnání cen výroby.....	42
7.3	Technické zhodnocení .....	43
<b>8</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>45</b>
<b>10</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>46</b>
<b>11</b>	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>48</b>
<b>12</b>	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>49</b>
<b>13</b>	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>50</b>

# 1 Úvod

Vzhledem ke studijní i mimoškolní spolupráci s firmou Wikov MGI a. s. (dále jen Wikov MGI) a návrhu vedoucího bakalářské práce, mi bylo nabídnuto sestavení technologického procesu výroby dílu pro tramvajovou převodovku, která se kompletně vyrábí a sestavuje ve firmě Wikov MGI, se sídlem a výrobní halou v Hronově. Jedná se o plánovanou výrobu v počtu 220 ks.

Tato bakalářská práce se zabývá obráběním víka za použití výrobního vybavení, prostředků a softwaru v této firmě. Zvolením vhodných nástrojů a řezných podmínek s ohledem na výrobní standardy firmy a technické možnosti strojů, společně s vyhotovením výrobního postupu a tvorbou NC programu. V druhé části práce řeším inovovaný a alternativní proces výroby na mnou zvoleném stroji se všemi nezbytnými údaji pro realizaci výroby dílu. Oba výrobní procesy jsou porovnány na základě technicko-ekonomického zhodnocení. Výpočty na spotřebu materiálu, trvanlivost a ceny nástrojů se neuvažují z důvodu koncepce této práce. Výrobní a ekonomické možnosti, společně s výrobními postupy a praktickými doporučeními byli konzultováni s pověřenými odborníky firmy. V současnosti je však nabídka strojů a nástrojů natolik široká, že většinu součástí lze vyrobit zároveň několika způsoby.



## 2 Představení firmy Wikov MGI

Wikov MGI je nástupcem původního výrobce průmyslových převodovek ČKD. Na tradici výrobního závodu ČKD Hronov úspěšně navázal v roce 2004 pod novým názvem Wikov MGI. Kromě vývoje a výroby nových převodovek dodává Wikov MGI originální náhradní díly na převodovky nesoucí značku ČKD, ke kterým nabízí kompletní servis v podobě údržby, upgradů i generálních oprav.

Přes 95 let je tradičním výrobcem ozubených kol a mechanických převodovek. Výrobní závod se sídlem v Hronově se specializuje na odvětví kolejová vozidla, gumárenství a plasty, doly, vodní, větrné a přílivové elektrárny, těžbu ropy a plynu, metalurgii a tepelnou energetiku. [1]

### 2.1 Výrobní profil

Strojní vybavení firmy Wikov MGI prošlo v posledních letech velkou modernizací a rozšířením. K dispozici jsou klasické konvenční stroje, numericky řízené stroje, víceosé obráběcí centra, portálové frézky, profilové brusky na ozubení. Nachází se zde středisko tepelného zpracování s využitím cementace v různých atmosférických modifikacích, kalení, zušlechťování, žhání, nitridace.

Firma disponuje kalicími lisami pro kalení kol do průměru 1 200 mm, ozubených věnců a prstenců. Vše je zaznamenáváno v protokolech o tepelném zpracování. V úseku kvality se provádí zkoušky materiálové, ultrazvukové, chemická analýza, mechanické zkoušky na tah a vrubovou houževnatost. Pro měření vibrací, hluku, teploty, otáček a odladění převodovek se provádí záběhový test převodovek. Tyto testy jsou standardně prováděny se zatížením i bez a se simulací dynamického zatížení. [1]



Obrázek 1: Technicko-hospodářská budova firmy s výrobní halou Wikov MGI [1]

### 3 Rozbor součásti

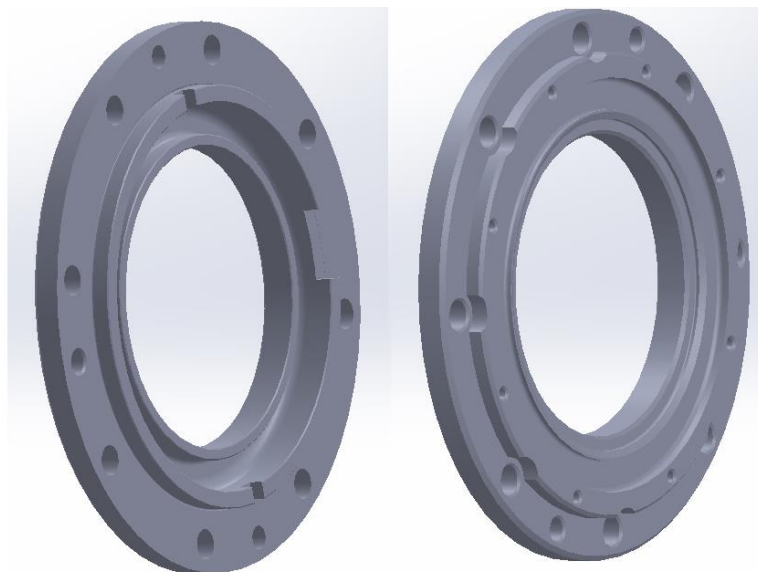
Díl je rotační součást, konkrétně víko, které slouží k připevnění labyrintu, jehož funkcí je rozvod tlakového oleje. Řešený díl je zobrazen na obr. 2. Víko je součástí tramvajové převodovky, jehož poloha v sestavě je vyobrazena na obr. 3.

Polotovarem je odlitek z litiny s kuličkovým grafitem, jehož přesnost se řídí dle ISO 8015. Výkres dílu je přiložen v příloze 1.

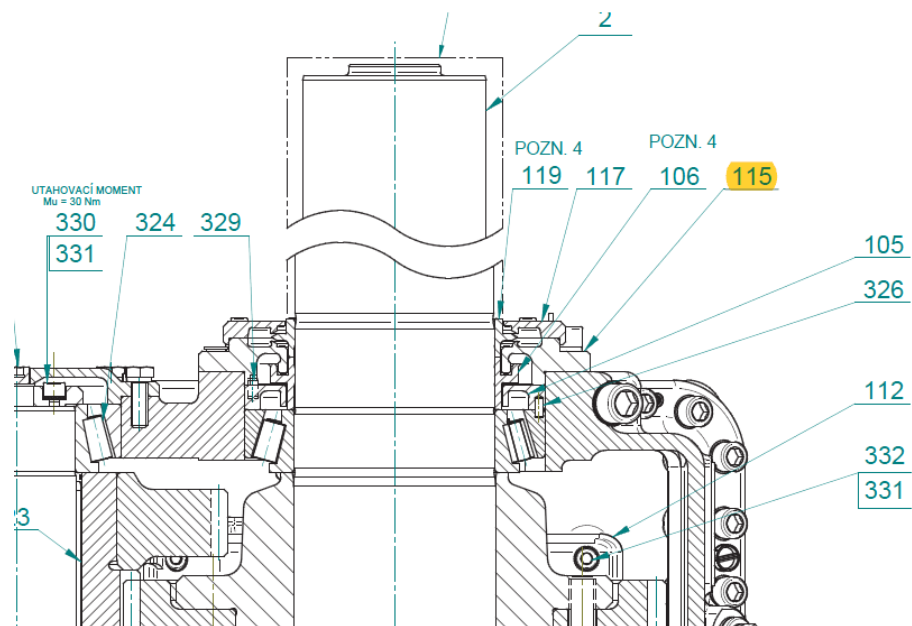
#### 3.1 Konstrukční rozbor součásti

Polotovár je odlitý trubkový profil s průměry 236 mm největšího průměru a 118 mm velikosti díry. Šířka odlitku je 33 mm dle specifikací v razítku na výkrese. Díky odlití hrubého profilu trubky se ušetří čas na vrtání největšího průměru díry v ose dílce, a především řezání na pásové pile, pokud bychom získávali polotovár z kupovaného tyčového profilu. Hmotnost dílu je 2,8 kg. Na výkrese je definováno několik geometrických tolerancí. Jedná se o tolerance převážně kruhového házení a souososti, které se vztahují k jednotné základně. Rozměrové tolerance funkčních ploch definované na výkrese spadají do tolerančního stupně IT7.

Většina ploch bude obrobena na jmenovitou průměrnou aritmetickou úchylku profilu (dále jen Ra) Ra 3,2 s výjimkou plochy s nejmenší tolerancí na házení, kde je drsnost povrchu předepsána na Ra 1,6. Neoznačené plochy budou obrobeny na Ra 6,3. Těchto parametrů a tolerancí se bez větších obtíží dosáhne tradičními obráběcími technologiemi.



Obrázek 2: Zpracovávaná součást



Obrázek 3: Pozice víka v sestavě

### 3.2 Materiálová charakteristika součásti

Podle výrobního výkresu je předepsán materiál EN-GJS-500-7, který odpovídá ČSN 422305. Chemické složení je znázorněno v tabulce 1 [2]

Tabulka 1: Chemické složení [2]

Prvek	Měrné složení v %
C	3,4 až 3,85
Si	2,3 až 3,10
Mn	0,10 až 0,40
S	0,01 max
P	0,05 max
Mg	0,045 až 0,065

System označování grafitických litin je v Evropské unii závazně jednotným systémem národních norem ČSN EN 1560. Používají se dva způsoby označování [3]:

- **Zkrácené označování podle mechanických vlastností**

**EN-GJ x x-x-x**

**EN-GJS-500-7**

1. Pozice obsahuje EN
2. Pozice obsahuje znaky GJ (G označuje odlitek, J značí litinu)
3. Pozice označuje tvar grafitu (velké písmeno)
4. Pozice označuje mikro nebo makrostrukturu (matrice)
5. Pozice uvádí mechanické vlastnosti nebo chemické složení litiny
6. Pozice udává dodatečné požadavky na odlitek

- **Číselné označování**

Číselné označení litin se skládá ze 7 pozic. Za úvodní zkratkou EN-J se uvádí tvar grafitu. Číselná část uvádí vlastnosti litiny a po té pořadové číslo.

**1 2 3 4 5 6 7**

**EN - J X n n n n**

1. Pozice má neměnné složení znaků EN
2. Pozice označuje grafit (litina)
3. Pozice označuje tvar grafitu
4. Pozice symbolizuje hlavní uváděnou vlastnost litiny
5. Je dvojmístné číslo, které označuje jednotlivé materiály
6. Pozice uvádí zvláštní požadavky na jednotlivé materiály

V tabulce 2 jsou uvedeny mechanické vlastnosti:

Tabulka 2: Mechanické vlastnosti [2]

<b>Mechanické vlastnosti</b>	
Pevnost v tahu $R_m$ [Mpa]	450 až 500
Mez 0,2; $R_{p0,2}$ [Mpa]	320
Tažnost [%]	7
Struktura	15% až 50% perlitu, max. 5% cementitu
Měrná hmotnost [ $g/cm^3$ ]	7,3

Litiny jsou slitiny železa, uhlíku a dalších prvků, v nichž je uhlík vyloučen jako grafit nebo vázán jako karbid  $Fe_3C$ , případně karbid jiného prvku. Obsah uhlíku v litinách je vyšší, než odpovídá jeho maximální rozpustnosti v austenitu, t.j. přibližně více, než 2 % C. Litiny krystalizují podle stabilního nebo metastabilního diagramu Fe-C, resp. Fe- $Fe_3C$ , případně se v průběhu tuhnutí a chladnutí uplatňují oba systémy. [4]

Litiny s kuličkovým grafitem se používají na součásti strojů mechanicky a dynamicky namáhané, vodící a kluzné lišty, válečky rovnaček, podávací válečky. Obrobitelnost, leštitelnost je velmi dobrá. Mají nižší otěruvzdornost a dobrou svařitelnost. [2]

## 4 Výroba

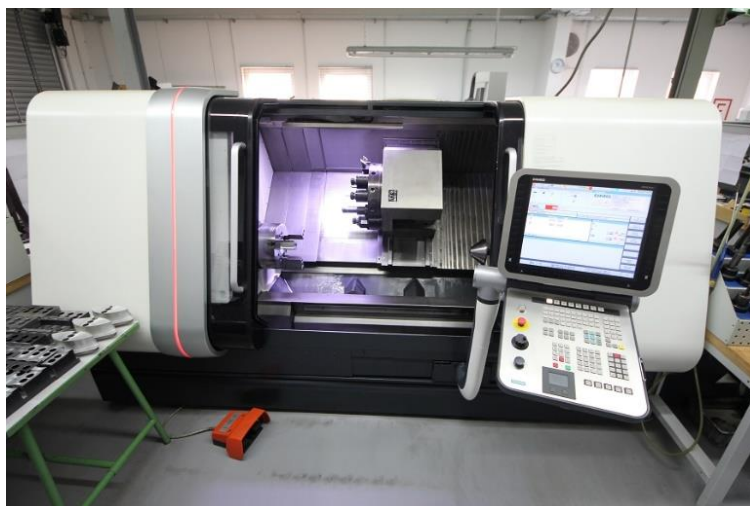
Tato kapitola popisuje mnou sestavený návrh výrobního procesu v prostředí firmy Wikov MGI (dále jen stávající způsob výroby). Při návrhu se vychází z firemních standardů a zvyklostí. Na základě výkresové dokumentace byl sestaven technologický postup ve formě dílčích operací a vytvořen 3D model součásti společně s polotovarem. Tyto modely byly použity pro simulaci obráběcího procesu pomocí CAM softwaru, ze kterého se získaly strojní časy ( $t_{as}$ ) a NC kód. Technologický postup je zpracován v kapitole 4.3.

### 4.1 Volba strojů

Stroje byly vybírány na základě optimalizace, kapacitních důvodů, strojního vybavení firmy a předpokládané sériovosti. Zvoleny byly po konzultaci a doporučení odborných pracovníků firmy dva stroje. Pro soustružení dílce je vybrán CNC soustruh NEF 600. Pro nerotační obrábění je zvoleno vertikální obráběcí centrum Hedelius C80, kde proběhne veškeré frézování, společně s výrobou otvorů a závitů dle výrobní dokumentace.

DMG NEF 600 [6,7]:

CNC soustruh, který používá moderní technologii od výrobce DMG. Jeho použití je v kusové a malosériové výrobě. Dodavatel nabízí mnoho modifikací a úprav dle požadavku zákazníka. Využívá se především na obrobky z tyčí a jednokusové polotovary. Největší nevýhodou tohoto stroje je omezení pojezdu revolverové hlavy v ose Y a absence poháněných nástrojů, jelikož firma Wikov využívá pouze základní verzi stroje bez příplatkových doplňkových prvků. Z tohoto důvodu následuje obrobení na dalším stroji. Technické údaje jsou uvedeny v příloze 2.



*Obrázek 4: CNC soustruh NEF 600 [7]*

Hedelius C80 [8]:

Jedná se o 3-osé vertikální frézovací centrum, které je k dostání s velkým množstvím příslušenství, jako např.: otočné kruhové stoly pro polohování obrobku, měřicí sondy apod. Díky velkému pojezdu v X ose je možné ustanovení dlouhých či více obrobků. Stroj disponuje kapacitou zásobníku pro 56 nástrojů a umožňuje obrábění dílů až do hmotnosti 2800 kg. Technické údaje jsou uvedeny v příloze 3.



*Obrázek 5: Obráběcí centrum Hedelius C80 [8]*

## 4.2 Volba nástrojů

Nástroje byly vybrány od tradičního dodavatele Seco Tools a Paul Horn GmbH s ohledem na stávající sortiment používaného nářadí a skladových zásob. Nástroje pro soustružení jsou nože s vyměnitelnými břitovými destičkami (dále jen VBD) ze slinutého karbidu.

Destičky ze slinutého karbidu jsou opatřeny povlakem s označením TK1501 nebo TK 2001 se složením  $Ti(C,N) + Al_2O_3$ . Nástroje pro frézování jsou monolitní karbidové frézy s povlakem  $Ti(C, N) - Al_2O_3$ . Nástroje pro vrtání jsou monolitní karbidové vrtáky s povlakem  $TiAlN + TiN$ . [9, 11]

Řezné podmínky jsou voleny s ohledem na obráběný materiál, v tomto případě GJS-500-7, který patří dle ISO do skupiny K4 a požadované vlastnosti obrobku (rozměrové tolerance, drsnost). Rovněž je zohledněno omezení výkonu, otáček, posuvu a kroutícího moment stroje.

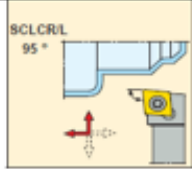
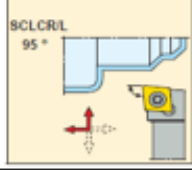
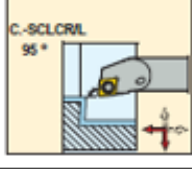
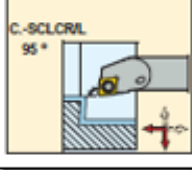

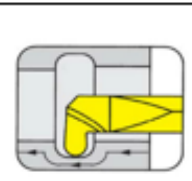
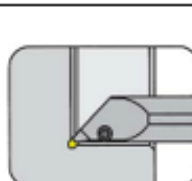
Pro výpočet řezných podmínek se vychází ze startovních podmínek dle katalogu výrobce a pomocného softwaru Secolor® Turning Calculator, který dle zadaných charakteristik nástroje (popř. VBD), požadovaných hodnot na kvalitu a přesnost povrchu doporučí nejvhodnější řezné podmínky. V praxi se tyto parametry následně odlaďují po prvních vyrobených kusech nebo se vychází z již předem získaných zkušeností.

Při volbě nástrojů se klade důraz na optimalizaci a použití maximálních řezných hodnot s ohledem na dosažení požadovaných geometrických a rozměrových tolerancí, společně s předepsanou jakostí povrchu. Použité nástroje pro výrobu víka jsou znázorněny v nástrojovém listu, viz tab. 3 a 4.








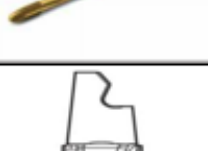
Základní princip pro volbu upínacích nástrojů a přípravků je, aby splňovaly požadovaný účel a to zejména rychlou manipulaci při upínání a odepínání, nastavení obrobku vzhledem k ose obrábění. Pro výrobu víka není potřeba vyrábět speciální přípravky. Upínací nástroje budou voleny dle firemního vybavení.



Tabulka 3: List použitých nástrojů [9,10]

Číslo listu:1	NÁSTROJOVÝ LIST			Wikov MGI a.s.
Číslo nástroje (pozice)	Popis	Držák nástroje	Označení břitové destičky	Zobrazení nástroje
T1	Nůž pro vnější soustružení hrubovací	SCLCR 2020K09	CCMT 09T308-M3	
T2	Nůž pro vnější soustružení dokončovací	SCLCR 2020K09	CCMT 09T308-F1	
T3	Vnitřní soustružnický nůž hrubovací	C4-SCLCR -11070-09	CCMT 09T308-M3	
T4	Vnitřní soustružnický nůž dokončovací	C4-SCLCR -11070-09	CCMT 09T304-F1	
T5	Vnější zapichovací nůž	C4-CFOR -27085-05L080055-JET	LCMF 160508-0500-FT	
T6	Vnitřní soustružnický nůž	BK T105.2445.02	R105.0007.4.6	
T7	Soustružnický zapichovací nůž	R 245.0020.02	217.0010.20	

Tabulka 4: List použitých nástrojů [11,12,13]

Číslo listu:2	NÁSTROJOVÝ LIST			Wikov MGI a.s.
Číslo nástroje (pozice)	Popis	Objednávací kód (popis produktu)	Označení břitové destičky	Zobrazení nástroje
T8	Fréza pro drážkování	554080SZ4.0-SIRON-A (02733815)	monolitní	
T9	Karbidový vrták	SD205A-10.0-48-10R1	monolitní	
T10	Karbidový vrták	SD205A-13.0-56-14R1	monolitní	
T11	Karbidový vrták	SD203-10.2-31-12R1	monolitní	
T12	Karbidový vrták	SD203-4.9-20-6R1	monolitní	
T13	Strojní závitník	MTS-M12X1.75ISO6HX-XC-S010	monolitní	
T14	Strojní závitník	MTH-M6X1.00ISO6H-TB-V001	monolitní	
T15	Zahlubovací fréza	MM12- 16095.0-0024DS	monolitní	

### 4.3 Stávající způsob výroby

Řešená součást je vyráběna na 4 upnutí. V prvním a druhém upnutí se provádí soustružení na stroji NEF 600, třetí a čtvrté upnutí je realizováno na stroji Hedelis C80. Nástroje jsou označeny postupně dle pořadí umístění v revolverové hlavě viz tabulka 3 a 4. V této kapitole jsou popsány veškeré úseky prováděné v jednotlivých operacích, společně s řeznými podmínkami a strojními časy. Doby pro seřízení a přípravy strojů jsou uvedeny v kapitole 7.1.

#### 4.3.1 Operace 05

Zvyklostí je obrábět co nejvíce úseků na jedno upnutí. Při každém dalším upnutí se vnáší nepřesnosti do výroby. Obrábí se všechny kusy v dávce nejprve z jedné strany, poté dojde k přeřazení stroje a následuje obrobení z druhé strany. Obrobek je upnut do sklíčidla za největší průměr ( $\varnothing 236$  mm). Zarovná se čelo a soustruží se plocha před čelistmi sklíčidla (ponechání 1 mm před čelistmi kvůli předejití kolize) z důvodu následného upnutí za již obrobenou plochu. Následuje hrubování kontury a jemné soustružení ploch s vysokým požadavkem na kvalitu povrchu. Po ukončení každé operace se díl přeměří, zda-li vyhovuje požadavkům na výkrese.

Tabulka 5: Operace 05

Výrobní postup č. 1							
Stroj: CNC soustruh NEF 600		Č. výkresu: 08-103284		Podnik: Wikov MGI			
Součást: Víko		Polotovár: odlitek TR 236/118, 33 šířka		Materiál: GJS-500-7			
č. op. 05	Popis činnosti	Nástroj	V <sub>c</sub> [mm]	f [mm/ot]	a <sub>p</sub> [mm]	i [-]	t <sub>AS</sub> [min]
a	Upnout za $\varnothing 236$ v délce 13						
b	Zarovnat čelo na délku 31	T1	310	0,4	2	1	0:22
c	Soustružit $\varnothing 234$ v délce 16	T1	310	0,4	1	1	0:09
d	Hrubovat $\varnothing 198,5$ v délce 7,5	T1	300	0,4	2,5	3	0:32
e	Zarovnat čelo na délku 30,5	T2	340	0,22	0,5	1	0:18
f	Soustružit na čisto $\varnothing 198f7$ v délce 7,5	T2	420	0,11	0,25	1	0:37
g	Srazit hrany 2x45°; 1,5x45°;	T2	330	0,3	-	-	-
h	Hrubovat díru na $\varnothing 128$ skrz	T3	300	0,3	2,5	2	0:28
i	Soustružit $\varnothing 176$ v délce 1,5+0,3	T3	330	0,2	1,5	1	0:09
j	Srazit vnitřní hranu 2x45°	T4	330	0,2	-	-	-
k	Soustružit $\varnothing 141$ s R0,5 v délce 5	T4	330	0,2	1,75	1	0:05
l	Soustružit zkosení 60° na $\varnothing 147$ dle výkresu	T4	330	0,2	1,75	1	0:03
m	Zapichovat tvarové vybrání dle programu s 0,2mm přídavek na dokončení	T5	110	0,1	5	2	0:48
n	Soustružit tvarové vybrání s R2 dle programu	T5	110	0,1	0,2	1	0:10
o	Soustružit vnitřní R1,5	T6	50	0,02	1	1	0:18
p	Kontrola rozměrů a povrchu						

### 4.3.2 Operace 10

Obrobek se upne za největší obrobený průměr ( $\varnothing 234$  mm), čímž se dosáhne stabilního a přesného upnutí, které je nezbytné pro dosažení předepsaných geometrických tolerancí. U soustružení se postupuje obdobně jako v prvním upnutí (kapitola 3.3.1). Při této operaci je nutno dosáhnout velice nízkého házení na  $\varnothing 128,5$  mm a  $\varnothing 138,5$  mm. Této přesnosti se dosáhne obrobením základny na  $\varnothing 180$  mm a ploch vztažených k této základně na jedno upnutí. Z hlediska řezných podmínek dojde ke snížení posuvu ( $f$ ) a hloubky třísky ( $a_p$ ) a zvýšení řezné rychlosti ( $v_c$ ).

Tabulka 6: Operace 10

č. op. 10	Popis činnosti	Nástroj	$V_c$ [mm]	$f$ [mm/ot]	$a_p$ [mm]	$i$ [-]	$t_{As}$ [min]
	Otočit a upnout do měkkých čelistí za $\varnothing 234$ v délce 15						
	Zarovnat čelo na délku 28,5	T1	310	0,4	2	1	0:22
	Soustružit $\varnothing 234$ v délce 13	T1	315	0,4	1	1	0:07
	Hrubovat $\varnothing 180,5$ v délce 7,5	T1	300	0,4	2,5	3	0:31
	Zarovnat čelo na délku 28+0,4	T2	350	0,22	0,5	1	0:14
	Soustružit na čisto $\varnothing 180f7$ v délce 8-0,1	T2	420	0,1	0,25	1	0:41
	Srazit hrany $0,5 \times 45^\circ$ dle výkresu	T2	350	0,3	-	-	-
	Soustružit na čisto $\varnothing 128,5+0,3$ skrz	T4	400	0,11	0,25	1	0:11
	Srazit hrany $0,5 \times 45^\circ$ dle výkresu	T4	355	0,2	-	-	-
	Zapichovat tvarové vybrání dle programu s 0,2 mm přídavkem na dokončení	T5	110	0,1	5	4	1:11
	Soustružit tvarové vybrání s R6 dle programu s přídavkem 0,5 na $\varnothing 138,5-0,3$	T5	110	0,1	0,2	1	0:15
	Soustružit vnitřní R3; R1,5	T6	50	0,02	1	1	0:29
	Soustružit zápich (K detail) v délce 8-0,1	T7	100	0,2	0,3	1	0:04
	Soustružit na čisto $\varnothing 138,5-0,3$	T4	390	0,15	0,25	1	0:10
	Kontrola rozměrů a povrchu						

### 4.3.3 Operace 15

Díl se upne do sklíčidla nebo samostředícího svěráku na stůl vertikálního obráběcího centra. Čelisti sklíčidla mohou být zakalené, jelikož nedojde k deformaci povrchu díky větší hodnotě drsnosti povrchu (Ra 6,3). Nejprve se frézují drážky a následně se vrtá díra. Rozměrný stůl umožňuje upnutí až 8 obrobků, čímž se zkrátí čas pro manipulaci s jednotlivými kusy.

Tabulka 7: Operace 15

Výrobní postup č. 1								
stroj: Hedelius C80		Č. výkresu: 08-103284		podnik: Wikov MGI				
součást: Víko		Polotovary: odlitek TR 236/118, 33šřířka		materiál: GJS-500-7				
				2/2				
č. op. 15	Popis činnosti	Nástroj	V <sub>c</sub> [m/min]	f <sub>z</sub> [mm/z]	f [mm/ot]	a <sub>p</sub> [mm]	i [-]	t <sub>AS</sub> [min]
	Upnout na stůl do sklíčidla (samostředícího svěráku) kolmo na osu vřetene							
	Frézovat drážky o délce 8	T8	115	0,04		6	2	0:22
	Frézovat drážku o délce 30	T8	115	0,04		6	4	0:36
	Vrtat díru Ø10 do hloubky 7+0,5	T9	85		0,22	5	2	0:12
	Zahloubit díru Ø10	T15	125	0,9		-	1	0:16
	Kontrola rozměrů a povrchu							

### 4.3.4 Operace 20

Po otočení dílu následuje vrtání zbylých děr a soustružením závitů. Veškeré díry se zkosí pomocí speciální zahlubovací frézy před zhotovením závitů. Okolo děr ø13 mm se frézuje zaoblení do hloubky 0,1 mm pro lepší dosednutí šroubu.

Tabulka 8: Operace 20

č. op. 20	Popis činnosti	Nástroj	V <sub>c</sub> [m/min]	f <sub>z</sub> [mm/z]	f [mm/ot]	a <sub>p</sub> [mm]	i [-]	t <sub>AS</sub> [min]
	Otočit a upnout do sklíčidla							
	Vrtat díry 8xØ13	T10	85		0,26	6,5	2	0:38
	Frézovat zaoblení 8x R10 dle výkresu	T8	110	0,05		0,1	1	1:17
	Zahloubit díry Ø13	T15	125	0,9		-	1	0:20
	Vrtat díry pro závit 2xM12	T11	95		0,22	5,1	2	0:22
	Zahloubit díry pro závit M12	T15	125	0,9		-	1	0:08
	Soustružit závit 2xM12	T13	25		1,75	0,9	2	0:21
	Vrtat díry pro závit 8xM6 do délky 15	T12	90		0,13	2,45	2	0:28
	Zahloubit díry pro závit M6	T15	125	0,9		-	1	0:19
	Soustružit závit 8xM6 do délky 12	T14	25		1	0,55	2	0:33
	Kontrola rozměrů a povrchu							

## 5 Inovace výroby dílu

### 5.1 Volba vhodného stroje

S ohledem na rozměr a geometrii součásti je třeba zvolit nejvhodnější stroj, na jehož volbu mají vliv zejména následující činitele [14]:

- druh obrábění (soustružení, frézování, vrtání apod.),
- počet obráběných součástí,
- rozměry pracovního prostoru stroje,
- rozsah řezných podmínek,
- skutečný výkon obráběcího stroje,
- přesnost a tuhost obráběcího stroje,
- stupeň složitosti a obtížnosti obráběcího stroje
- stupeň využití pracovního času obráběcího stroje (jeho časové využití),
- stupeň využití výrobních možností obráběcího stroje
- cena obráběcího stroje
- specifické podmínky dané součástí, popřípadě obráběcího stroje

Z geometrie součásti je zřejmé, že jednou a nejvhodnější z možností pro výrobu daného dílu je použití soustružnického centra s poháněnými nástroji a přídavným pojezdem v ose Y nebo multifunkčního obráběcího centra. Využitím stroje s protivřetenem se minimalizuje meziskladování a přebytečné upínání dílu. Bohužel většina dodavatelů obráběcích strojů nenabízí protivřetenem v základní verzi stroje a je nutno si jej zakoupit jako doplňkový prvek. Vzhledem k velikosti série 220ks se z finančního hlediska investice do pořízení protivřetene nevyplácí.

S ohledem na výše zmíněná kritéria byl výběr zúžen na dvě možnosti – CTX beta 800 *linear* od výrobce DMG Mori na obr. 6 a CTX beta 800 TC taktéž od výrobce DMG Mori na obr. 7 které jsou následně porovnány na základě svých technologických možností. Ostatní stroje byly vyřazeny, protože jejich parametry byly nedostatečné nebo nadbytečné vzhledem ke složitosti a geometrii řešeného dílu.

CTX beta 800 *linear* [15]:



Obrázek 6: CNC soustruh CTX beta 800 *linear* [15]

CTX beta 800 *linear* je univerzální CNC soustruh s revolverovou hlavou a poháněnými nástroji. Výrobce nabízí stroj v základní verzi s revolverovou hlavou o kapacitě 12 nástrojů s upínací stopkou VDI 40, avšak je možné pořídit stroj s revolverovou hlavou o kapacitě 16 nástrojů s upínací stopkou VDI 30. Toto řešení s rozšířenou kapacitou nástrojových jednotek vzhledem k počtu nástrojů potřebných pro obrobení dílce umožní kompletní obrobení dílce, bez nutnosti výměny nástroje v průběhu obráběcího procesu, jelikož z hmotnostních a rozměrových důvodů VDI systému není téměř možné realizovat automatickou výměnou nástrojů. Kvůli požadavkům na frézování mimo osu obrobku je nezbytné pořízení Y osy, která je doplňkovým prvkem stroje.

Revolverová hlava je již v základním provedení na všech nástrojových místech vybavená přesným upínacím rozhraním TRIFIX®, které umožní redukovat přípravný čas až o 80 %. Rozhraní umožňuje vysoce stabilní a přesné upnutí, díky čemuž je zaručena maximální přesnost a bezpečnost obráběcího procesu. [15]

Po stránce programování poskytuje řízení Siemens 840D díky ShopTurn 3G mnohem více než jen základní obráběcí procesy jako soustružení kontur, zapichování a soustružení zapichováním nebo tvarové a dráhové frézování či frézování závitů. Intelligence CNC řídicího systému reprezentuje kompletní know-how společnosti DMG Mori. To se projevuje zejména u speciálních technologických cyklů, např. pro soustružení nerotačních tvarů, obrábění vícehranů, měření během procesu nebo efektivní použití speciálních nástrojů. Pomocí ShopTurn 3G lze rychle realizovat i speciální opce stroje podle potřeb zákazníků nebo řízení technologického procesu, ať už použití např. revolverových lunet nebo zařízení pro manipulaci s obrobky. A v neposlední řadě řídicí systém nabízí i grafiku pro rychlé seřízení. [16]

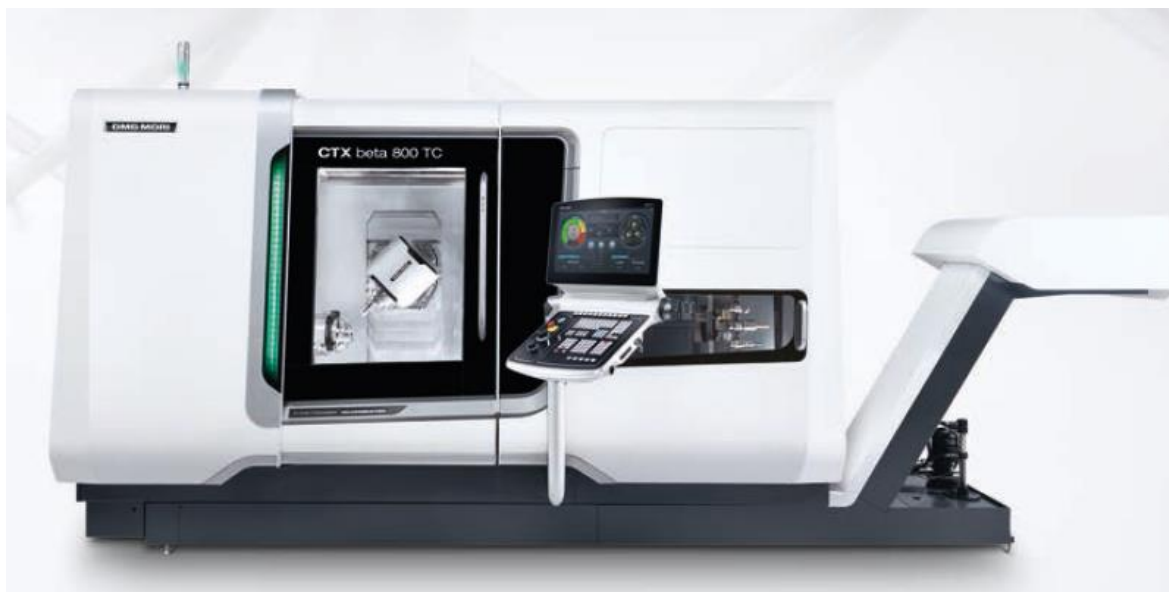
Nejdůležitější technické údaje o stroji jsou popsány v tab. 9. Kompletní technické parametry stroje jsou uvedeny v příloze č. 4.

*Tabulka 9: Parametry stroje CTX beta 800 linear [15]*

<b>CTX beta 800 linear</b>	
<b>Parametry stroje</b>	<b>Hodnota</b>
Maximální soustružený Ø dílu	410 mm
Maximální Ø průchozí tyče	68 mm
Délka	4771 mm
Šířka	1862 mm
Výška	2035 mm
Příkon	55 kW
Hmotnost	6100 kg
Maximální otáčky vřetene	5000 min <sup>-1</sup>
Výkon vřetene	34 kW
Maximální točivý moment	280 Nm
Maximální otáčky poháněného nástroje	4000 min <sup>-1</sup>
Kapacita revolverové hlavy	12 (16)
Doba výměny nástroje	0,4 s
Maximální hmotnost nástroje	8 kg



CTX beta 800 TC [17]:



*Obrázek 7: Multifunkční obráběcí centrum CTX beta 800 TC [17]*

Multifunkční obráběcí centrum CTX beta 800 TC s automatickým výměníkem nástrojů a osou B se zdvihem Y 200 mm, vybavenou novým soustružnicko-frézovacím vřetenem, které díky nově vyvinutému mechanismu na uvolňování nástrojů má délku pouhých 350 mm. Krouticí moment vřetena je nastaven na 120 Nm. Vřeteno dosahuje maximálně 12 000 ot./min nebo ve vysokorychlostní variantě 20 000 ot./min. Díky svému průkopnickému vybavení je CTX beta 800 TC určen jak pro klasické soustružení obrobků do průměru 500 mm a délce 800 mm, tak i pro kompletní soustružnicko-frézovací operace až po simultánní pětiosé obrábění. V základním provedení je stroj vybaven hlavním vřetenem, provedeným jako integrované motorové vřeteno chlazené kapalinou (ISM76) s 380 Nm a 34 kW, nebo volitelně jako ISM102 s 770 Nm, 38 kW a NC-řízeným koníkem. Vedle významně rozšířeného spektra možností nabízí CTX beta 800 TC zákazníkovi výhodný vstup do efektivního soustružnicko-frézovacího obrábění malých součástek za atraktivní cenu. Stroje CTX beta 800 TC s prostředím Celos, panelem ErgoLine a řídicím systémem od společnosti Siemens byly v květnu 2014 schváleny k expedici. V základním provedení je stroj vybaven panelem ErgoLine s panelem o velikosti 19 palců a prostředím Operate 4.5 na Siemens 840D. [18]

Nejdůležitější technické údaje o stroji jsou popsány v tab. 10.

Tabulka 10: Parametry stroje CTX beta 800 TC [17]

<b>CTX beta 800 TC</b>	
<b>Parametry stroje</b>	<b>Hodnota</b>
Maximální soustružený Ø dílu	500 mm
Maximální Ø průchozí tyče	67 mm
Délka	4957 mm
Šířka	2065 mm
Výška	2247 mm
Příkon	85 kW
Hmotnost	10 000 kg
Maximální otáčky vřetene	5000 min <sup>-1</sup>
Výkon vřetene	34 kW
Maximální točivý moment	380 Nm
Maximální otáčky hnaného nástroje	12 000 min <sup>-1</sup>
Kapacita zásobníku nástrojů	24
Doba výměny nástroje	11,5 s
Maximální hmotnost nástroje	7 kg


Nevýhodou tohoto stroje jsou jak rozměry a hmotnost, tak i pořizovací cena. Všechny tyto parametry jsou v porovnání s CTX beta 800 *linear* podstatně vyšší. Důležitým kritériem pro volbu stroje je především doba výměny nástroje (viz tab. 9 a 10), což je pro řešenou výrobu klíčový faktor. Revolverová hlava má v tomto směru nezpochybnitelnou výhodu, která se projeví v celkovém čase výroby. Koncepce stroje CTX beta 800 TC je řešena pomocí integrovaného motorového vřetena s automatickou výměnou nástrojů. Využití tohoto stroje je vhodnější pro opracování tvarově složitějších dílu za pomoci víceosého obrábění, které je realizováno naklápěním nástrojového vřetena. Pro danou součást by potenciál stroje CTX beta 800 TC nebyl plně využit.

S odkazem na předchozí popsanou charakteristiku a provedené porovnání nejdůležitějších kritérií pro volbu stroje, je z dvou variant strojů pro výrobu zadaného dílu vybrán univerzální soustruh CTX beta 800 *linear* (dále jen CTX) od německého výrobce DMG Mori.

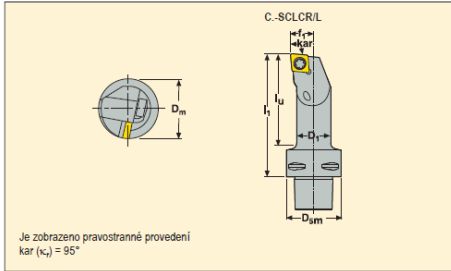
## 5.2 Volba nástrojů

Vzhledem k racionalizaci výroby byla snaha použít podobné spektrum nástrojů, jako ve stávajícím způsobu výroby, a to převážně s ohledem na rozměry a geometrii. Pro určité operace je provedena alternativa volby nástrojů, která přinese zkrácení strojního času a díky vhodnějšímu upnutí také zkrátí čas pro přípravu stroje. Všechny nástroje jsou vybrány od výrobce Seco Tools a Paul Horn GmbH. Použité nástroje pro výrobu víka jsou znázorněny nástrojovém listu, viz tab. 11. a 12.

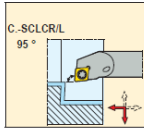
Držáky břitových destiček CCGT, CCGW, CCGX, CCMT a CCMW



- Program břitových destiček viz str. 343–347, 400–401, 431–432
- $\gamma_o^\circ$  = úhel čela,  $\lambda_{sg}^\circ$  = úhel sklonu
- Značení držáků viz str. 12–13





Je zobrazeno pravostranné provedení kar ( $\kappa_c$ ) = 95°



Capto velikost	Objednací kód	Rozměry v mm							$\gamma_o^\circ$	$\lambda_{sg}^\circ$	KG	CC
		D <sub>1</sub>	D <sub>3m</sub>	f <sub>1</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>3</sub>	D <sub>m</sub> min					
C3	09	C3-SCLCR -11065-09	16	32	11,0	65	48	20	0	-12	0,2	CC.09T3
		-13075-09	20	32	13,0	75	59	25	0	-8	0,3	CC.09T3
		C3-SCLCL -11065-09	16	32	11,0	65	48	20	0	-12	0,2	CC.09T3
		-13075-09	20	32	13,0	75	59	25	0	-8	0,3	CC.09T3

Obrázek 8: Výběr držáku s destičkou [9]

**Zvolte standard**

Metrický  Palec

**Výběr podle materiálu**

Materiál  
EN GJS-500-7

Třída  
TK2001

Resetovat

**Vstupní hodnoty**

Úhel čela	Pozitivní	Hloubka řezu	0,25 mm
Utvařecí třísky	F1	Posuv	0,11 mm/ot
Náběhový úhel	95,0 °	Požadovaná životnost	15 min
Rádus	0,4 mm	<input type="checkbox"/> Dodržujte hodnoty	

Vypočítat

**Výsledek**

**Řezná rychlost 420 m/min**

Tloušťka třísky 0,05 mm

Kopírovat do schránky

Jazyk Czech (Czech Rep.)









Verze 1.1.0.37

Obrázek 9: Výpočet řezné rychlosti [9]

Tabulka 11: Nástrojový list [9, 10]

Číslo listu:1	NÁSTROJOVÝ LIST			ČVUT FS
Číslo nástroje (pozice)	Popis	Držák nástroje	Označení břitové destičky	Zobrazení nástroje
T1	Nůž pro vnější soustružení hrubovací	C3-SCLCR-22040-12	CCMT120412-M5 TK2001	
T2	Nůž pro vnější soustružení dokončovací	C3-SCLCR-22040-12	CCMT120408-F1 TK2001	
T3	Vnitřní soustružnický nůž hrubovací	C3-SCLCL-11065-09	CCMT09T308-M5 TK1501	
T4	Vnitřní soustružnický nůž dokončovací	C3-SCLCL-11065-09	CCMT09T304-F1 TK2001	
T5	Vnější zapichovací nůž	CFOL 2525M05R080055-JET	LCMF 160508-0500-MT	
T6	Vnitřní soustružnický nůž	BK T105.2445.02	R105.0007.4.6	
T7	Soustružnický zapichovací nůž	R 245.0020.02	217.0010.20	

Tabulka 12: Nástrojový list [11, 12, 13]

Číslo listu:2	NÁSTROJOVÝ LIST			ČVUT FS
Číslo nástroje (pozice)	Popis	Objednávací kód (popis produktu)	Označení břitové destičky	Zobrazení nástroje
T8	Fréza pro drážkování	JHP993080D2C.3Z4-SIRA (02828156)	monolitní	
T9	Karbidový vrták	SD205A-10.0-48-10R1	monolitní	
T10	Karbidový vrták	SD205A-13.0-56-14R1	monolitní	
T11	Karbidový vrták	SD203-10.2-31-12R1	monolitní	
T12	Karbidový vrták	SD203-4.9-20-6R1	monolitní	
T13	Strojní závitník	MTS-M12X1.75ISO6HX-XC-S010	monolitní	
T14	Strojní závitník	MTH-M6X1.00ISO6H-TB-V001	monolitní	
T15	Zahlubovací fréza	MM12- 16095.0-0024DS	monolitní	

## 5.3 Inovovaný způsob výroby

Součást je vyráběna na 3 upnutí. Stroj CTX obrobí při operaci 05 a 10 kompletní povrch dílce s přídatkem pro plochy s požadavkem na kruhové házení a rozměrové tolerance, které se dokončí při třetím upnutí (operace 15). Způsob výroby je popsán obdobně jako v kapitole 4.3. Doby na přípravu a seřízení stroje, společně s časem potřebným pro výrobu dílu jsou uvedeny v kapitole 7.1.

### 5.3.1 Operace 05

Princip upnutí je stejný jako v kapitole 4.3.2. Při soustružení se nechává přídatkem na  $\varnothing 180,5$  mm,  $\varnothing 128$  a  $\varnothing 138,5$  mm, poté následuje mimoosé frézování a vrtání. Toto obrácené upnutí (na rozdíl od stávajícího způsobu výroby) je nezbytné, aby se předešlo přejíždění nože přes otvory děr, pokud by se zhotovily při prvním upnutí. To by mohlo způsobit poškození břitu nástroje z důvodu přerušení řezu a nepříznivě ovlivnit kvalitu povrchu.

Tabulka 13: Operace 05

Výrobní postup č. 2							
Stroj: CTX beta 800 linear		Č. výkresu: 08-103284		Hmotnost: 2,8kg			
Součást: Víko		Polotovar: odlitek TR 236/118, 33 šířka		Materiál: GJS-500-7			
č. op. 05	Popis činnosti	Nástroj	$v_c$ [mm]	$f/f_z$ [mm/ot/z]	$a_p$ [mm]	$i$ [-]	$t_{AS}$ [min]
	Upnout do sklíčidla za $\varnothing 236$ v délce 13						
	Zarovnat čelo na délku 31	T1	330	0,4	2	1	0:20
	Soustružit $\varnothing 234$ v délce 16	T1	330	0,4	1	1	0:08
	Hrubovat $\varnothing 180,5$ v délce 7,5	T1	320	0,4	2,5	3	0:30
	Zarovnat čelo na délku 30,5	T2	350	0,22	0,5	1	0:17
	Hrubovat díru na $\varnothing 128$ skrz	T3	315	0,4	2,5	2	0:25
	Srazit hrany $0,5 \times 45^\circ$ dle výkresu	T3	335	0,2	-	-	-
	Zapichovat tvarové vybrání dle programu s 0,2 mm přídatkem na dokončení	T5	110	0,1	5	4	1:11
	Soustružit tvarové vybrání s R6 dle programu s přídatkem 0,5 na $\varnothing 138,5-0,3$	T5	110	0,1	0,2	1	0:15
	Soustružit vnitřní R3; R1,5	T6	50	0,02	1	1	0:29
	Soustružit zápich (K detail) v délce 8-0,1	T7	100	0,2	0,3	1	0:04
	Frézovat drážky o délce 8	T8	145	0,06	6	1	0:15
	Frézovat drážku o délce 30	T8	140	0,08	6	4	0:27
	Vrtat díru $\varnothing 10$ do hloubky 7+0,5	T9	85	0,22	5	2	0:12
	Zahloubit díru $\varnothing 10$	T15	125	0,9	-	1	0:16
	Kontrola rozměrů a povrchu						

### 5.3.2 Operace 10

Obrobek je upnut stejně jako v kapitole 4.3.1. Po soustružení se provede vrtání všech děr, společně s vyhotovením závitů.

Tabulka 14: Operace 10

č. op. 10	Popis činnosti	Nástroj	V <sub>c</sub> [mm]	f/fz [mm/ot/z]	a <sub>p</sub> [mm]	i [-]	t <sub>AS</sub> [min]
	Otočit díl a upnout za Ø234 do sklíčidla v délce 15						
	Zarovnat čelo na délku 28,5	T1	315	0,4	2	1	0:21
	Soustružit ø234 v délce 13	T1	330	0,4	1	1	0:06
	Hrubovat ø198,5 v délce 7,5	T1	310	0,4	2,5	3	0:31
	Zarovnat čelo na délku 28+0,4	T2	350	0,22	0,5	1	0:14
	Soustružit na čisto ø198f7 v délce 7,5	T2	420	0,15	0,25	1	0:35
	Srazit hrany 2x45°; 1,5x45°;	T2	350	0,2	-	-	-
	Soustružit ø176 v délce 1,5+0,3	T3	325	0,3	1,5	1	0:07
	Srazit vnitřní hranu 2x45°	T4	325	0,3	-	-	-
	Soustružit ø141 s R0,5 v délce 5	T4	325	0,3	1,75	1	0:04
	Soustružit zkosení 60° na ø147 dle výkresu	T4	325	0,3	1,75	1	0:02
	Zapichovat tvarové vybrání dle programu s 0,2mm přídavek na dokončení	T5	110	0,1	5	2	0:48
	Soustružit tvarové vybrání s R2 dle programu	T5	110	0,1	0,2	1	0:10
	Soustružit vnitřní R1,5	T6	50	0,02	1	1	0:18
	Frézovat zaoblení 8x R10 dle výkresu	T8	140	0,06	0,1	1	1:05
	Vrtat díry 8xØ13	T10	85	0,26	6,5	2	0:38
	Zahloubit díry Ø13	T15	125	0,9	-	1	0:20
	Vrtat díry pro závit 2xM12	T11	95	0,22	5,1	2	0:22
	Zahloubit díry pro závit M12	T15	125	0,9	-	1	0:08
	Soustružit závit 2xM12	T13	25	1,75	0,9	2	0:21
	Vrtat díry pro závit 8xM6 do délky 15	T12	90	0,13	2,45	2	0:28
	Zahloubit díry pro závit M6	T15	125	0,9	0,25	1	0:19
	Soustružit závit 8xM6 do délky 12	T14	25	1	0,55	2	0:33
	Kontrola rozměrů a povrchu						

### 5.3.3 Operace 15

Tato operace je nezbytná pro dosažení požadovaných tolerancí. Vzhledem k zamezení možných nepřesností obráběcího procesu (popsáno v kapitole 4.3.1) nebylo možné tyto plochy obrobit při předchozích operacích.

Tabulka 15: Operace 15

č. op. 15	Popis činnosti	Nástroj	$V_c$ [mm]	$f$ [mm/ot]	$a_p$ [mm]	$i$ [-]	$t_{AS}$ [min]
	Upnout do sklíčidla za $\varnothing 234$						
	Soustružit na čisto $\varnothing 180f7$ v délce 8-0,1	T2	420	0,1	0,25	1	0:41
	Srazit hrany 0,5x45° dle výkresu	T2	350	0,3	-	-	-
	Soustružit na čisto $\varnothing 128,5+0,3$ skrz	T4	410	0,11	0,25	1	0:11
	Soustružit na čisto $\varnothing 138,5-0,3$	T4	400	0,15	0,25	1	0:09
	Kontrola rozměrů a povrchu						



## **6 Tvorba NC programu**

Číslicově řízené výrobní stroje (CNC) jsou charakteristické tím, že ovládání pracovních funkcí stroje je prováděno řídicím systémem stroje pomocí vytvořeného programu. Informace o požadovaných činnostech jsou zapsány v programu pomocí alfanumerických znaků. Vlastní program je dán posloupností oddělených skupin znaků, kterým říkáme bloky nebo věty. Program je určen pro řízení silových prvků stroje a zaručuje, aby požadovaná výroba součásti proběhla v pořadí zadaném po jednotlivých blocích, které jsou napsány v NC kódu. [19]

NC kód pro výrobu součásti na stroji NEF 600 a Hedelius (stávající způsob výroby) je vložen v příloze č. 5. NC kód pro stroj CTX je vložen v příloze č. 6.

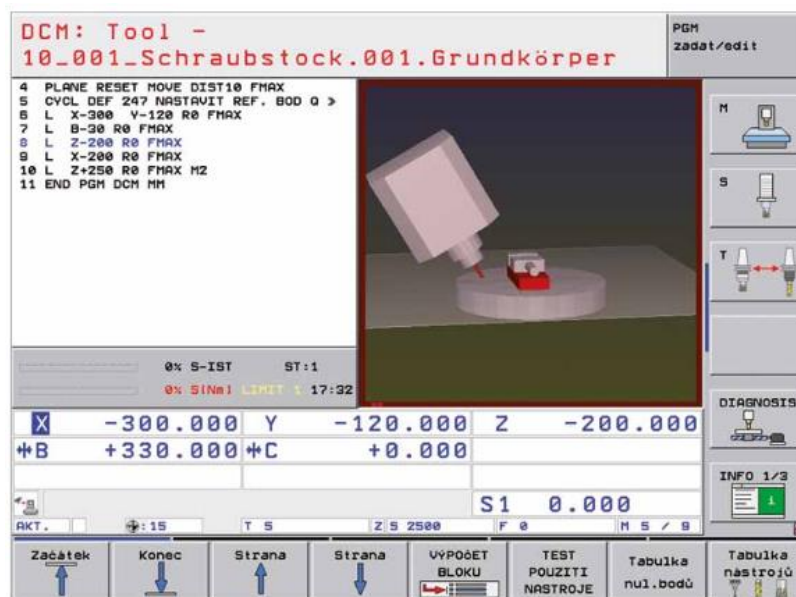
### **6.1 CAD/CAM software**

Pro generování NC kódu byl zvolen software Top Solid 2010. Top Solid je komplexní systém určený pro náročnou i běžnou inženýrskou konstrukční práci (CAD). Je-li třeba, je ve variantě CAD/CAM právě tak výkonný při generování technologií různých typů obrábění pro různé typy obráběcích strojů. V oblasti CAM technologií můžeme očekávat komplexní podporu frézování do 5 os, soustružení, kombinaci soustružení a frézování do 5 os pro obráběcí centra, řezání drátem, prostřihování, řezání laserem, vodním paprskem, obrábění vyjiskřováním s pomocí elektrod. O propojení mezi CAM modelem stroje, obráběním a řídicí jednotkou konkrétního reálného typu se starají postprocesory, které obdržíte od dodavatele na klíč. Existuje ale možnost koupit si prostředí pro vývojáře a můžete pak provádět úpravy postprocesorů sami. Top Solid je vyráběn společností Missler Software z Francie, na území České a Slovenské republiky jej distribuuje včetně všech služeb společnost CENTERSOFT s.r.o. [20]

### 6.1.1 Řídící systémy strojů

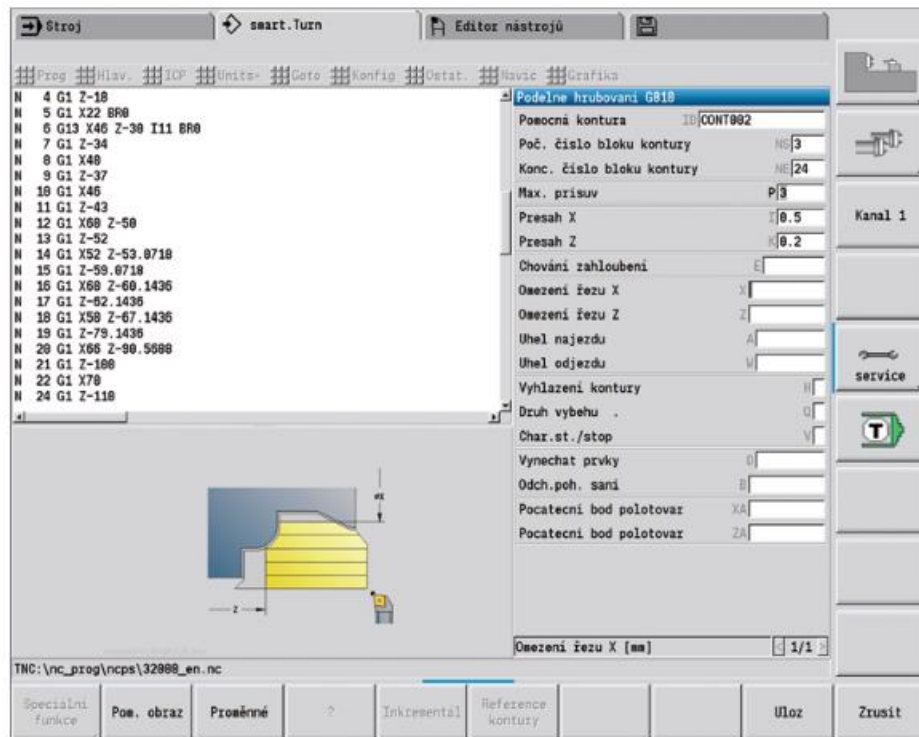
Soustruh NEF 600 je vybaven řídicím systémem Pilot 640. Obráběcí centrum Hedelius C80 je vybaveno řídicím systémem Heidenhain iTNC 530. Soustruh CTX je vybaven řídicím systémem Sinumerik 840D.

iTNC 530 od firmy HEIDENHAIN je všestranný, dílensky a konturově orientovaný řídicí systém pro frézovací, vrtací a vyvrtávací stroje stejně jako pro obráběcí centra. Systém iTNC 530 je universální a jeho široký a komplexní rozsah aplikací to potvrzuje. Používá se pro frézovací stoje, víceosé obrábění, karusely apod. [21]



Obrázek 10: Prostředí systému Heidenhain iTNC 530 [21]

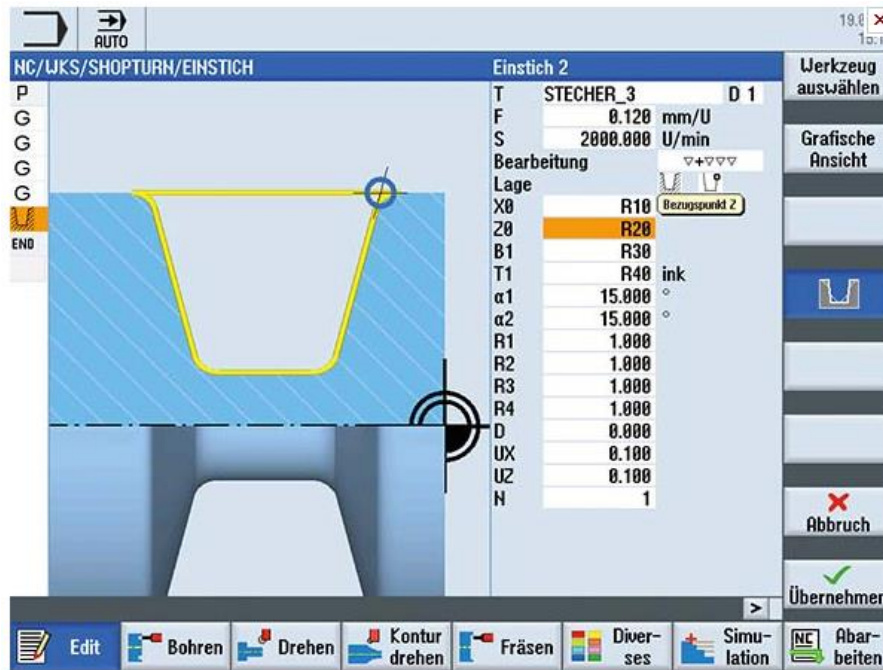
Pilot 640 je systém od firmy Heidenhain. Díky pružné struktuře a všestranným programovacím možnostem nabízí CNC PILOT vždy správnou podporu. Bez ohledu na to, zda se jedná o kusovou nebo sériovou výrobu, jednoduché nebo složité součásti, řízení CNC PILOT se přizpůsobí požadavkům uživatele. CNC PILOT se vyznačuje jednoduchou obsluhou i programováním. CNC PILOT podporuje soustruhy s hlavním vřetenem, jedním suportem (osa X a Z), osou C nebo polohovatelným vřetenem a poháněnými nástroji, ale také stroje vybavené osami Y a B. [22]



Obrázek 11: Prostředí systému Pilot 640 [22]

Řídicí systém SINUMERIK 840D je digitální systém od firmy Siemens AG vhodný prakticky pro všechny aplikace. Vysoký stupeň modularity umožňuje rychle přizpůsobit tento systém požadavkům zákazníka. Systém SINUMERIK 840D je systémová platforma s pokrokovými funkcemi pro téměř všechny technologie. Společně s digitálním měničem SIMODRIVE 611 a PLC automatem SIMATIC S7-300 představuje systém SINUMERIK 840D kompletní digitální řešení vhodné pro složité obráběcí funkce a zároveň vykazuje vysokou úroveň dynamiky a přesnosti.

Škálovatelnost hardwaru a softwaru předurčuje SINUMERIK 840D pro použití v širokém spektru aplikací. Možné nasazení na strojích požadujících jednoduché polohovací funkce až ve složitých víceosých obráběcích centrech. [23]



Obrázek 12: Prostředí systému Sinumerik 840D [23]

## 6.2 Schéma tvorby NC programu

Informace, které program obsahuje, lze rozdělit na následující druhy [19]:

- **Geometrické:** Popisují dráhy nástroje, které jsou dány rozměry součásti a strategií obrábění. Dráhy jsou dány kartézskými souřadnicemi.
- **Technologické:** Stanovují, jakým postupem se bude vyrábět, jakými nástroji, jakou technologií a reznými podmínkami.
- **Pomocné:** Informace, povely pro stroj určené pro pomocné funkce (přívod chladicí kapaliny, otáčky vřetene, výměna nástroje, atd.)

Programuje se [24]:

- **Absolutně-G90:** Souřadnice všech bodů se zadávají k předem zvolenému počátku souřadnic.
- **Relativně (přírůstkově)-G91:** Souřadnice všech bodů se zadávají vzhledem k předchozímu bodu, tzn. každý předchozí bod je považován za bod nulový.

Program se skládá z bloků (vět, řádků), tyto bloky se skládají z příkazů (slov), která obsahují adresovou a významovou část. Popis bloku je vyobrazen v tabulce 16 [24]

Tabulka 16: Popis bloku [24]

Popis struktury bloku		Druh informace
N	Číslování bloku	Ostatní
G	Přídavné funkce	Geometrické
X, Y, Z	Souřadnice	
F	Rychlost posuvu	
S	Otáčky vřetene	Technologické
T	Volba nástroje	
M	Pomocné funkce	Přípravné

Stroj se řídí kódy G a M. Pokud jsou v programech použity cykly, překládají se taktéž do G kódů. Pro tvorbu programu se vychází z norem [19]:

- ČSN ISO 6983-1; Číslicové řízení strojů. Formát programu a definice adres.
- ISO (DIN 66025); NC programování

Nutno poznamenat, že některé z kódů G těchto norem nejsou standardní. Výrobci si neobsazené kódy volí, případně upravují podle zaměření stroje.

Většina M kódů je konfigurovatelná. M kódy mohou být přizpůsobeny na základě požadavku zákazníka, podle výrobního určení stroje. [19]

## Ukázka NC kódu z přílohy č. 5 a 6:

Část NC kódu pro NEF 600

Část NC kódu pro Hedelius C80

```

N7 X124.028 Z4.314 G95
N8 G0 G42 X235.8 Z5.5
N9 G1 Z-16. G95
N10 G40 X240.6
N11 G96 S300 M4
N12 G0 X239.8 Z-1.6
N13 G1 X199.8
N14 X202.628 Z-.186 G95
N15 G0 X239.8
N16 Z-4.1
N17 G1 X199.8
N18 X202.628 Z-2.686
N19 G0 X239.8
N20 Z-6.6
N21 G1 X199.8
N22 X202.628 Z-5.186
N23 G0 Z-4.752
N24 X237.331
N25 G1 X235.8 Z-6.6
N26 X235.
N27 X199.8
N28 Z.9
N29 X202.628 Z2.314
N30 G96 S340 M4

17 STOP M0 ;odladit
18 ;-----
19 * - FO_HELII-010080K-MACH
20 TOOL CALL 8 Z S2706 ;FO_HELII-010080K-MACH
21 CALL LBL 100
22 * - GLOB LN HO KS @379
23 CYCL DEF 200 VRTANI ~
    Q200=2 ;BEZPEC.VZDALENOST ~
    Q201=-9.887 ;HLOUBKA ~
    Q206=1190.479 ;POSUV NA HLOUBKU ~
    Q202=9.887 ;HLOUBKA PRISUVU ~
    Q210=0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
    Q203=0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
    Q204=10 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
    Q211=0 ;CAS.PRODLEVA DOLE
24 Q2=8
25 CALL LBL 1
26 R0 FMAX M9 M5
27 ;-----
28 * - NAVRTAVAK 16 SECO DR90 DW
29 TOOL CALL 9 Z S1989 ;NAVRTAVAK 16 SECO DR90 DW
30 CALL LBL 100
31 CYCL DEF 200 VRTANI ~
    Q200=2 ;BEZPEC.VZDALENOST ~
    Q201=-6.3 ;HLOUBKA ~
    Q206=1790.493 ;POSUV NA HLOUBKU ~
    Q202=6.3 ;HLOUBKA PRISUVU ~
    Q210=0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
    Q203=0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
    Q204=10 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
    Q211=0 ;CAS.PRODLEVA DOLE
32 Q2=8

```

Část NC kódu pro CTX

```

N10 M65
N20 T1 ;Nožová_hlava ;STRANOVY
N30 M6
N40 D1
N50 G90 G95
N60 M1=42
N70 G96 S1=310 M1=3 M8
N80 LIMS=200
N90 M50 ;(OPLACH)
N100 G0 X240.8 Z0.9
N110 G1 X117.2 F.4
N120 X121.2 Z2.9 F.4
N130 X124.028 Z4.314 F.4
N140 M50 ;(OPLACH)
N150 G0 G42 X235.8 Z5.5
N160 G1 Z-16 F.4
N170 G40 X240.6 F.4
N180 S1=300
N190 M50 ;(OPLACH)
N200 G0 X239.8 Z-1.6
N210 G1 X199.8 F.4
N220 X202.628 Z-0.186 F.4
N230 G0 X239.8
N240 G0 Z-4.1
N250 G1 X199.8 F.4
N260 X202.628 Z-2.686 F.4
N270 G0 X239.8

```

## 7 Technicko-ekonomické zhodnocení

Technicko-ekonomické zhodnocení je provedeno na základě doporučení odborníků z ČVUT. Při vyhodnocování nejsou uvažovány náklady na opotřebení nástrojů a spotřebu materiálu. Kapacitní propočty se z hlediska koncepce práce neuvažují. Doba pro výměnu nástroje je dle simulace zahrnuta v čase výroby pro jeden kus. Ekonomické vyhodnocení je provedeno pro dávku 10 a 20 kusů. Výrobní interval mezi jednotlivými dávkami je 14 dní pro dávku 10 kusů a měsíc (30 dní) pro dávku 20 kusů.

### 7.1 Časy spojené s přípravou a obráběním na jednotlivých pracovištích

Ve stávajícím způsobu výroby (ve firmě Wikov MGI) je do zhodnocení zahrnuto soustružení na soustruhu NEF 600, frézování a vrtání na vertikálním obráběcím centru Hedelius C80. Stanovení a sjednocení časů pro přepravu dílů mezi jednotlivými pracovišti by bylo s ohledem na velikost série velice obtížné. Tyto časy by znatelně navýšily náklady na celkovou výrobu. Vychází se pouze z časů potřebných pro obrábění na konkrétních strojích. Doby na přípravu strojů a jednotlivé časy pro výrobu dílu na konkrétních pracovištích jsou uvedeny v tabulce 17.

Tabulka 17: Časy – 1. postup

Postup č. 1 - s využitím strojů NEF 600 a Hedelius C80		
Doby přípravy a časy pro výrobu jednoho kusu		
Pracoviště	doba přípravy [min]	čas výroby na 1 ks [min]
NEF 600	44	8,38
Hedelius C80	46	7,25
Celkový čas	90	15,63

Druhý postup není možné v praxi ověřit. Strojní časy byly získány na základě simulace obrábění (stejně jako ve stávajícím způsobu výroby). Doba pro seřízení soustruhu CTX byla určena na základě konzultace s pověřenými pracovníky firmy. Vychází se především z možnosti využití upínacího rozhraní TRIFIX®, které výrazně umožní redukci přípravných časů. Doba na seřízení stroje a čas výroby dílu jsou uvedeny v tabulce 18.

Tabulka 18: Časy – 2. postup

Postup č. 2 - s využitím stroje CTX beta 800 linear		
Doba přípravy a čas pro výrobu jednoho kusu		
Pracoviště	doba přípravy [min]	čas výroby na 1 ks [min]
CTX beta 800 linear	35	13,51

## 7.2 Ekonomické vyhodnocení

Ekonomické vyhodnocení je provedeno na základě hodinových režijních sazeb jednotlivých pracovišť firmy Wikov MGI. Hodinová sazba soustruhu CTX byla stanovena po konzultaci a doporučení pracovníků s ohledem na technické možnosti stroje. Přehled hodinových sazeb je znázorněn v tabulce 19.

Následně je provedena kalkulace ceny jednoho kusu pro určité velikosti dávek dle vztahu (7.1).

$$N = \sum \left( \frac{\text{doba přípravy}[\text{min}]}{60 \cdot \text{počet kusů}} \cdot \text{hodinová sazba}[\text{Kč}] + \frac{\text{čas pro výrobu jednoho kusu}[\text{min}]}{60} \cdot \text{hodinová sazba}[\text{Kč}] \right) \quad (7.1)$$

Tabulka 19: Hodinové sazby pracovišť

Hodinové sazby pracovišť	
pracoviště	hodinová sazba [Kč]
soustruh NEF 600	970
centrum Hedelius C80	1150
soustruh CTX 800 beta	1210



### 7.2.1 Stávající způsob výroby

#### Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 10 kusů

$$N_{1,10} \frac{44}{(10 \cdot 60)} \cdot 970 + \frac{8,38}{60} \cdot 970 + \frac{46}{(10 \cdot 60)} \cdot 1150 + \\ + \frac{7,25}{60} \cdot 1150 = 433,7 \text{ Kč}$$

(7.2)

#### Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 20 kusů

$$N_{1,20} \frac{44}{(20 \cdot 60)} \cdot 970 + \frac{8,38}{60} \cdot 970 + \frac{46}{(20 \cdot 60)} \cdot 1150 + \\ + \frac{7,25}{60} \cdot 1150 = 354,1 \text{ Kč}$$

(7.3)

### 7.2.2 Inovovaný způsob výroby

#### Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 10 kusů

$$N_{1,10} \frac{35}{(10 \cdot 60)} \cdot 1210 + \frac{13,51}{60} \cdot 1210 = 343 \text{ Kč}$$

(7.4)

#### Kalkulace ceny jednoho kusu výrobku pro sérii 20 kusů

$$N_{1,20} \frac{35}{(20 \cdot 60)} \cdot 1210 + \frac{13,51}{60} \cdot 1210 = 307,7 \text{ Kč}$$

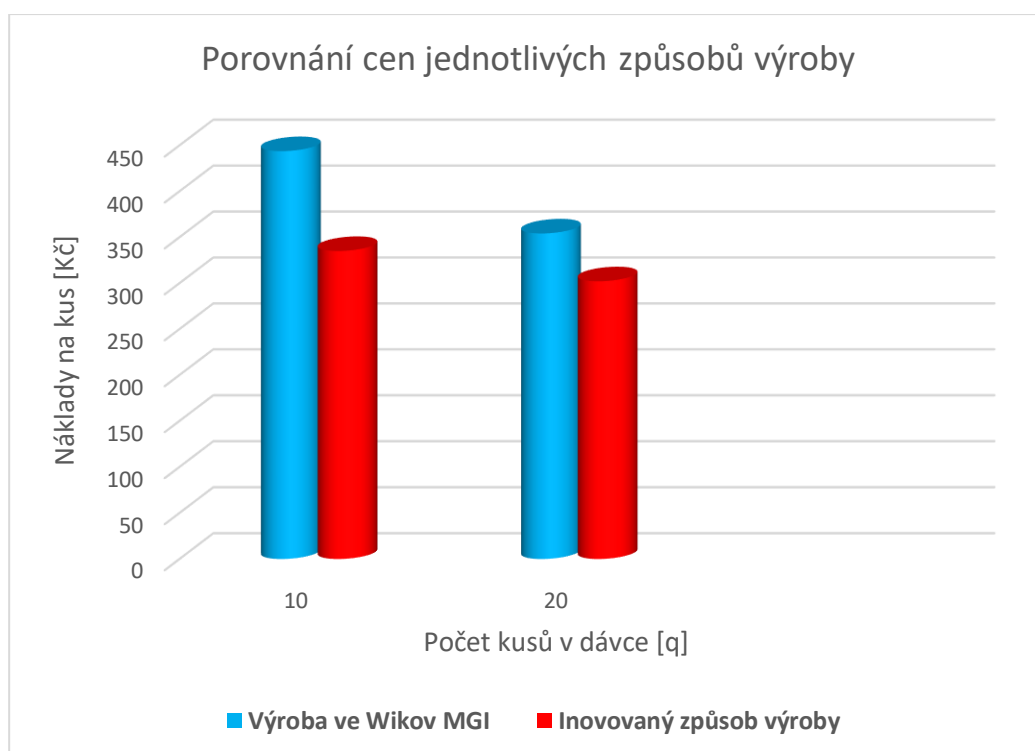
(7.5)

### 7.2.3 Porovnání cen výroby

Porovnání cen jednotlivými způsoby je vyobrazeno v tabulce 20. a grafické závislosti na grafu 1. Z výsledků je zřejmé, že výroba součástí inovovaným způsobem je nejlevnější jak pro dávku 10 kusů, tak i pro dávku 20 kusů.

Tabulka 20: Porovnání cen jednotlivých způsobů výroby

Způsoby výroby	Cena kusu výrobku pro konkrétní velikost dávky [Kč]	
	Dávka 10 ks	Dávka 20 ks
Výroba ve Wikov MGI	433,7	354,1
Inovovaný způsob výroby	343	307,7



Graf 1 Porovnání cen jednotlivými způsoby výroby

### 7.3 Technické zhodnocení

Při obrábění dílce na soustruhu NEF 600 (stávající způsob výroby) se bere v úvahu absence poháněných nástrojů, které dodavatel nabízí za příplatek, stejně jako omezení stroje při posuvu revolverové hlavy v ose Y. Z tohoto důvodu bylo nutno přesunout obrobek na stroj Hedelius C80, kde se provedlo veškeré frézování a vrtání, společně se zhotovením závitů. Stroj Hedelius C80 disponuje pojezdem až 2340 mm v ose X. Takto velký pracovní prostor stroje umožňuje ustanovení až 8 kusů obrobků na plochu frézovacího stolu, které vede ke zvýšení efektivnosti obráběcího procesu a snížení času pro manipulaci s jednotlivými obrobky.

Díl se před zahájením obrábění upíná do tříčelistového sklíčidla, kde požadovaná jakost povrchu umožňuje použít kalené čelisti. Při frézovacích operacích se bere v úvahu potřeba zvýšení upínací síly sklíčidla z důvodu působení řezných sil při frézování. Pro dosažení geometrických a rozměrových tolerancí se vychází z minimalizace počtu upnutí, kde každé další upnutí vnáší do nepřesnosti do výroby, a proto byla snaha obrobit plochy, které mají vůči sobě předepsané tolerance, na jedno upnutí.

Při obrábění dílce na stroji CTX se provedlo nejdříve veškeré soustružení, po němž následovalo frézování požadovaných kontur a zhotovení děr se závitů. Výroba děr před soustružením ploch je značně nepraktická, jak z důvodu přerušovaného řezu, který má negativní vliv na integritu povrchu, tak z důvodu mechanického poškození břitu nástroje. Proto se využije ještě finální operace, kde se soustruží plochy se vzájemnými geometrickými tolerancemi.

U některých operačních úseků došlo k alternativní volbě nástrojů oproti stávajícímu způsobu výroby. Tyto nástroje umožní díky lepší tuhosti upnutí a povlakům dosáhnout lepších řezných podmínek a zkrátit tak čas výroby.

## 8 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout nový způsob výroby zadané součásti s ohledem na snížení ceny produkce a následné porovnání inovovaného způsobu výroby s navrženým způsobem ve firmě Wikov MGI a.s. Prvním krokem bylo seznámení s firmou, jejím výrobním profilem a zadanou součástí. Na základě strojního parku byly vybrány dva stroje (soustruh NEF 600 a vertikální centrum Hedelius C80) a dle dodavatele i nástroje společně s určením řezných podmínek. Následně byl proveden návrh inovace a výběr vhodného stroje od výrobce DMG Mori. Z široké nabídky výrobců byly vybrány dvě varianty strojů, které byly detailně porovnány na základě svých technických a technologických možností. S ohledem na rozměry a geometrii dílce se jako nejvhodnější stroj pro výrobu zadané součásti prokázal CNC soustruh CTX beta 800 *linear*. Při volbě nástrojů a řezných podmínek se postupovalo obdobně jako ve stávajícím způsobu výroby. Pro získání strojních časů a NC kódů byla vytvořena simulace obrábění v softwaru TopSolid. Po kompletaci inovace se provedlo technicko-ekonomické zhodnocení. Inovovaný způsob výroby zkrátí celkový strojní čas obrábění dílce o více než 2 minuty a je ekonomicky výhodnější pro obě dvě uvažované dávky, tedy 10 ks a 20 ks. Cena jednoho kusu pro dávku 10 ks se snížila o 90,7kč (21%), cena jednoho kusu pro dávku 20 ks o 46,6kč (15%). Díky vhodné volbě stroje, náradí, strategie obrábění a podmínek se eliminovala doba pro přesun mezi pracovišti, snížila se doba výroby a nákladů a došlo ke zvýšení produktivity.

## 9 Seznam použitých zkratek a symbolů

<b>zkratka</b>	<b>jednotka</b>	<b>popis</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	[-]	oxid hlinitý
ap	[mm]	hloubka třísky
C	[-]	uhlík
CAD	[-]	počítačová podpora konstruování
CAM	[-]	počítačová podpora obrábění
f	[mm/ot]	posuv na otáčku
fz	[mm/zub]	posuv na zub
i	[-]	počet třísek
Mg	[-]	hořčík
Mn	[-]	mangan
P	[-]	fosfor
Ra	[μm]	střední aritmetická úchylka profilu
Rp <sub>0,2</sub>	[MPa]	smluvní mez kluzu
S	[-]	síra
Si	[-]	křemík
tas	[s]	strojní čas
TiC	[-]	titan karbid
TiN	[-]	titan nitrid
vc	[m·min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost

## 10 Seznam použité literatury

- [1] Wikov. [online]. 12.11.2016 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: [www.wikov.com](http://www.wikov.com)
- [2] Materiály: [online]. 12.11.2016 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z:  
<http://www.unitedcastbar.cz/storage/get/103-en-gjs-500-7.pdf>
- [3] Materiály:[online].12.11.2016[cit.2016-11-12].Dostupné z:  
[www.isstechn.cz/objekty/znaceni-litin.doc](http://www.isstechn.cz/objekty/znaceni-litin.doc)
- [4] Litiny. [online]. 12.11.2016 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z:  
<http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/CME/Metalurgie%20litin.pdf>
- [5] NEF 600. [online]. 20.12.2016 [cit.2016-12-20]. Dostupné z:  
<http://www.cncindustry.cz/files/files/SOUSTRUH-DMG-NEF-600.pdf>
- [6] NEF 600.[online]. 12.11.2016 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z:  
[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=65814](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=65814)
- [7] NEF 600. [online]. 12.11.2016 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z:  
[http://www.maschinen-kistner.de/machine-market/gruppe/used\\_lathes\\_used\\_machine\\_tools/product/cnc-drehmaschine\\_neuwertig\\_cnc-lathe\\_as\\_new\\_gildemeister\\_nef\\_600.html](http://www.maschinen-kistner.de/machine-market/gruppe/used_lathes_used_machine_tools/product/cnc-drehmaschine_neuwertig_cnc-lathe_as_new_gildemeister_nef_600.html)
- [8] Hedelius C80. [online]. 12.11.2016 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z:  
<http://hedelius.de/machine/machining-centre-c-802300/#&panel1-1>
- [9] Nástroje. Seco Tools: katalog soustružení 2015
- [10] Nástroje. Paul Horn. [online]. 13.12.2016 [cit. 2016-12-13]. Dostupné z:  
<https://www.phorn.de/blaetterkatalog/drehen/>.
- [11] Nástroje. Seco Tools: katalog frézování 2015
- [12] Nástroje. Seco Tools: katalog obrábění otvorů 2015
- [13] Nástroje. Seco Tools: katalog závitování 2015
- [14] BRYCHTA, Josef. Výrobní stroje obráběcí. 2. vyd. Ostrava:VŠB- Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-1893-1.
- [15] CTX beta 800. [online]. [cit. 25.02.2017]. Dostupné z:  
<http://cz.dmgmori.com/products/lathes/universal-lathes/ctx/ctx-beta-800-linear#Downloads>
- [16] Techmagazín.cz. *Techmagazín.cz* [online [cit. 25.02.2017]. Dostupné z:  
<http://www.techmagazin.cz/536>
- [17] CTX beta 800 TC. [online]. 25.12.2016 [cit. 2016-12-25]. Dostupné z:

<http://cz.dmgmori.com/products/lathes/turn-mill-complete-machining-centres/ctx-tc/ctx-beta-800-tc#Downloads>

[18] CTX beta 800 TC. [online]. 25.12.2016 [cit. 2016-12-25]. Dostupné z:

<http://www.konstrukter.cz/2015/02/04/dny-otevrenych-dveri-v-dmg-mori/>

[19] ŠTULPA, Miloslav. *CNC: programování obráběcích strojů*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5269-3.

[20] Top Solid. [online]. 12.11.2016 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z:

[http://www.technickydenik.cz/rubriky/archiv/topsolid-komplexni-cad-a-cad-cam-software\\_17276.html](http://www.technickydenik.cz/rubriky/archiv/topsolid-komplexni-cad-a-cad-cam-software_17276.html)

[21] Heidenhain iTNC 530.[online]. 12.11.2016 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z:

[http://www.heidenhain.cz/cs\\_CZ/produkty/cnc-rizeni/itnc-530/](http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/produkty/cnc-rizeni/itnc-530/)

[22] Pilot 640. [online]. 15.11.2016 [cit. 2016-11-15]. Dostupné z:

<http://www.heidenhain.cz/fileadmin/pdb/media/img/895949C0 CNC PILOT 640 HSCI cz.pdf>

[23] Sinumerik 840D.[online]. 26.12.2016 [cit. 2016-12-26]. Dostupné z:

<http://www.difak.cz/cs/cnc-ridici-systemy-pro-obrabeci-stroje/siemens/sinumerik-840d>

[24] CNC programování: [online]. 12.11.2016 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z:

<http://www.sosbites.cz/images/stories/Pro-studenty/studijni-materialy/VUKOV TEXT - 1.ST.pdf>

## 11 Seznam tabulek

Tabulka 1: Chemické složení [2] .....	11
Tabulka 2: Mechanické vlastnosti [2] .....	13
Tabulka 3: 3.1 List použitých nástrojů [9,10] .....	17
Tabulka 4: List použitých nástrojů [11,12,13].....	18
Tabulka 5: Operace 05 .....	19
Tabulka 6: Operace 10 .....	20
Tabulka 7: Operace 15 .....	21
Tabulka 8: Operace 20 .....	21
Tabulka 9: Parametry stroje CTX beta 800 linear [15].....	24
Tabulka 10: Parametry stroje CTX beta 800 TC [17].....	26
Tabulka 11: Nástrojový list [9, 10].....	28
Tabulka 12: Nástrojový list [11, 12, 13] .....	29
Tabulka 13: Operace 05 .....	30
Tabulka 14: Operace 10 .....	31
Tabulka 15: Operace 15 .....	32
Tabulka 16: Popis bloku [24] .....	37
Tabulka 17: Časy – 1. postup .....	39
Tabulka 18: Časy – 2. postup .....	40
Tabulka 19: Hodinové sazby pracovišť.....	40
Tabulka 20: Porovnání cen jednotlivých způsobů výroby .....	42



## 12 Seznam obrázků

Obrázek 1: Technicko-hospodářská budova firmy s výrobní halou Wikov MGI [1]	9
Obrázek 2: Zpracovávaná součást .....	10
Obrázek 3: Pozice víka v sestavě.....	11
Obrázek 4: CNC soustruh NEF 600 [7] .....	15
Obrázek 5: Obráběcí centrum Hedelius C80 [8] .....	15
Obrázek 6: CNC soustruh CTX beta 800 linear [15].....	23
Obrázek 7: Multifunkční obráběcí centrum CTX beta 800 TC [17] .....	25
Obrázek 8: Výběr držáku s destičkou [9].....	27
Obrázek 9: Výpočet řezné rychlosti [9] .....	27
Obrázek 10: Prostředí systému Heidenhain iTNC 530 [21].....	34
Obrázek 11: Prostředí systému Pilot 640 [22].....	35
Obrázek 12: Prostředí systému Sinumerik 840D [23] .....	36

## 13 Seznam příloh

Příloha 1	Výrobní výkres součásti
Příloha 2	Technické parametry NEF 600
Příloha 3	Technické parametry Hedelius C80
Příloha 4	Technické parametry CTX beta 800 <i>linear</i>
Příloha 5	NC kód stávající způsob výroby - elektronicky
Příloha 6	NC kód inovovaný způsob výroby - elektronicky