



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA HLINÍKOVÉHO TĚLESA PRO OLEJOVÝ FILTR NA CNC STROJI

PRODUCTION OF THE ALUMINIUM BODIES FOR THE OIL FILTER ON A  
CNC MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Ivan SAMEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Ivan Samek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Výroba hliníkového tělesa pro olejový filtr na CNC stroji**

v anglickém jazyce:

#### **Production of the Aluminium Bodies for the Oil Filter on a CNC Machine**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Užití hliníkových slitin.
2. Rozbor a účel tělesa v automobilovém průmyslu.
3. Charakteristika CNC stroje.
4. Technologický postup.
5. Řídicí CNC program.
6. Výroba funkčního vzorku.
7. Technicko-ekonomické hodnocení technologie.
8. Diskuze.
9. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Technologický projekt řešící výrobu složitější součásti v podmínkách firmy s využitím CNC techniky.

Seznam odborné literatury:

1. PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
3. PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-720-4283-1.
4. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
5. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 28.11.2013

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Hlavním tématem bakalářské práce je výroba hliníkového tělesa pro olejový modul filtru na CNC stroji. Práce obsahuje představení odlitku, stručné seznámení s jednotlivými komponenty, ze kterých se olejový modul skládá, popis funkce olejového modulu, výběr CNC stroje a nástrojů. Součástí práce je i výrobní postup, návodky a výkresy. V neposlední řadě se zde nachází NC program, podle kterého byl vyroben funkční celek. V závěru bakalářské práce je ekonomické zhodnocení.

**Klíčová slova**

Těleso, CNC, frézování, technologický postup, vrták.

**ABSTRACT**

The main theme of this bachelor's thesis is the production of aluminum housing for the oil filter module on a CNC machine. The work includes an introduction to its casting, a brief acquaintance with the various components of which the oil module consists, a description of the function of the oil module and a selection of CNC machine and the tools. The work also includes production process, instruction cards and drawings. Finally here is NC program according to which the functioning unit was produced. In the conclusion of the bachelor's thesis there follows an economic evaluation.

**Key words**

Housing, CNC, milling, technological procedure, drill.

**BIBLIOGRAFICKA CITACE**

SAMEK, Ivan. *Výroba hliníkového tělesa pro olejový filtr na CNC stroji*. Brno 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 40 s. 4 přílohy. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

### PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Výroba hliníkového tělesa pro olejový filtr na CNC stroji** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Ivan Samek

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářská práce.

Dále bych také velice rád poděkoval panu Romanu Svobodovi za poskytnutí konzultací a umožnění výroby na CNC strojích.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
BIBLIOGRAFICKA CITACE .....	5
PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ .....	7
OBSAH.....	8
ÚVOD.....	10
1 HLINÍKOVÉ SLITINY .....	11
1.1 Hliník .....	11
1.2 Výskyt v přírodě .....	12
1.3 Slitiny hliníku .....	13
1.3.1 Silumin.....	13
1.3.2 Duralaluminium.....	13
1.3.3 Hydronalium .....	13
2 ROZBOR A ÚČEL TĚLESA V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU.....	14
2.1 Těleso $AlSi_9Cu_3(Fe)$ .....	14
2.2 Hliníkové slitiny pro odlévání .....	14
2.3 Hliníkové slitiny pro obrábění.....	14
2.4 Sestava olejového modulu .....	14
3 CHARAKTERISTIKA CNC STROJE .....	16
3.1 Chiron .....	16
3.2 Značení a druhy CNC strojů .....	16
3.3 Volba CNC stroje.....	18
3.4 Popis zvoleného CNC obráběcího centra .....	18
4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP .....	19
4.1 Nástrojový list.....	19
4.2 Výrobní postup .....	22
4.3 Návodky.....	24
4.3.1 Vrtání .....	24
4.3.2 Frézování .....	25
5 ŘÍDICÍ NC PROGRAM.....	27
5.1 Doporučené sestavení programu pro frézování – sinumerik 840D mill.....	27
5.2 Seznam nejčastěji používaných funkcí příkazů a cyklů .....	28
5.3 Frézovací a vrtací cykly.....	29
6 VÝROBA FUNKČNÍHO VZORKU .....	30



6.1	Výrobní podmínky ve firmě .....	30
6.2	Výroba vzorku .....	30
7	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ .....	32
7.1	Strojní časy, výrobnost .....	32
7.2	Odpad.....	32
7.3	Spotřeba nástrojů .....	33
7.4	Výpočet ploch .....	34
8	DISKUZE .....	35
	ZÁVĚR .....	36
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	37
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	38
	SEZNAM PŘÍLOH.....	40

## ÚVOD

Využití hliníku a jeho slitin je rok od roku vyšší. V dnešní době se již neseťkáme s oblastí průmyslu, kde by se nějakým způsobem s hliníkem a jeho slitinami nepracovalo a i když si to ani někdy neuvědomujeme, prakticky každý den se dostáváme do kontaktu s hliníkovými slitinami.

Největší nárůst hliníkových slitin je v automobilové dopravě a to především kvůli nižší hmotnosti, kdy se ji snažíme snížit na co nejmenší možnou hodnotu, ale zároveň mají tyto slitiny dobré mechanické vlastnosti. Dále jsou to také dobré technologické vlastnosti. Stále častěji se můžeme setkat se snahou nahrazovat kovové materiály slitinami hliníku.

V roce 1980 bylo průměrně na každém automobilu použito přibližně 30 kg hliníkových slitin, o deset let později to již bylo přibližně 50 kg. V dnešní době se hmotnost hliníkových slitin v každém automobilu pohybuje přibližně okolo 150kg.

Hlavním tématem této bakalářské práce je výroba tělesa ze slitiny hliníku (obr. 1.1, 1.2 a 1.3) na dvouřetenovém obráběcím CNC stroji za použití speciálních nástrojů, které se používají pouze pro obrábění tohoto tělesa.



Obr. 1.1 Olejový modul.



Obr. 1.2 Neobrobené těleso.



a)



b)

Obr. 1.3 Obrobené těleso: a) oblast víka, b) oblast ventilu.

## 1 HLINÍKOVÉ SLITINY

První kapitola je zaměřena na seznámení s hliníkem, na jeho výskyt a na druhy hliníkových slitin.

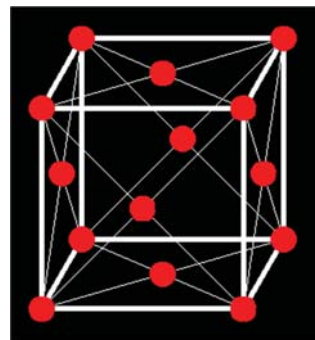
### 1.1 Hliník

Hliník je velmi lehký kov hnědavé až bělavé barvy, který byl objeven v roce 1825 (obr. 1.4). V technické praxi řadíme hliník a slitiny hliníku do široké skupiny neželezných kovů. Nejrozšířenější lehký nízko tavitelný kov, čistý hliník je velmi měkký, pevnost menší než u mědi, velmi dobře tavitelný. Vzhledem k malé pevnosti a odolnosti hliníku se používá hliník především ve slitinách s jinými kovy. Nejčastěji používanými slitinami hliníku jsou slitiny se zastoupením mědi, hořčíku, manganu, křemíku a zinku. Ve strojírenství se čistý hliník používá pouze ojediněle. Je to proto, že čistý hliník má především špatné mechanické a technologické vlastnosti. Velmi dobré jsou plastické vlastnosti, tažnost přesahuje 20 %<sup>1</sup>. Další vlastnosti hliníku můžeme vidět v tabulce 1.1.

Nejvíce používanou a asi nejznámější slitinou hliníku je dural.



Obr. 1.4 Hliník<sup>2</sup>.



Obr. 1.5 Krystalová mřížka krychlová plošně středěná.

Tab. 1.1 Vlastnosti hliníku<sup>3,4</sup>.

Chemická značka	Al
Hustota hliníku	2,7 kg/m <sup>3</sup>
Krystalová mřížka	FCC
Teplota varu	2494 °C
Tepelná vodivost	247 Wm <sup>-1</sup>

## 1.2 Výskyt v přírodě

Díky velké reaktivitě hliníku se hliník v přírodě vyskytuje prakticky pouze ve sloučeninách. V zemské kůře je hliník třetím nejvíce zastoupeným prvkem (kyslík, křemík)<sup>3</sup>.

Nejvyskytovanější horninou hliníku je bauxit  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Často bývá doprovázen dalšími příměsemi, jako jsou oxidy křemíku, titanu a železa<sup>3</sup>.

Minerály oxidu hlinitého  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (obr. 1.6) patří mezi velmi ceněné a významné. Korund -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (oxid hlinitý) je na 9. místě Mohsovy stupnice tvrdosti<sup>3</sup>.



Obr. 1.6 Krystaly korundu<sup>5</sup>.

### 1.3 Slitiny hliníku

Čistý hliník se pro konstrukční účely téměř nepoužívá, avšak přimícháním vhodných prvků vznikají slitiny, které mají velmi dobré mechanické i technologické vlastnosti. Přidáním vhodného množství přísadových prvků vznikají slitiny potřebných vlastností (tab. 1.2)<sup>3</sup>.

Tab. 1.2 Porovnání vlastností čistého hliníku a slitin hliníku<sup>3</sup>.

Vlastnost	Hliník	Slitiny
Teplota tavení	660°C	430-630°C
Pevnost v tahu	100 Mpa	200-300 Mpa
Tvrдость	20-30 HB	60-110 HB

#### 1.3.1 Silumin

Hlavní legující prvek – křemík (Si). Další prvky, které spolu s hliníkem tvoří siluminy jsou: měď, hořčík, železo, mangan<sup>1</sup>.

Procentuální obsah prvků<sup>1</sup>:

Křemík – 6-13 %.

Měď – 0-5 % zvyšuje pevnost a tvrdost, zlepšuje povrch, vytváří lepší třísku.

Hořčík – 0-0,7 % zlepšuje tepelné zpracování – vytvrzování, zlepšuje mechanické vlastnosti.

Železo – nežádoucí, snižuje pevnost, zvyšuje křehkost a snižuje mechanické vlastnosti.

Mangan – kompenzuje negativní vlastnosti železa.

#### 1.3.2 Duralaluminium

Hlavní legující prvek měď. Další prvky, které se vyskytují ve slitině jsou<sup>1</sup>:

Měď – 4-6 %, dále pak hořčík a mangan, pevnost v tahu až 600 Mpa.

#### 1.3.3 Hydronalium

Slitina hliníku, kde hlavním legujícím prvkem je hořčík. Díky své vysoké odolnosti proti korozi se slitiny s křemíkem využívají především ke stavbě lodí<sup>1</sup>.

## 2 ROZBOR A ÚČEL TĚLESA V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU

Druhá kapitola obsahuje představení odlitku, stručné seznámení s jednotlivými komponenty, ze kterých se olejový modul skládá a popis funkce olejového modulu.

### 2.1 Těleso $AlSi9Cu3(Fe)$

Těleso bylo vyrobeno odlíváním jako slitiny hliníku, kde hlavním legujícím prvkem je křemík, což už je patrné z označení tělesa  $AlSi9Cu3(Fe)$ . Hlavní legující prvek je křemík a díky tomu se slitina nazývá silumin. Křemík je ve slitině ze všech prvků procentuálně nejvíce zastoupen, přibližně 9 %. Druhým nejvíce obsaženým prvkem ve slitině je měď přibližně 3 %. Další prvky vyskytující se ve slitině jsou hořčík, železo a mangan, ty ovšem tvoří velmi malé procentuální zastoupení do 1 %<sup>3</sup>.

### 2.2 Hliníkové slitiny pro odlévání

Jako hlavní legující prvky slévárenských slitin pro odlitky jsou měď, křemík, hořčík nebo zinek. Pro určení optimálních řezných podmínek jsou slévárenské slitiny rozděleny na dvě hlavní podskupiny dle hlavního legujícího prvku. Slitiny, kde hlavním legujícím prvkem je měď, hořčík nebo zinek, jsou velmi dobře obrobitelné a mají velmi podobné vlastnosti jako slitiny pro tváření. Slitiny, kde figuruje jako hlavní legující prvek křemík, vyžadují trochu jiné nastavení řezných podmínek při obrábění<sup>3</sup>.

### 2.3 Hliníkové slitiny pro obrábění

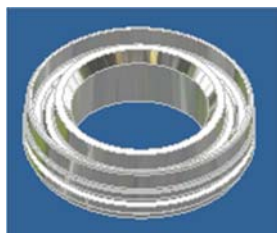
Hliníkové slitiny určené k obrábění (automatové), jsou legovány prvky, které podporují tvorbu malých lámavých třísek, jde především o olovo, bismut, antimon a kadmium. Tyto prvky mají nízkou teplotu tání, tvoří měkké částice a nerozpouštějí se v základní hliníkové matici. Nejvíce používané automatové slitiny jsou Al-Cu a Al-Mg-Si. Jelikož olovo škodí a ničí životní prostředí je ve slitinách nahrazováno jinými prvky. Nejčastější náhradou olova je v automatových slitinách cín<sup>3</sup>.

### 2.4 Sestava olejového modulu

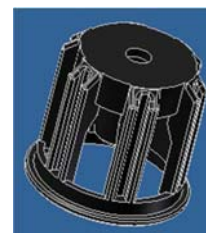
Olejový modul (obr. 2.4) se skládá z 18 různých komponent. Hliníkové těleso, 3 gumová tvarová těsnění, o-kroužek, listová pružina, papírový filtrační element, plastová středová trubka, kuželka ventilu (obr. 2.1), sedlo ventilu, kryt ventilu (obr. 2.2), víko, duralový nátrubek, sedlo ventilu (obr. 2.3), 2 pružiny, chladič, šrouby.



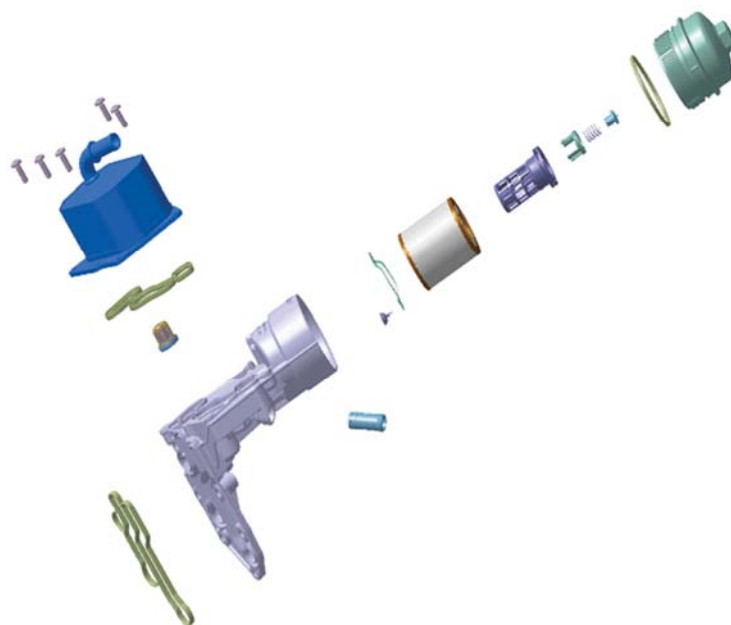
Obr. 2.1 Kuželka ventilu.



Obr. 2.2 Kryt ventilu.



Obr. 2.3 Sedlo ventilu.



Obr. 2.4 Olejový modul – rozstřel.

### 3 CHARAKTERISTIKA CNC STROJE

V této kapitole se budeme zabývat vhodným výběrem stroje. Součást má větší rozměry, je tvarově složitější a jedná se o sériovou výrobu. V kapitole jsou popsána vhodná obráběcí centra a v závěru kapitoly je volba nejvhodnějšího obráběcího centra pro naši součást. Výběr CNC stroje byl volen ze škály strojů výrobce Chiron<sup>6</sup>.

#### 3.1 Chiron

Firma Chiron je na trhu už od roku 1921. V roce 1958 se stala důležitou součástí skupiny Hoberg & Driesech a nyní jí patří vedoucí postavení na celosvětovém trhu s vertikálními CNC-obráběcími centry. Stroje Chiron se vyznačují prvotřídní kvalitou zpracování a propracovanou konstrukcí, jejímž výsledkem jsou špičkové dynamické vlastnosti, nadstandardní přesnost a vysoký pracovní výkon<sup>6</sup>.

Díky modulárnímu principu výrobního programu firma svým zákazníkům nabízí možnost individuálního řešení strojů – přesně jak požaduje zákazník. Pro málo a středně sériovou výrobu Chiron nabízí 5-osé univerzální frézovací stroje s extrémně stabilní, symetrickou konstrukcí pojízdného vřeteníku. Pro velkosériovou výrobu jsou pak vhodné jednovřetenové nebo dvouvřetenové s integrovaným měničem obrobků. Firma Chiron je také doplněna řadou strojů s možností obrábění na dvou pracovních místech v kyvadlovém prostoru nebo možnost obrábění dlouhých kusů na stroji s dlouhým ložem<sup>6</sup>.



Všechny stroje jsou konstruovány s vertikálně uloženým vřeteníkem a pevným stolem. Výjimkou jsou 5-ti osé stroje, kdy se celý stůl naklápí kolem vodorovné osy. Pátou osu tvoří otočný stůl s vertikální osou otáčení. Kromě běžného využití je možné stroje Chiron použít jako samostatné robotizované pracoviště nebo je lze sestavit do plně automatizovaných výrobních linek<sup>6</sup>.

V české republice jsou obráběcí centra Chiron zastupovány společností O. C. Tech s.r.o., která se již více jak 23 let zabývá jejich dovozem, servisem a příslušenstvím.









#### 3.2 Značení a druhy CNC strojů

Firma Chiron se vyznačuje velkou rozmanitostí různých typů strojů (tab. 3.1).

Tab. 3.1 Přehled jednotlivých CNC strojů<sup>6</sup>.

Foto	Zkratka	Popis
	S	Stroj s pevným stolem
	W	Stroj s otočným pracovním stolem



	L	Stroj s prodlouženým stolem
	FZ	Stoj s jedním vřetenem
	DZ	Stroj se dvěma vřeteny
	K	Stroj s vřetenovým zásobníkem
	MPS	Stroj určený pro kompletní obrábění dílců z tyčoviny
	FIVE AXIS	Stroj pro 5-osé obrábění
	WM	Stroj speciální konstrukce pro obrábění disků kol
	TZ	Stroj se čtyřmi vřeteny

### 3.3 Volba CNC stroje

Pro výrobu součásti byl zvolen stroj typové řady 18 – DZ 18.2K W (obr. 3.1). Tyto vysoce výkonná obráběcí centra jsou dodávány buď s jedním, nebo dvěma vřeteny. Stroje této řady v sobě unikátním způsobem spojují sílu a dynamiku, jsou proto vhodné pro vysokorychlostní obrábění a střední hrubování. Díky své modelové koncepci je možné kterýkoliv model základního stroje modelové řady 18 sestavit tak, aby vyhověl individuálnímu zadání<sup>6</sup>.



Obr. 3.1 Obráběcí centrum DZ 18.2K W<sup>6</sup>.

### 3.4 Popis zvoleného CNC obráběcího centra

Obráběcí centrum DZ 18.2K W se skládá ze dvou základních částí, z části obráběcí (obr. 3.2) a z části přípravné (obr. 3.3). Toto rozdělení je kvůli úspoře času při obrábění - zatímco stroj obrábí tělesa v zadní části stroje, obsluha upíná tělesa v přípravném prostoru. Po obrobení prvních dvou stran těles se pracovní stoly vymění a tělesa, která byla v přípravném prostoru, jsou nyní obráběna a tělesa obrobená jsou v přípravném prostoru upnuta do upnutí číslo dvě tak, aby bylo možno obrobít zbývající dvě strany tělesa. Na stůl jsou upnuty celkem 4 tělesa. Technické parametry CNC obráběcího centra jsou uvedeny v příloze 1.



Obr. 3.2 Obráběcí prostor .



Obr. 3.3 Upínací prostor.

## 4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP

Technologický (výrobní) postup se skládá z určitého počtu operací, které po sobě jdou v předem logicky daném pořadí. Výrobní postup musí zabezpečit předepsanou jakost výroby, co nejkratší dobu výroby a pochopitelně nejnižší náklady na výrobu<sup>7</sup>.

Technologický postup vychází z mnoha předpisů a informací jako například z výkresové dokumentace plánovací dokumentace a normativní dokumentace<sup>7</sup>.

### 4.1 Nástrojový list

V nástrojovém listu (tab. 4.1) jsou uvedeny a popsány potřebné nástroje pro výrobu součástí. Nástroje jsou nakupovány od firmy Frezite.


Firma Frezite (FTM) byla zaregistrována v České republice na začátku roku 2007 a je výhradním zastoupením portugalské společnosti Frezite a anglické společnosti Eurigrind na území české republiky. Společnost se zabývá výrobou a distribucí nástrojů pro třískové obrábění. Frezite s.r.o. se také kromě distribuce zaměřuje na servis a výrobu nástrojů s PCD (PKD) a CBN (PCBN) břitem<sup>8</sup>.

Frezite s.r.o. disponuje vlastní vývojovou konstrukcí. Při návrhu každého nového nástroje se firma snaží spolupracovat se zákazníkem, aby nástroje přesně odpovídaly požadavkům zákazníka. K tomu je používán AutoCad Inventor. Dále je firma schopna poskytnout zákazníkovi 3D model nástroje pro analýzu kolizních stavů. Pro konstrukci nového nástroje stačí výkres obrobku<sup>8</sup>.

V nástrojovém listu jsou uvedeny a označeny nástroje, které jsou potřebné pro výrobu součástí. Většina níže uvedených nástrojů nejsou katalogové nástroje, jsou přímo speciálně vyráběné pro jednu konkrétní operaci a nelze je použít pro jiné operace. Břítové destičky nejsou také normalizované, jsou vyráběny přesně pro konkrétní operaci a to tak, že jsou vyřezávány z jednoho kusu podle požadavků. Požadovaný tvar je vyroben na jeden průchod nástroje.

Měřidla a pomůcky byly voleny z katalogu nářadí firmy Hoffmann-group<sup>9</sup>. Speciální nástroje jsou dodávány firmou Frezite<sup>8</sup>.

Tab. 4.1 Nástrojový list.

		<b>NÁSTROJOVÝ LIST</b>		Datum: 21. 05. 2014	
Vyhotožil: Ivan Samek		Stroj: Chiron DZ 18.2 KW		Číslo výkresu 112	Č. listu 1
Pozice nástroje	Znázornění	Název nástroje	Výrobce	Mat.	
		Označení			
T20		Sdružená vrtací hlava	Frezite	PKD	
		TL 313 4700			
T21		Závitová fréza	Frezite	PKD/ HSS	
		TL 210 0889			
T22		Navrtávák	Frezite	PKD/ HSS	
		TL 313 4701			
T23		Dělový vrták	Frezite	HSS	
		TL 313 4640			
T24		Sdružený vrták	Frezite	PKD/ HSS	
		TL 313 4702			
T25		Sdružený vrták	Frezite	PKD/ HSS	
		TL 313 4703			
T26		Závitová fréza	Frezite	HSS	
		TL 210 0915			

T27		Sdružený vrták	Frezite	PKD/ HSS
		TL 313 4704		



Obr. 4.1 Nástroje.

## 4.2 Výrobní postup

Výrobní postup je sled operací, které se podílejí na výrobě součásti. Operace jsou určeny už předem danou technologií výroby, výběrem strojů a nástrojů (tab. 4.2)<sup>7</sup>. Výrobní postup je tvořen za pomoci zdrojů<sup>8,9,10</sup>.

Tab. 4.2 Výrobní postup.

<b>Výrobní postup</b>					Datum: 21. 05. 2014	
<b>Vyhotovil</b> Ivan Samek		<b>Název celku</b> Olejový modul			<b>Číslo výkresu</b> 112	<b>Č. listu</b> 1
<b>Kontroloval</b>		<b>Název součásti</b> Těleso			<b>Polotovár</b> Odlitek	
Číslo operace	Název stroje Označení stroje	Místo	Popis práce v operaci	Název nástroje Označení nástroje Měřidla, pomůcky		
01/09	OTK	Obrobna	Vizuálně kontrolovat odlitek.	Posuvné měřítko Mitutoyo ISO 412655		
02/09	Chiron DZ 18,2K W	Obrobna	Stůl č. 1 opláchnout a očistit od špon Zkontrolovat čistotu dosedacích ploch	Silonový kartáč TL 410 0063		
			Upnout odlitek do otočného stolu Upnutí č. 1	Posuvné měřítko Mitutoyo ISO 412655		
			Vrtat Ø 78,6 na Ø 81,2 v délce 8,4 Vrtat Ø 78,6 na Ø 80,6 v délce 8,6 Vrtat Ø 74,5 na Ø 75,5 v délce 21	Sdružená hlava PKD TL 313 4700		
			Frézovat závit S80x3 v délce 19	Závitová fréza PKD/HSS TL 210 0889		
			Navrtat středící otvor v délce 12	Navrtávák PKD/HSS TL 313 4701		
			Vrtat díru o Ø 4,8 v délce 111	Dělový vrták HSS TL 313 4640		
			Vrtat Ø 23,0 na Ø 24,3 v délce 3,8 Vrtat Ø 23,0 na Ø 24 G7 v délce 2,9	Sdružený vrták PKD/HSS TL 313 4702		
03/09	OTK	Kontrolní místo	Kontrolovat Ø 24 G7 Očistit od špon	Posuvné měřítko Mitutoyo ISO 412655 Silonový kartáč TL 410 0063		

**Výrobní postup**

Datum: 21. 05. 2014

<b>Vyhotovil</b> Ivan Samek		<b>Název celku</b> Olejový modul		<b>Číslo výkresu</b> 112	<b>Č. listu 2</b>
<b>Kontroloval</b>		<b>Název součásti</b> Těleso		<b>Polotovár</b> Odlitek	
<b>Číslo operace</b>	<b>Název stroje</b> Označení stroje	<b>Místo</b>	<b>Popis práce v operaci</b>	<b>Název nástroje</b> Označení nástroje Měřidla, pomůcky	
04/09	Oplachovadlo	Obrobna	Obrobky vložit do oplachovadla Spustit cyklus oplachování	Silonový štětec TL 410 0062	
05/09	Chiron DZ 18,2K W	Obrobna	Stůl č. 2 opláchnout a očistit od špon Zkontrolovat čistotu dosedacích ploch	Silonový kartáč TL 410 0063	
			Upnout odlitek do otočného stolu Upnutí č. 2	Posuvné měřítko Mitutoyo ISO 412655	
			Vrtat Ø 14,8 na Ø 16,0 v délce 2 Vrtat Ø 10,0 na Ø 10,9 v délce 14	Sdružený vrták PKD/HSS TL 313 4703	
			Frézovat závit 1/4 18 NPTF	Závitová fréza HSS TL 210 0915	
			Vrtat Ø 15,5 na Ø 16,5H7 v délce 8 Vrtat Ø 8,0 na Ø 13,0 v délce 8	Sdružený vrták PKD/HSS TL 313 4704	
06/09	OTK	Kontrolní místo	Kontrolovat Ø 16,5H7 Očistit od špon	Posuvné měřítko Mitutoyo ISO 412655 Silonový štětec TL 410 0062	
07/09	Oplachovadlo	Obrobna	Obrobky vložit do oplachovadla Spustit cyklus oplachování	Silonový štětec TL 410 0062	
08/09	Mycí linka	Obrobna	Vložit do mycí linky a spustit cyklus	Prací koš TL 032 9527	
09/09	Balení	Obrobna	Skladovat do gitterboxu po 220 ks Předat na montáž		

### 4.3 Návodky

Návodky slouží pro přesnější popsání kroků z výrobního postupu. Jsou v nich uvedeny hodnoty, které jsou zapotřebí k výrobě součásti. Návodky jsou vypracovány pro CNC obráběcí centrum, kde hlavní obráběcí operací je vrtání. V návodkách je vždy uveden nástroj, kterým operace byla vykonávána a ten pak lze můžeme najít v nástrojovém listu. Dále je zde nákres obráběného rozměru součásti. Pod nákresem jsou vždy předepsány řezné podmínky. Návodky jsou uvedeny v příloze 2.

#### 4.3.1 Vrtání

Vrtání je metoda, kterou se zhotovují díry zcela, nebo zvětšují již předvrtané díry. Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho obvykle nástroj, méně často obrobek.

Charakteristickou vlastností všech nástrojů na díry je, že řezná rychlost se podél hlavního ostří ve směru od obvodu ke středu zmenšuje (v ose nástroje dosahuje nulové hodnoty). Za řeznou rychlost se tedy považuje obvodová rychlost na největším průměru nástroje. Hodnoty řezné rychlosti  $v_c$ , posuvové rychlosti  $v_f$  a rychlosti řezného pohybu  $v_e$  se vyjádří ze vztahů 4.1 až 4.3<sup>11,12</sup>:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} [m \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4.1)$$

$$v_f = f \cdot n [mm \text{ min}^{-1}] \quad (4.2)$$

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} = 10^{-3} \cdot n \cdot \sqrt{(\pi \cdot D)^2 + f^2} [m \text{ min}^{-1}] \quad (4.3)$$

Kde:

$D$  – průměr obráběné díry [mm],

$n$  – otáčky nástroje (případně obrobku) [ $\text{min}^{-1}$ ],

$f$  – posuv nástroje na jednu otáčku [mm].

Protože vrtáky a zejména výhrubníky, výstružníky a záhlubníky jsou vždy vícebřité nástroje, lze ve všech případech definovat i hodnotu posuvu na zub  $f_z$  podle vztahu 4.4<sup>12</sup>:

$$f_z = \frac{f}{z} [mm] \quad (4.4)$$

Kde:

$z$  – počet zubů (břitů) nástroje

#### Stojní časy

Jednotkový stojní čas je obecně vyjádřen vztahem 4.5<sup>11</sup>:

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} [\text{min}] \quad (4.5)$$

Kde:

$l_n$  – náběh vrtáku [mm],

$l$  – délka vrtané díry [mm],

$l_p$  – přeběh vrtáku [mm],

$v_f$  – posuvová rychlost [ $\text{mm min}^{-1}$ ],



$n$  – otáčky vrtáku [ $\text{min}^{-1}$ ],  
 $f$  – posuv na otáčku [mm].

### 4.3.2 Frézování

Hlavní, rotační pohyb u všech druhů frézování koná nástroj, posuvný pohyb je většinou přímočarý a koná ho obrobek, u okružního a planetového frézování může být i rotační a může ho konat obrobek nebo nástroj. Hodnota řezné rychlosti se počítá dle vztahu 4.5<sup>12</sup>:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ [} m \text{ min}^{-1} \text{]} \quad (4.5)$$

Kde:

$D$  – průměr nástroje [mm],  
 $n$  – otáčky nástroje [min].

Základní jednotkou posuvového pohybu je posuv na zub  $f_z$  [mm], což je délka dráhy, kterou ujede obrobek po dobu záběru zubu. Z posuvu na zub lze vypočítat posuv na otáčku  $f$  [mm] podle vztahu 4.6 (délka dráhy, kterou ujede obrobek po dobu jedné otáčky nástroje)<sup>12</sup>:

$$f = f_z \cdot z \text{ [} mm \text{]} \quad (4.6)$$

Kde:

$Z$  – počet zubů.

Posuvová rychlost se vypočítá podle vztahu 4.7<sup>12</sup>:

$$v_f = f \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \text{ [} mm \text{ min}^{-1} \text{]} \quad (4.7)$$

### Stojní časy

Jednotkový strojní čas je obecně vyjádřen vztahem 4.8<sup>11</sup>:

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} \text{ [} min \text{]} \quad (4.8)$$

Kde:

$L$  – dráha nástroje ve směru posuvového pohybu [mm],  
 $v_f$  – posuvová rychlost [ $\text{mm min}^{-1}$ ].

Dráha nástroje se skládá z několika dílčích délek a je dána vztahem 4.9<sup>12</sup>:

$$L = l + l_n + l_p + l_{nf} \text{ [} mm \text{]} \quad (4.9)$$

Kde:

$l$  – délka frézování [mm],  
 $l_n$  – délka přeběhu [mm],  
 $l_p$  – délka náběhu [mm],  
 $l_{nf}$  – vzdálenost středu osy od délky přeběhu [mm].

Vzdálenost středu osy frézy od délky přeběhu je dána vztahem 4.10<sup>12</sup>:

$$l_{nf} = \sqrt{H \cdot (D - H)} \quad (4.10)$$

Kde:

H – tloušťka třísky,

D – průměr frézy.

Tab. 4.3 Vyhodnocení návodek.

Ukazatel	Hodnota
<b>Celkový strojní čas</b>	41 s
<b>Celková obráběná délka</b>	601,5 mm
<b>Průměrná řezná rychlost</b>	200 m/min
<b>Průměrné otáčky obrobku</b>	4350 min <sup>-1</sup>
<b>Průměrný posuv nástroje</b>	0,23 mm

## 5 ŘÍDICÍ NC PROGRAM

Výrobní NC program součásti byl zhotoven pomocí softwaru emco Win NC verze sinumerik 840D mill. Výrobní NC program je uveden v příloze 3. V tabulce 5.1 jsou uvedeny nejčastější funkce frézování a v tabulce 5.2 a 5.3 jsou uvedeny nejčastěji používané cykly.

### 5.1 Doporučené sestavení programu pro frézování – sinumerik 840D mill

- **Středník ;** – definuje poznámku, co je za středníkem program nenačte, začátek programu – v prvním řádku za středníkem by mělo být uvedeno: programátor, datum, rozměry polotovaru, poloha nulového bodu NB.
- **G54 – G57** – posunutí souřadného systému z nuly stroje (Bod **M** – levý přední roh stolu po najetí do referenčního bodu RB) do bodu na pevné čelisti svěráku, nejčastěji levý spodní zadní roh<sup>13,14</sup>.
- **TRANS Xčíslo1 Yčíslo2 Zčíslo3** – posunutí souřadného systému z bodu definovaného v předchozím řádku (nejčastěji levý dolní zadní roh pevné čelisti svěráku) do nulového bodu W=NB nejčastěji uprostřed zarovnané plochy obrobku, **číslo1** = polovina šířky polotovaru v ose X, **číslo2** = - polovina hloubky polotovaru v ose Y, **číslo3** = výška polotovaru -(mínus) přídavek na zarovnání horní plochy polotovaru (např. 0,5 mm) + popřípadě výška vypočtení (např. deskou 5 nebo 10 mm)<sup>13,14</sup>.
- **G90** – definice absolutního programování tzn. Souřadný systém os X-Y-Z (nulový bod W) je pevný a veškeré souřadnice pohybu osy frézy během obrábění jsou vztaženy k němu – vyjadřuje slovo KAM<sup>13,14</sup>.
- **G91** – přírůstkové – inkrementální programování tzn., že souřadný systém os X-Y-Z (nulový bod W) se posouvá do toho místa, kam předtím osa frézy došla a následně souřadnice pohybu osy frézy jsou vztaženy k němu – vyjadřuje slovo O KOLIK<sup>13,14</sup>.
- **G94** – definice způsobu zadávání posuvu nástroje = posuv v mm za minutu (mm/min = posuvová rychlost)<sup>13,14</sup>.
- **T20 M6** – výměna nástroje, číslo za písmenem znamená, jaký nástroj bude ze zásobníku vyjmut, M6 je pak výměna nástroje<sup>13,14</sup>.
- **M3 S2000** – spuštění konstantních pravotočivých otáček frézy, kde S2000 je jejich počet za minutu (2000/min)<sup>13,14</sup>.
- **M4** – levotočivé otáčky<sup>13,14</sup>.
- **G0 G40 Xčíslo1 Yčíslo2 Zčíslo3** – znamená příjezd osy frézy rychloposuvem k obrobku, kde číslo1 je souřadnice X, číslo2 je souřadnice Y a číslo3 je souřadnice Z od nulového bodu W, tato funkce se používá k přemístování nástroje na delší vzdálenost – např. k příjezdu obrobku a k návratu do výchozího bodu na výměnu nástroje, funkcí **G4** se ruší zapomenuté zapnutí korekce poloměru frézy – může se vynechat, ale je vhodnější to používat<sup>13,14</sup>.
- **G1 Xčíslo1 Yčíslo2 Zčíslo3 F300** – znamená pracovní pohyb nástroje po přímce posuvem 300mm/min, označuje se jako lineární interpolace a používá

se k nastavení hloubky třísky, poté k jejímu odřezání a nakonec ke krátkému odjezdu frézy od obrobku<sup>13,14</sup>.

- **G2 Xčíslo1 Yčíslo2 Zčíslo3 CRčíslo4 F300** – pracovní pohyb osy frézy po kružnici ve směru chodu hodinových ručiček posuvem 300mm/min, označuje se kruhová interpolace a používá se k obrábění kružnice o poloměru CR = poloměr R na obrobku + poloměr frézy, kde číslo4 je velikost rádiusu<sup>13,14</sup>.
- **G3** – kruhová interpolace proti směru chodu hodinových ručiček CCW<sup>13,14</sup>.
- **Frézovací cykly** – se používají na zjednodušení programování vybrání a vystupků – obecná kontura cycle 72, vrtání cycle 81 a 83, obdélníková a kruhová kapsa pocket 1 a pocket 2, vrtání více děr na přímce a na roztečné kružnici holes 1 a holes 2 (vrtání více děr se musí naprogramovat jako posloupnost těchto řádků) – 1) mcall cycle 81(...), 2) holes(...) nebo holes2(...), 3) mcall<sup>13,14</sup>.
- **G0 Z120** – odjez rychloposuvem nad obrobek, většinou se potom provede výměna nástroje<sup>13,14</sup>.
- **M30** – konec programu, může se použít i **M2** pro konec podprogramu se používá **M17**<sup>13,14</sup>.

## 5.2 Seznam nejčastěji používaných funkcí příkazů a cyklů

Tab. 5.1 Funkce frézování sinumerik 840D mill<sup>14</sup>.

Označení funkce	Význam funkce
<b>G0</b>	rychloposuv
<b>G1</b>	lineární interpolace
<b>G2</b>	kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček
<b>G3</b>	kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček
<b>G9</b>	radiální dráhy
<b>G17</b>	interpolační rovina XY pro funkce G2, G3
<b>G18</b>	interpolační rovina XZ pro funkce G2, G3
<b>G19</b>	interpolační rovina YZ pro funkce G2, G3
<b>G33</b>	řezání závitů konstantním stoupáním
<b>G34</b>	řezání závitů – stoupání lineárně vzrůstající
<b>G35</b>	řezání závitů – stoupání lineárně klesající
<b>G40</b>	vypnutí korekce nástroje
<b>G41</b>	zapnout korekci nástroje vlevo
<b>G42</b>	zapnout korekci nástroje vpravo
<b>G54 – G57</b>	nastavení posunutí nulového bodu
<b>G70</b>	programování v palcích
<b>G71</b>	programování v mm
<b>G75</b>	náběh na pevný bod
<b>G90</b>	absolutní programování
<b>G91</b>	přírůstkové programování
<b>G94</b>	posuv v mm/min
<b>G95</b>	posuv v mm/ot
<b>G96</b>	konstantní řezná rychlost - zapnutá

<b>G97</b>	konstantní řezná rychlost - vypnutá
<b>G147</b>	najetí po přímce ke kontuře po zapnutí korekce G41, G42
<b>G178</b>	odjetí po přímce od kontury před vypnutím korekce G40
<b>M0</b>	programový stop
<b>M1</b>	volitelný stop programu
<b>M2</b>	konec programu
<b>M3</b>	otáčky vřetena ve směru hodinových ručiček
<b>M4</b>	otáčky vřetena proti směru hodinových ručiček
<b>M5</b>	vypnutí otáček vřetena
<b>M6</b>	výměna nástroje
<b>M8</b>	zapnutí přívodu chladicí kapaliny
<b>M9</b>	vypnutí přívodu chladicí kapaliny
<b>M17</b>	konec podprogramu
<b>M20</b>	otevření ochranných dveří
<b>M30</b>	konec programu
<b>TRANS X Y Z</b>	posunutí nulového bodu z upínače na obrobek

### 5.3 Frézovací a vrtací cykly

V tabulce 5.2 a 5.3 jsou uvedeny nejčastěji používané cykly pro frézování a vrtání.

Tab. 5.2 Frézovací cykly<sup>14</sup>.

Označení funkce	Význam funkce
<b>CYCLE 71</b>	Frézování horní plochy – např. zarovnání čela
<b>CYCLE 72</b>	Frézování obecné vnější plochy a vnitřní tvarové plochy zadané v podprogramu
<b>HOLES 1</b>	Otvory v řadě
<b>HOLES 2</b>	Otvory na kružnici
<b>POCKET 1</b>	Frézování pravoúhlé kapsy
<b>POCKET 2</b>	Frézování kruhové kapsy
<b>SLOT 1</b>	Radiální drážky na kružnici
<b>SLOT 2</b>	Kruhové drážky

Tab. 5.3 Vrtací cykly<sup>14</sup>.

Označení funkce	Význam funkce
<b>CYCLE 81</b>	vrtání, navrtávání – bez výplachu
<b>CYCLE 83</b>	hluboké vrtání – s výplachem
<b>CYCLE 90</b>	frézování zavitu

## 6 VÝROBA FUNKČNÍHO VZORKU

Tato kapitola se zabývá vlastní výrobou součásti, která byla provedena ve firmě Mann+Hummel. Tato firma se především zabývá výrobou filtrační techniky pro automobilový průmysl. Poté je zde také určitá část zaměřena na montáž celých olejových modulů spolu spojená s obráběním hliníkových těles, do kterých se pak jednotlivé komponenty montují. Obráběná tělesa se používají pro filtraci oleje.

### 6.1 Výrobní podmínky ve firmě

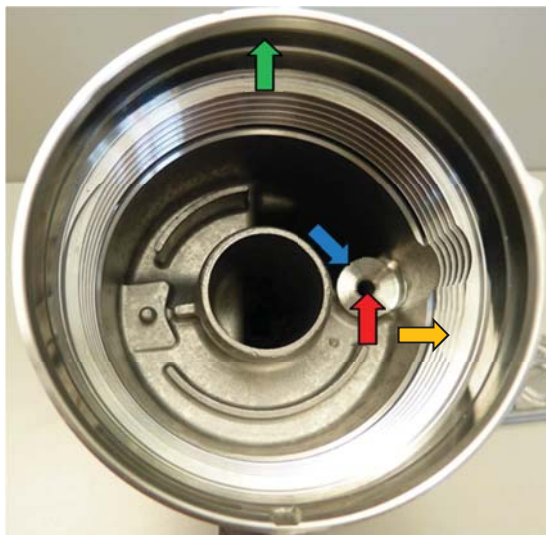
Firma disponuje velice kvalitními CNC obráběcími centry od firmy Chiron, které jsou popsány v kapitole 3. Pro obrobení tělesa bylo použito obráběcí centrum Chiron řady 18.

V kapitole nelze uvést fotky samotné výroby CNC obráběcím centrem, kdy těleso je upnuté ve stole a nástroje provádí operaci, protože obráběcí operace jsou prováděny uvnitř stoje a fotografie, které byly provedeny jsou špatně čitelné, z důvodu špatné kvality skla, která je způsobena častým používáním.

### 6.2 Výroba vzorku

Výrobek je obráběn na dvouřetenovém obráběcím centru, takže jsou za ráz obráběny dvě tělesa. Těleso je obráběno na dvě upnutí.

Při prvním upnutí byly použity nástroje T20, T21, T22, T23 a T24 jimiž jsou obráběny první dvě strany. Jako první byla obrobená část vnitřní, kam bylo montováno víko s filtračním elementem (obr. 6.1) a část dvě, kam byl montován chladič (obr. 6.2).



Obr. 6.1 Vnitřní část.




Obr. 6.2 Chladičová příruba.

 T20 – Sdružená vrtací hlava

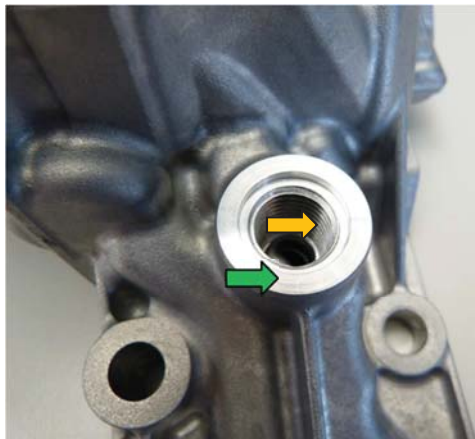
 T24 – Sdružená vrták

 T21 – Závitová fréza

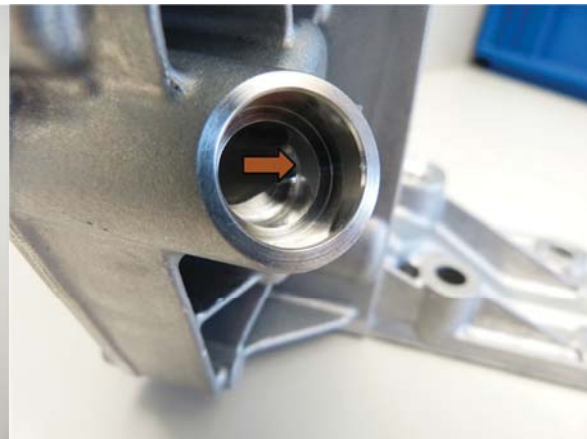
 T22 – Navrtávák

 T23 – Dělový vrták

Při druhém upnutí byly použity nástroje T25, T26 a T27 jimiž byly obráběny druhé dvě strany. Jako třetí část byla obrobena motorová příruba (obr. 6.3) a jako poslední část byl obroben průměr, kam se lisuje nátrubek (obr. 6.4)



Obr. 6.3 Motorová příruba



Obr. 6.4 Průměr pro nátrubek

➡ T25 – Sdružený vrták

➡ T27 – Sdružený vrták

➡ T26 – Závitová fréza

## 7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

V této kapitole jsou řešeny výpočty strojních časů a spotřeba nástrojů pro operace prováděné na CNC obráběcím centru. Dále je zde také proveden výpočet ploch.

### 7.1 Strojní časy, výrobnost

Vypočítané strojní časy pro jednotlivé nástroje jsou shrnuty v tabulce 7.1

Tab. 7.1 Strojní časy.

Úsek	Nástroj	$t_{AS} - 1 \text{ kus}[s]$
Vnitřní vrtání	T20	5,70
Frézování závitu	T21	6,24
Navrtání otvoru	T22	2,22
Vrtání hluboké díry	T23	14,82
Vnitřní vrtání	T24	3,72
Vnitřní vrtání	T25	1,68
Frézování závitu	T26	2,64
Vnitřní vrtání	T27	3,96
<b>Celkem</b>		<b>41</b>

Jednotkový strojní čas  $t_{AS}$  je čas, při kterém se nástroj pohybuje pracovním posuvem, do tohoto pohybu spadá řez, náběh a přeběh. Čas  $t_{AV}$  (jednotkový vedlejší) obsahuje vše vedlejší, co není součástí pracovního posuvu, čas vedlejší se skládá z rychloposuvů, výměn nástrojů, volby programů, manipulace a upínání obrobků. Jednotkový čas vedlejší se určuje odborným odhadem na základě zkušeností daných firem dle normativních tabulek, nebo při zkušební ověřovací výrobě. V našem případě je čas  $t_{AV} = 13 \text{ s}$ . Celkový čas je tedy vypočten ze vztahu 7.1:

$$t_A = t_{AS} + t_{AV} \text{ [min]} \quad (7.1)$$

$$t_A = 0,86 + 0,22 = 1,08 \text{ min}$$

Kde:

$t_A$  – čas jednotkový celkový [min],

$t_{AS}$  – čas jednotkový strojní [min],

$t_{AV}$  – čas jednotkový vedlejší [min].

### 7.2 Odpad

Při výrobě součásti vzniká hliníkový odpad ve formě třísek. Třísky spolu s kapalinou odchází po dopravníku do kontejnerů (obr. 7.1), kde třísky zůstávají, a kapalina putuje přes vlákno, které zachycuje co nejmenší třísky zpět do zásobníků kapaliny a je připravena pro další chlazení. Z jednoho obrobeného tělesa je 56 g odpadu ve formě třísek. Tyto třísky jsou pak prodávány.





Obr. 7.1 Pojízdný kontejner.

### 7.3 Spotřeba nástrojů

Pro výrobu se určí množství VBD a vysoko rychlostních nástrojů (HSS), tabulka 7.2. Trvanlivost byla určena z tabulky výměn nástroje, kde technolog obráběcího centra zaznamenává den výměny nástroje a k tomu příslušný počet obroběných kusů.

Nástroje T20, T21, T22, T24, T25 a T27 se skládají z více VBD se stejnou trvanlivostí, VBD má použitelnou pouze jednu stranu, protože se jedná o speciální VBD. Trvanlivost 1 VBD byla počítána pro celý nástroj.

Nástroje T23 a T26 jsou vyrobeny z vysokorychlostní oceli.

Celkový počet VBD, HSS nástrojů se určí ze vztahu 7.2:

$$P_{VBD,HSS} = \frac{t_{AS}}{x \cdot T} [-] \quad (7.2)$$

Kde:

$P_{VBD,HSS}$  – počet výměnných břitových destiček / vysokorychlostních nástrojů [-],

$t_{AS}$  – jednotkový strojní čas [min],

$x$  – počet stran VBD [-],

$T$  – trvanlivost VBD [min].

Tab. 7.2 Počet VBD, HSS nástrojů

Nástroj	$t_{AS}$ [min]	$x$ [-]	$T$ [min]	$P_{VBD,HSS}$ [-]
T20	0,095	1	23750	$4 \times 10^{-6}$
T21	0,104	1	26000	$4 \times 10^{-6}$
T22	0,037	1	9250	$4 \times 10^{-6}$
T23	0,247	1	15200	$1,7 \times 10^{-5}$
T24	0,062	1	15500	$4 \times 10^{-6}$
T25	0,028	1	5600	$5 \times 10^{-6}$
T26	0,044	1	7700	$5,6 \times 10^{-6}$
T27	0,066	1	13200	$5 \times 10^{-6}$

Toto množství je velice malé, protože slouží pro výpočet jedné součásti. Může například sloužit pro plán objednávání VBD a nástrojů z HSS.

#### 7.4 Výpočet ploch

Rozměry stroje byly navýšeny o 1,2 m na délku a 1,8 na šířku jako pracovní prostor pro obsluhu, rozměry stroje uvedeny v tabulce 7.3.

Tabulka 7.3 Rozměry stroje.

Stroj	Délka [m]	Šířka [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]
Chiron DZ 18.2K W	4,90+1,2	4,66+1,8	39,41
<b>Výrobní plocha F<sub>v</sub></b>			<b>39,41</b>

Pomocná podlahová ploch<sup>15</sup>:

$$F_p = 0,5 \cdot F_v \text{ [m}^2\text{]} \quad (7.3)$$

$$F_p = 0,5 \cdot 39,41 = 19,71 \text{ m}^2$$

Plocha pro hospodaření s nářadím<sup>15</sup>:

$$F_{phn} = 0,15 \cdot F_p \text{ [m}^2\text{]} \quad (7.4)$$

$$F_{phn} = 0,15 \cdot 19,71 = 2,96 \text{ m}^2$$

Plocha údržby<sup>15</sup>:

$$F_{pú} = 0,15 \cdot F_p \text{ [m}^2\text{]} \quad (7.5)$$

$$F_{pú} = 0,15 \cdot 19,71 = 2,96 \text{ m}^2$$

Plocha skladů<sup>15</sup>:

$$F_{pskl} = 0,29 \cdot F_p \text{ [m}^2\text{]} \quad (7.6)$$

$$F_{pskl} = 0,29 \cdot 19,71 = 5,72 \text{ m}^2$$

Plocha dopravních cest<sup>15</sup>:

$$F_{pdc} = 0,33 \cdot F_p \text{ [m}^2\text{]} \quad (7.7)$$

$$F_{pdc} = 0,33 \cdot 19,71 = 6,50 \text{ m}^2$$

Kontrolní plocha<sup>15</sup>:

$$F_{pk} = 0,08 \cdot F_p \text{ [m}^2\text{]} \quad (7.8)$$

$$F_{pk} = 0,08 \cdot 19,71 = 1,58 \text{ m}^2$$

Celková provozní podlahová plocha<sup>15</sup>:

$$F_{pr} = F_v + F_p \text{ [m}^2\text{]} \quad (7.9)$$

$$F_{pr} = 39,41 + 19,71 = 59,12 \text{ m}^2$$

## 8 DISKUZE

Tato kapitola zahrnuje jednotlivé poznatky vyskytující se v bakalářské práci.

Polotovarem pro obráběné těleso je odlitek o hmotnosti 876 g, vzhledem ke složitosti tělesa je to nejvýhodnější a nejlepší varianta. Při obrábění dojde u tělesa ke ztrátě 56 g materiálu, což činí 6% odpadu.

Těleso bylo vyrobeno na dvouvřetenovém stroji Chiron DZ 18.2K W s otočným stolem, na každou část otočného stolu můžeme upnout 4 součásti.

Nástroje byly vybrány a zakoupeny od firmy Frezite a to jak nástroje s VBD, tak nástroje z HSS. Pro dobré řezné vlastnosti je zajištěna chladicí kapalina, která zabraňuje nalepování třísky na nástroj.

Pro zhotovení funkčního vzorku byl použit softwaru emco WinNC verze sinumerik 840D mill.

Poslední věc, která je v poslední době hodně řešená je vztah k životnímu prostředí a proto stroje od firmy Chiron disponují širokým příslušenstvím pro zlepšení dopadu obrábění na životní prostředí. Opatřované a nepoužitelné nástroje jsou zpět vráceny firmě Frezite.

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vhodnou technologii výroby pro hliníkové těleso.

První a druhá část byla zaměřena na rozbor hliníkových slitin, vybrání nejvhodnější slitiny hliníku pro obrábění, kterou byla nakonec zvolena slitina hliníku s křemíkem. A dále stručné představení komponent a funkce olejového modulu.

Ve třetí a čtvrté kapitole byly zvoleny speciální nástroje, které jsou dodávány od výrobce přesně na danou operaci. Zvoleno obráběcí CNC centrum, navržena výroba a popsán technologický postup, dle kterého byla součást vyrobena.

V páté a šesté kapitole byla řešena samotná výroba funkčního vzorku.

Sedmá kapitola je věnována ekonomickému zhodnocení.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. ROUČKA, Jaromír. *Metalurgie neželezných slitin*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 148 s. ISBN 80-214-2790-6.
2. ALU-PROFILY. *Základní vlastnosti a výroba hliníku* [online]. 10. 6. 2012 Alu-profil.cz. [vid. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.alu-profil.cz/zakladni-vlastnosti-a-vyroba-hliniku/>
3. MICHNA, Štefan. *Encyklopedie hliníku*. 1. vyd. Prešov: Adin, 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4.
4. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu I*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. 516 s. ISBN 80-7204-283-1.
5. IMINERALY. *Korund* [online]. 15. 4. 2014 iMineraly.cz. [vid. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.imineraly.cz/clanek.php?id=97>
6. O.C.TECH. *Katalog Chiron: CNC obráběcí centra* [online]. O.C.Tech, s.r.o. [vid. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.octech.cz/obrabeci-centra/chiron/>
7. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
8. FREZITE. *General katalog 2012* [online]. 2012 Frezite, s.r.o. [vid. 2014-04-28]. Dostupné z: [http://www.fmttooling.com/books/00\\_geral/index.html](http://www.fmttooling.com/books/00_geral/index.html)
9. HOFFMANN, GmbH: *Hlavní katalog* [online]. Hoffmann GmbH, Munich, Germany. 1. 8. 2013. [vid. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.hoffmann-group.com/cz/produkty/katalog-naradi.html>
10. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 2. vyd. Úvaly: Albra, 2005. 906 s. ISBN 80-7361-011-6.
11. HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění – 1. část* [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)
12. HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění – 2. část* [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)
13. BLOUDÍČEK, Milan. *Manuál pro výuku ovládání a programování školních CNC strojů EMCO Concept 105Turn a 55Mill s řídicím systémem SIEMENS 840D*. Střední průmyslová škola Třebíč, 2002.
14. ŠTULPA, Miloslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
15. *Technologický projekt dílny* [online]. Podklady. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství [vid. 2014-05-11]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/tech\\_projekt/technologicke\\_projektovani\\_navody.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/tech_projekt/technologicke_projektovani_navody.pdf)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
<b>Al</b>	[-]	Hliník
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	[-]	Oxid hlinitý
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 2H<sub>2</sub>O</b>	[-]	Bauxit
<b>CBN</b>	[-]	Kubický nitrid boru
<b>CNC</b>	[-]	Computer numeric control
<b>Cu</b>	[-]	Měď
<b>FCC</b>	[-]	Krychlová plošně středěná
<b>HB</b>	[-]	Tvrдость podle Brinella
<b>ISO</b>	[-]	International organization for standardization
<b>Mg</b>	[-]	Hořčík
<b>Mn</b>	[-]	Mangan
<b>NC</b>	[-]	Numeric control
<b>PCBN</b>	[-]	Polykrystalický kubický nitrid bóru
<b>PCD</b>	[-]	Polykrystalický diamant
<b>PKD</b>	[-]	Polykrystalický diamant
<b>Si</b>	[-]	Křemík
<b>VHM</b>	[-]	Vysokorychlostní ocel
<b>Zn</b>	[-]	Zinek
<b>s.r.o.</b>	[-]	Společnost s ručeným omezeným

Symbol	Jednotka	Popis
<b>D</b>	[mm]	průměr obráběné díry
<b>F<sub>p</sub></b>	[m <sup>2</sup> ]	pomocná podlahová plocha
<b>F<sub>pdč</sub></b>	[m <sup>2</sup> ]	plocha dopravních cest
<b>F<sub>phn</sub></b>	[m <sup>2</sup> ]	plocha pro hospodaření s nářadím
<b>F<sub>pk</sub></b>	[m <sup>2</sup> ]	kontrolní plocha
<b>F<sub>pr</sub></b>	[m <sup>2</sup> ]	celková provozní podlahová plocha
<b>F<sub>pskl</sub></b>	[m <sup>2</sup> ]	plocha skladů
<b>F<sub>pú</sub></b>	[m <sup>2</sup> ]	plocha údržby

<b>F<sub>v</sub></b>	[m <sup>2</sup> ]	plocha výrobní
<b>H</b>	[mm]	tloušťka třísky
<b>L</b>	[mm]	délka dráhy nástroje
<b>P<sub>VBD,HSS</sub></b>	[-]	počet VBD / HSS nástrojů
<b>T</b>	[mm]	trvanlivost VBD
<b>f</b>	[mm]	posuv na otáčku
<b>f<sub>z</sub></b>	[mm]	posuv na zub
<b>l</b>	[mm]	délka dráhy nástroje v záběru
<b>l<sub>n</sub></b>	[mm]	délka náběhu
<b>l<sub>nf</sub></b>	[mm]	vzdálenost středu osy od délky přeběhu
<b>l<sub>p</sub></b>	[mm]	délka přeběhu
<b>n</b>	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky
<b>t<sub>A</sub></b>	[min]	jednotkový celkový čas
<b>t<sub>AS</sub></b>	[min]	jednotkový strojní čas
<b>t<sub>Av</sub></b>	[min]	jednotkový vedlejší čas
<b>v<sub>c</sub></b>	[m.min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost
<b>v<sub>e</sub></b>	[m.min <sup>-1</sup> ]	rychlost řezného pohybu
<b>v<sub>f</sub></b>	[mm.min <sup>-1</sup> ]	posuvová rychlost
<b>x</b>	[-]	počet stran VBD
<b>z</b>	[-]	počet zubů nástroje

**SEZNAM PŘÍLOH**

- |           |  |
|-----------|--|
| Příloha 1 | Technické parametry obráběcího centra CNC DZ 18.2K W |
| Příloha 2 | Návodky  |
| Příloha 3 | NC program   |
| Příloha 4 | Výkres obrobku                                       |