

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI  
“HŘÍDEL SERVOMOTORU“ V PODMÍNKÁCH FIRMY  
DANAHER MOTION BRNO**

TITLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

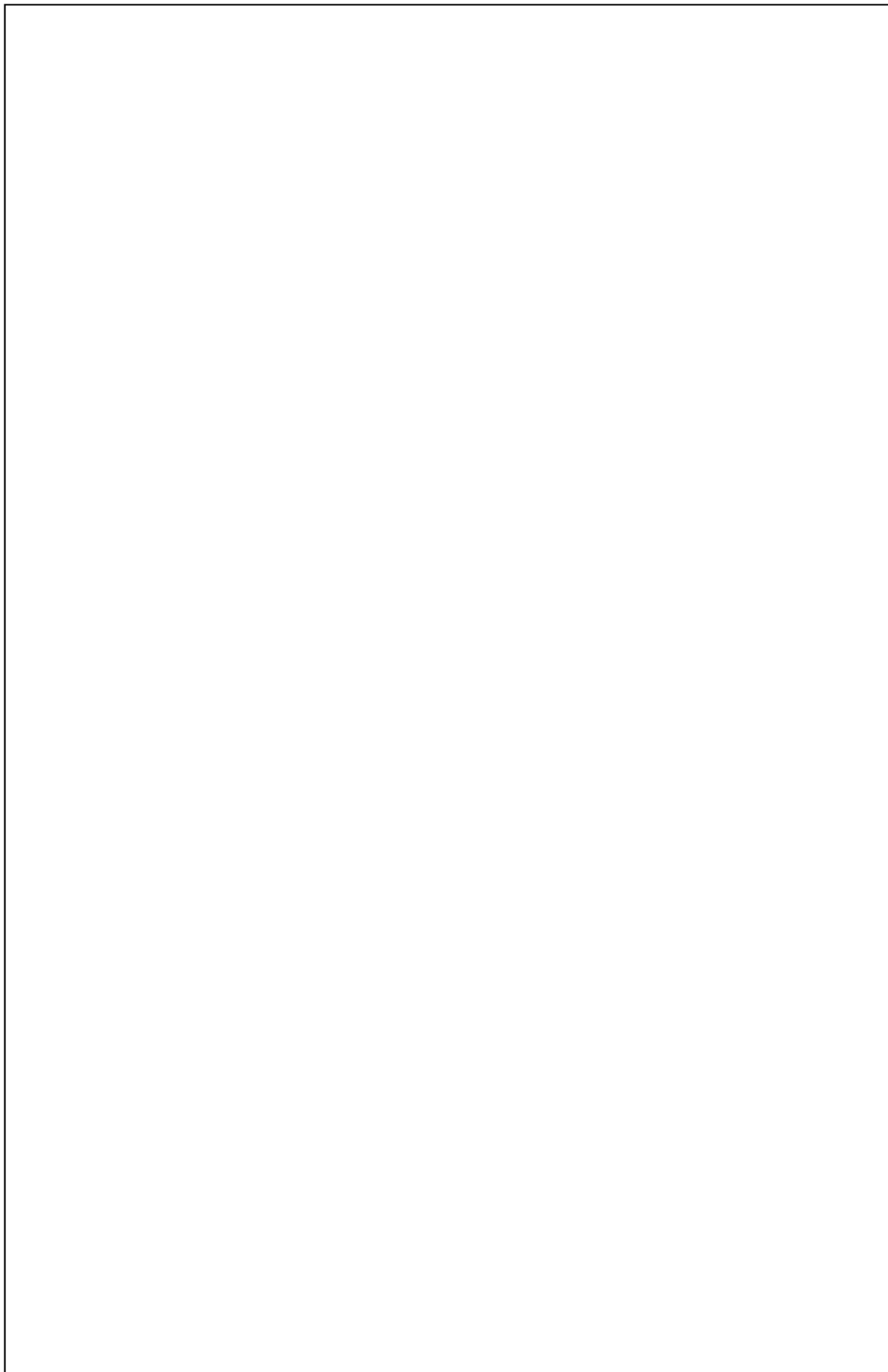
**LUKÁŠ ŽELEZNÝ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**ING. MILAN KALIVODA**

BRNO 2008





## ABSTRAKT

Navržení výrobní technologie v podmínkách firmy. Vyhodnocení a doporučení varianty s CNC strojem. Zpracování technologické dokumentace (seřizovací listy, NC program, popis programovacího jazyka).

### Klíčová slova

Řídící systém Fanuc 18i, NC program, Doosan 310SMLY, Manual Guide.

## ABSTRACT

Suggestion of manufacturing technology in requirements of company. Evaluation and recommendation of options with CNC machine. Processing of technical documentation (set up list, NC programme, description of programming language)

### Key words

The control system Fanuc 18i, NC programme, Doosan 310SMLY, Manual Guide.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŽELEZNÝ, Lukáš. *Řešení technologie výroby součásti "hřídel servomotoru" v podmínkách firmy DANAHER MOTION v Brně-Modřicích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. s 40., příloh 2. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Řešení technologie výroby součásti "hřídel servomotoru" v podmínkách firmy DANAHER MOTION v Brně-Modřicích* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 23.05.2008

.....  
Lukáš Železný

## **Poděkování**

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

**OBSAH**

Abstrakt .....	4
Prohlášení .....	5
Poděkování .....	6
Obsah .....	7
Úvod .....	8
1. Výrobní stroje.....	10
1.1 Soustruh S310 SMLY .....	10
1.2 Bruska STUDER S33 .....	12
2. Materiál pro výrobu hřídele .....	13
3. Nástrojové vybavení soustruhu Doosan 310 SMLY .....	14
4. Výpočty a stanovení řezných podmínek .....	16
4.1 Výchozí údaje .....	16
4.2 Výpočet řezné rychlosti .....	16
5. Rámcový postup .....	17
6. Programování soustruhu S310 SMLY .....	18
6.1 Řídící systém FANUC .....	18
6.2 Popis jednotlivých pevných cyklů ve výrobním programu.....	19
6.3 Animovaná simulace obrábění .....	24
6.4 Význam jednotlivých ISO kódů podporované soustruhem .....	26
6.5 Výrobní NC programy s popisem některých funkcí.....	29
7. Technicko-ekonomické zhodnocení .....	34
7.1 Technické zhodnocení .....	34
7.2 Ekonomické zhodnocení .....	35
Závěr .....	37
Seznam použitých zdrojů .....	38
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	39
Seznam příloh .....	40

## ÚVOD

Než se začnu přímo věnovat tématu, tak bych se zmínil pár slovy o firmě v které pracuji. Jak je zmíněno již v názvu bakalářské práce, firma se jmenuje Danaher Motion se sídlem v Brně-Modřicích. Společnost začala v České republice fungovat v roce 2003. Spadá pod mezinárodní skupinu Danaher, která zaujímá přední místa na světových trzích a pobočky různých značek má po celém světě. Firma Danaher Motion, s.r.o. se zabývá výrobou, výzkumem a vývojem servomotorů. V Modřicích je výrobní závod s 170 zaměstnanci a plánuje se další růst, který je spojený s novými projekty. Produkce společnosti je určena pro export do zahraničí. Mezi naše nejvýznamnější odběratele patří TOYOTA, která používá naše motory například do vysokozdvizných vozíků. Dalším významným odběratelem je firma PHILIPS MEDICAL, která motory montuje do dýchacích přístrojů na operační sály. Ještě bych se zmínil například o německé firmě INDEX, která naše motory montuje do svých CNC strojů. Jak jde vidět s uvedených příkladů, tak naše motory mají široké uplatnění ve spoustě různých oborech v různých částech světa a jejich prestiž stále stoupá.



Obr. 0.1. Výrobní závod Danaher Motion v Brně-Modřicích



Ve firmě pracuji jako programátor a technolog CNC strojů. Jedním s mých prvních úkolů ve firmě bylo navrhnout výrobní stroje, technologii výroby a následně i zaškolit operátory pro nový typ výroby, který se v naší firmě následně realizoval. V bakalářské práci Vás budu postupně seznamovat, jakým směrem jsem se ubíral a jaké stroje či technologie výroby jsem zvolil. Při volbě výrobních strojů jsem samozřejmě neměl neomezené možnosti a proto je například použit soustruh s Jižní Koreje, který svoji kvalitou jistě nepatří k nejspolehlivějším a nejpřesnějším, ale po funkční stránce je plně dostačující. Na broušení je pak použita bruska od osvědčené firmy ze Švýcarska. Požadavky na stroje byla co možná největší universálnost strojů, protože škála vyráběných hřídelí je opravdu veliká. K dnešnímu dni čítá přes tři sta typů. Výrobní série jsou velmi malé, průměrně jen 15 kusů. Strategii firmy je mít co nejmenší skladové zásoby. Vyrábíme až na základně výrobní objednávky zákazníka. Je snaha o co nejkratší výrobní časy, protože při tak malých sériích nastavovací čas výrazně promlouvá na konečné ceny hřídele, proto jsou použity stupňové vrtáky či rychloupínací držáky. Denní produkce čítá řádově 120 kusů hřídelí při třisměnném provozu. Pro bakalářskou práci jsem si vybral názornou ukázkou výroby jedné z nejsložitějších hřídelí FS53E00, které se tu vyrábí.



Obr. 0.2. Hřídel FS53E00

## 1 VÝROBNÍ STROJE

Bakalářská práce je převážně zaměřena na soustružnické operace, ostatní operace budou v práci zmíněny jen okrajově.

### 1.1. Soustruh DOOSAN 310SMLY



Stručný popis : Jedná se o dvouvřetenový soustruh s jednou revolverovou hlavou, s poháněnými nástroji, polohovacím vřetenem a přídatnou Y osou.



Obr. 1.1. DOOSAN S310 SMLY



Obr. 1.2. DOOSAN S310 SMLY

## Specifikace stroje Doosan 310 SMLY

Tab 1.1 Specifikace stroje Doosan 310 SMLY (překlad z angličtiny) <sup>2</sup>

Číslicový řídicí systém	FANUC 18i
Hydraulická jednotka	Doosan standardní typ, kapacita 11 L
Chladicí zařízení	Chladicí kapalina dopravena skrze pevné hadice a nožové držáky
Příkon	12 kW
Strojní světlo	AC 220 V - 20W
Hmotnost	4000 kg
Dveře	Manuální
Hyd. čelisti řízené tlačítkem	Manuální s tlačítkem s klíčem
Funkce programové ochrany	Manuální s tlačítkem s klíčem
Dveřní západka zap./vyp. tlačítko	Manuální s tlačítkem s klíčem
Olejová nádržka	Kapacita 2 L
Hydraulická nádržka	Kapacita 15 L
Elektrické náhradní díly	Pojistky

## Revolverová hlava 12 pozic

0.5.460.216	SAUTER TURRET
VT 300RB	DJ TURRET

## Hlavní vřeteno

Typ čelistí	HC-08A06
Typ hyd. válce	Y-1225R
Maximální rychlost	5,000 rpm

## Pomocné vřeteno

Typ čelistí	HCH-05
Typ hyd. Válce	HYH-1236

## 1.2. Bruska STUDER S33



The Art of Grinding.

Stručný popis: Hrotová bruska s řídicím systémem FANUC 21i.

Použit brusný kotouč: WINTERTHUR T1-500x50x203.2 54A120 L15VPMF 9004W



Obr. 1.3. Bruska STUDER S33



Obr. 1.4. Bruska STUDER S33 – Ukázka upnutí broušené hřídele FS53E00 mezi hroty s unášecím srdíčkem.

## 2 MATERIÁL PRO VÝROBU HŘÍDELE

Pro výrobu hřídelí je použit materiál s označením ETG 88.

Pro typ FS53E00 je polotovár o průměru 35 mm.

Tab. 2.1. Mechanické vlastnosti materiálů ETG 88

Pevnost v tahu	Min. mez kluzu	Tažnost
$R_m$ střední hodnota $N\ mm^{-2}$	$R_{p0,2}$ minim. $N\ mm^{-2}$	A5 %
870	685	9

Tab. 2.2. Chemické složení materiálů ETG 88

Prvek	Min.	Max.
C	0,42	0,48
Si	0,1	0,3
Mn	1,35	1,65
P	0	0,04
S	0,24	0,33

*Poznámka* : Alternativním materiálem na výrobu hřídele je ČSN 15142.6

Tab. 2.3 Mechanické vlastnosti materiálů ČSN 15142.6

Pevnost v tahu	Min. mez kluzu	Tažnost
$R_m$ střední hodnota $N\ mm^{-2}$	$R_{p0,2}$ minim. $N\ mm^{-2}$	A5 %
1099	968	14

Tab. 2.4 Chemické složení materiálů ČSN 15142.6

Prvek	Min.	Max.
C	0,42	0,48
Si	0,20	0,24
Mn	0,83	0,85
P	0	0,018
S	0,01	0,014

### 3 NASTROJOVÉ VYBAVENÍ SOUSTRUHU DOOSAN 310 SMLY

*Poznámka* : Stroj je vybaven převážně nástroji a držáky od firmy WNT a poháněné držáky od firmy EWS . Dále pak od firem KINTEK , FRAISA a od firmy WENDEL.

Stranový nůž hrubovací pravý (T0101) :

Použitý držák : DIN 69880 Tvar D1 (WNT)<sup>3</sup>

Použitý nožový držák : SDJCR 2020K11 (WNT)<sup>3</sup>

Použité břitové destičky : DNMG 150608EN (WNT)<sup>3</sup>

Stranový nůž hrubovací levý (T0121) :

Použitý držák : DIN 69880 Tvar D1 (WNT)<sup>3</sup>

Použitý nožový držák : SDJCL 2020K11 (WNT)<sup>3</sup>

Použité břitové destičky : DNMG 150608EN (WNT)<sup>3</sup>

Stranový nůž dokončovací pravý (T0808) :

Použitý držák : DIN 69880 C1-30x16/20 (KINTEK)<sup>5</sup>

Použitý nožový držák : SDJCR 2020K11 (WNT)<sup>3</sup>

Použité břitové destičky : DCMT 11T304-HM (WNT)<sup>3</sup>

Stranový nůž dokončovací levý (T1212) :

Použitý držák : DIN 69880 C2-30x16/20 (KINTEK)<sup>5</sup>

Použitý nožový držák : SDJCL 2020K11 (WNT)<sup>3</sup>

Použité břitové destičky : DCMT 11T304-HM (WNT)<sup>3</sup>

Tvarová kotoučová fréza (T1111) :

Použitý držák : 40.3025 KTCX (EWS)<sup>4</sup>

Kleština : ER 15-16 (WNT)<sup>3</sup>

Fréza : No. DP 16/32 PA 30° Z=14

Stupňový vrták pravá strana (T0404) :

Použitý držák : 121.030.00.085 (WENDEL) <sup>7</sup>

Kleština : ER 11-12 (WNT) <sup>3</sup>

Nástroj : Stupňový vrták pro M8

Stupňový vrták levá strana (T0424) :

Použitý držák : 121.030.00.085 (WENDEL) <sup>7</sup>

Kleština : ER 11-12 (WNT) <sup>3</sup>

Nástroj : Stupňový vrták pro M8

*Poznámka : Výkres stupňového vrtáku pro M8 je v příloze číslo 2.*

Stopková fréza HSS-E Co 8 (T0707) :

Použitý držák : 40.3025 KTCX (EWS) <sup>4</sup>

Kleština : ER 9-10 (WNT) <sup>3</sup>

Nástroj : Stopková fréza Ø7,75 DIN327 (WNT) <sup>3</sup>

Stopková fréza HSS-E Co 8 (T0909) :

Použitý držák : 40.3025 KTCX (EWS) <sup>4</sup>

Kompenzační kleština : ER 9-10 (WNT) <sup>3</sup>

Nástroj : Stopková fréza Ø7,75 DIN327 (WNT) <sup>3</sup>

Strojní závitník M8 pravá strana (T0505) :

Použitý držák : 60.3025 GT300R (EWS) <sup>4</sup>

Kleština : ER 7-8 (WNT) <sup>3</sup>

Závitník : M8-ISO2 E0220 (6H) (FRAISA) <sup>6</sup>

Strojní závitník M8 levá strana (T1010) :

Použitý držák : 60.3025 GT300L (EWS) <sup>4</sup>

Kleština : ER 7-8 (WNT) <sup>3</sup>

Závitník : M8-ISO2 E0220 (6H) (FRAISA) <sup>6</sup>

## 4 VÝPOČTY A STANOVENÍ ŘEZNÝCH PODMÍNEK

### 4.1 Výchozí údaje

Řezná rychlost vychází z doporučených hodnot pro daný řezný nástroj v souvislosti s obráběným materiálem.

Doporučené hodnoty řezné rychlosti pro jednotlivé obráběné materiály jsou uváděny výrobcem.

### 4.2 Výpočet řezné rychlosti

Pokud je v CNC programu zadána konstantní řezná rychlost pomocí funkce G96, otáčky vřetene  $n$  se regulují v souvislosti s obráběným průměrem  $D$  a zadanou řeznou rychlostí  $v_c$ .  $S$  zde udává řeznou rychlost [ $m \text{ min}^{-1}$ ]

Příklad zadání v programu: G96 S200

$$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \quad (4.1)$$

$v_c$  - řezná rychlost [ $m \text{ min}^{-1}$ ]

$D$  - průměr obrobku [ $mm$ ]

$n$  - počet otáček [ $ot. \text{ min}^{-1}$ ]

Pokud není v programu zadána konstantní řezná rychlost, ale rychlost pomocí funkce G97, musí se z upraveného vzorce pro řeznou rychlost dopočítat počet otáček  $n$ .  $S$  zde udává [ $ot. \text{ min}^{-1}$ ]

Příklad zadání v programu: G97 S1500

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D \cdot \pi} \quad (4.2)$$

$v_c$  - řezná rychlost [ $m \text{ min}^{-1}$ ]

$D$  - průměr obrobku [ $mm$ ]

$n$  - počet otáček [ $ot. \text{ min}^{-1}$ ]



## 5 RÁMCOVÝ POSTUP

### BOMAR EGRONOMIC 320-250 DG

1. Příprava materiálu	Řezání materiálu $\varnothing 35$ mm na délku 267 mm
2. Kontrola materiálu	Posuvné měřidlo do 250 mm ČSN 251231

### DOOSAN S310 SMLY (34 874)

3. Obrábění	3/1	Soustužení: Hrubování kontury na hlavním vřetenu
	3/2	Dokončování kontury na hlavním vřetenu
	3/3	Vrtání: Stupňový vrták D M8 DIN 332
	3/4	Závitování: Závitník M8 IS02 (6H)
	3/5	Frézování: Tvarová fréza za využití Y osy
	3/6	Soustružení: Hrubování kontury na protivřetenu
	3/7	Dokončování kontury na protivřetenu
	3/8	Vrtání: Stupňový vrták D M8 DIN 332
	3/9	Závitování: Závit M8 IS02 (6H)
	3/10	Frézování: Hrubovací stopková fréza 7.8mm
	3/11	Dokončovací stopková fréza 7.8, za pomoci Y osy
4. Kontrola po obrobení	Posuvné měřidlo do 250 mm ČSN 251231	
	Kalibr na ozubení	
	Kalibr na drážku pro péro	

### STUDER S33

5. Broušení	Broušení mezi hroty s unašecím srdíčkem	
	Brusný kotouč : Winterthur T1-500x50x203.2 54A120 L15VPMF	
6. Kontrola po broušení	Tř.mikr.Digimatic 0–25 mm	
	Tř.mikr.Digimatic 25–50 mm	
	Drsnoměr SJ–30 – 178–952D	

## 6 PROGRAMOVÁNÍ SOUSTRUHU S310 SMLY

V této kapitole se budu věnovat řídicímu systému stroje, popisem jednotlivých cyklů, které jsou následně použity ve výrobních programech. Dále je zde zmíněna animovaná simulace a na konci kapitoly jsou samotné výrobní programy s popisem některých zajímavých operací.

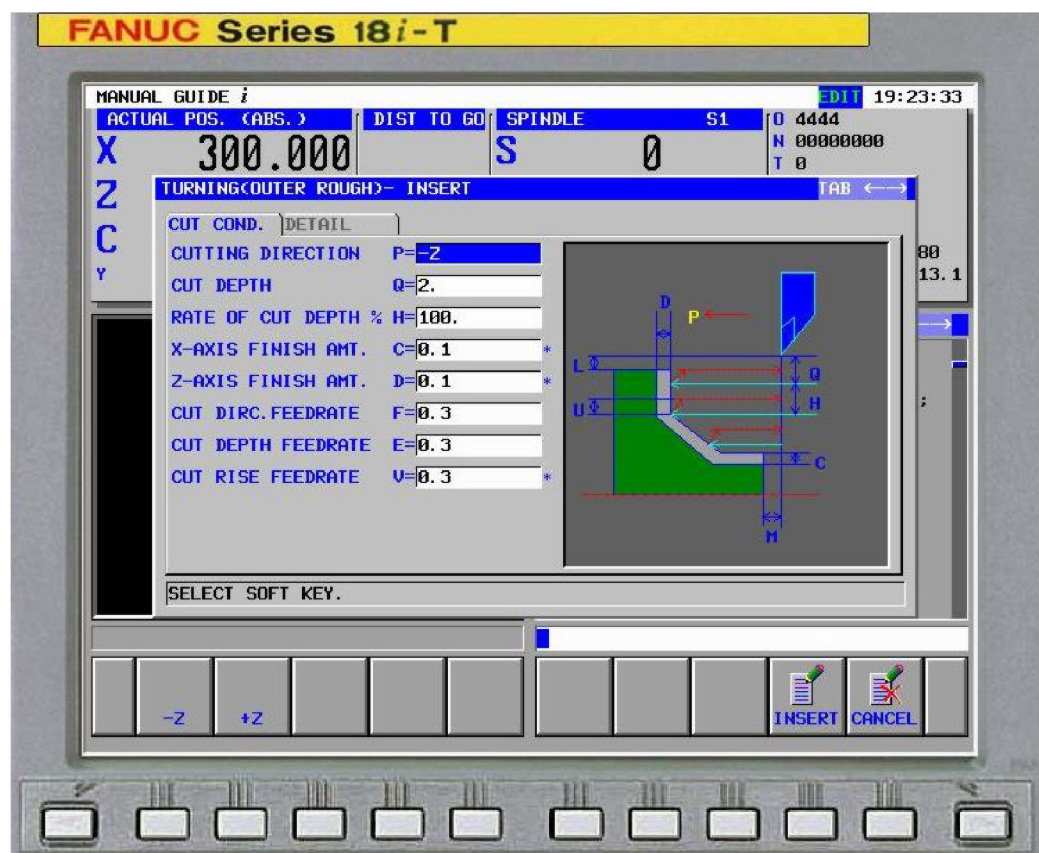
### 6.1 Řídicí systém FANUC



Program je napsán v systému FANUC. Je to jeden z nejrozšířenějších programovacích jazyků na světě od japonského výrobce a je rozšířen převážně na soustruzích. Pár vět bych se zmínil o označení jednotlivých verzí programovacího jazyka, protože je zajímavé a z části ne moc logické. První verze měla označení FANUC 0, byla to nejprimitivnější verze a po určitých inovacích se používá dodnes na nejjednodušších strojích. Nejrozšířenější verze jsou FANUC 16, FANUC 18 a FANUC 21. Člověk by předpokládal, že čím větší číslo, tím je verze pro složitější stroje a skýtající více možností pro uživatele, ale není tomu tak. V dnešní době se systém Fanuc 21 používá pro stroje převážně dvouosé s jedním revolverem. Systém Fanuc 18 pro stroje víceosé a Fanuc 16 i pro vícevřetenové. Nadstavbovou částí pro systém FANUC je program MANUAL GUIDE, který usnadňuje programování pomocí grafického znázornění a možnosti předvolení spousty výrobních cyklů. Klasický FANUC už konkurenčně zaostával od konkurence, která již grafické rozhraní využívala a tato změna musela logicky přijít. MANUAL GUIDE se však nedá nainstalovat ke každému ze systému FANUC, podmínkou je, že za danou verzi je ještě přidáno písmenko i. Například FANUC 21i. Program MANUAL GUIDE se dá koupit i ve verzi určenou i pro PC. Cena je okolo 1500 euro. Pokud pak daný stroj nemá nainstalovaný MANUAL GUIDE a tím pádem by nebyl schopen rozšifrovat význam jednotlivých G-kódů je tu možnost převést program do takzvaného ISO kódu, který je pak čitelný na většině výrobních strojů. Tímhle způsobem se MANUAL GUIDE stává universálním programovacím jazykem.

## 6.2 Popis jednotlivých pevných cyklů ve výrobním programu

HRUBOVACÍ CYKLUS : Jak je vidno z obrázku, práce v systému je velmi snadná. V levé části v tabulce se zadávají patřičné parametry a v pravé části se zobrazují graficky. Tato tabulka je v našem případě stejná pro obě strany hřídele jen s odlišným směrem řezu a to buď +Z nebo -Z



Obr. 6.1 Vnější hrubovací cyklus

- P - směr obrábění
- Q - hloubka řezu
- H - poměr řezné hloubky
- C - přídavek na dokončování v ose X
- D - přídavek na dokončování v ose Z
- F – řezná rychlost v ose Z
- E – řezná rychlost v ose -X
- V – řezná rychlost v ose +X

**KONTURA :** Součástí MANUAL GUIDE je možnost nakreslení libovolné kontury. Tato součást systému výrazně ulehčuje programování členitějších a rozmanitějších prvků. V klasické sadě FANUC by trvalo naprogramování takového tvaru podstatně více času, protože by se celý tvar musel skládat s více jednoduchých pevně daných výrobních cyklů. V spodní části stránky jde vidět kontura pro pravou stranu a níže pod ní i ukázka jak je kontura popsána v podprogramu.



Obr. 6.2 FS53E00 – kontura pro pravou stranu hřídele

FS53E00 – podprogram pro pravou stranu vzniklý z nakreslené kontury

%

O0001(FS53E00 - KONTURA PRAVA)

G1450 H1. V5. A0.

G1451 H0. V5. K5. C0. L0. M0. T1.

G1451 H0. V6.33 K3. L0. M0. T1.

G1451 H-0.5 V6.425 K4. C-0.5 D6.425 A10. L0. M0. T1.

G1451 H-17.45 V6.425 K5. C-17.45 L0. M0. T1.

G1451 H-17.45 V6.305 K7. D6.305 L0. M0. T1.

G1451 H-18.95 V6.305 K5. C-18.95 L0. M0. T1.

G1451 H-18.95 V9.25 K3. D9.75 L0. M0. T1.

G1454 H-19.45 V9.75 C0.5 T1.

G1451 H-48.05 V9.75 K5. C-48.05 L0. M0. T1.

G1451 H-48.05 V11.15 K3. D11.65 L0. M0. T1.

G1454 H-48.55 V11.65 C0.5 T1.

G1451 H-61.19 V11.65 K5. C-61.19 L0. M0. T1.

G1451 H-61.19 V12.37 K3. L0. M0. T1.

G1451 H-61.69 V12.46 K4. C-61.69 D12.46 A10. L0. M0. T1.

G1451 H-65.35 V12.46 K5. C-65.35 L0. M0. T1.

G1451 H-65.35 V12.585 K3. D12.585 L0. M0. T1.

G1451 H-75.85 V12.585 K5. C-75.85 L0. M0. T1.

G1451 H-75.85 V12.465 K7. D12.465 L0. M0. T1.

G1451 H-77.35 V12.465 K5. C-77.35 L0. M0. T1.

G1451 H-77.35 V15.75 K3. D15.75 L0. M0. T1.

G1451 H-80.68 V15.925 K4. D15.925 A3. L0. M0. T1.

G1451 H-176.51 V15.925 K5. C-176.51 L0. M0. T1.

G1451 H-176.51 V15.79 K7. D15.79 L0. M0. T1.

G1451 H-178.01 V15.79 K5. C-178.01 L0. M0. T1.

G1451 H-178.01 V16.55 K3. D16.8 L0. M0. T1.

G1454 H-178.26 V16.8 C0.25 T1.

G1451 H-178.26 V16.8 K5. C-178.26 L0. M0. T1.

G1451 H-178.26 V17.5 K3. D17.5 L0. M0. T1.

G1451 H1. V17.5 K1. C1. L0. M0. T2.

G1451 H1. V5. K7. D5. L0. M0. T2.

G1456

M99

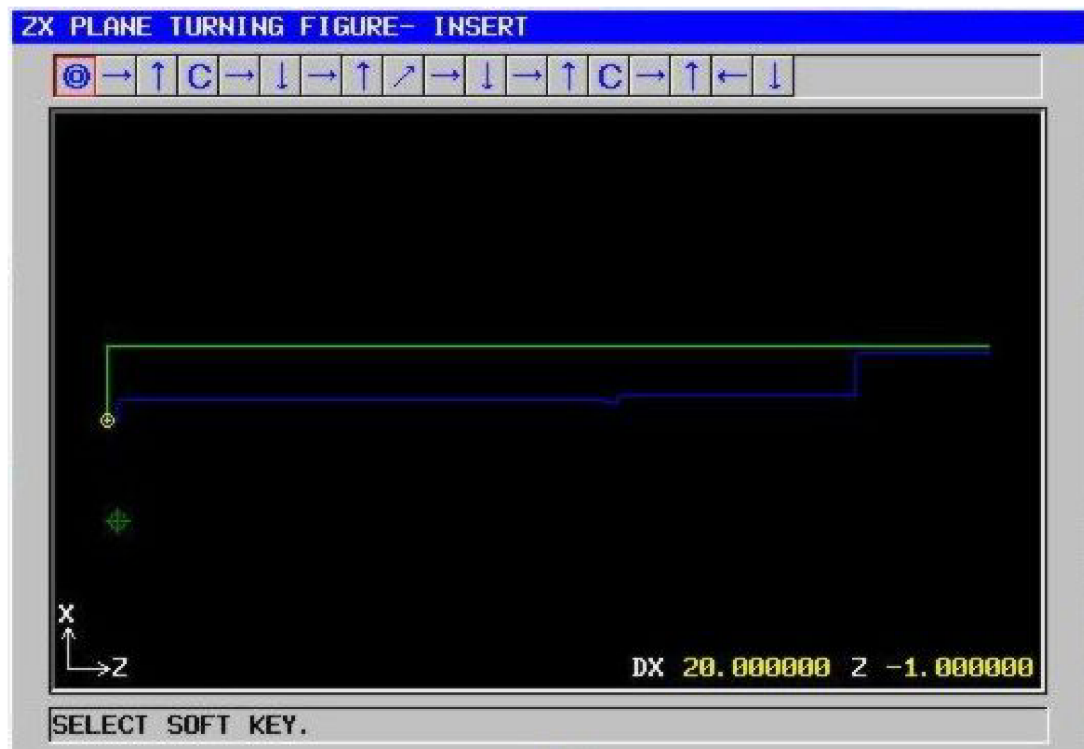
%

Jak můžeme vidět s podprogramu výše, tento způsob programování má i svoji nevýhodu a to v případě, že je nutná nějaká změna. Podprogram je nepřehledný a využívá nestandardní značení při znalosti ISO kódu, proto je podle mého názoru vždy vhodnější nakreslit celou konturu znovu nebo konturu opravit v grafickém znázornění.

Kontura pro levou stranu je řešena stejným způsobem. Nutno ještě dodat, že kontura pro dokončování se nekreslí nebo je minimálně zbytečná, protože vychází z kontury pro hrubování a její parametry se nastaví jen v dokončovacím cyklu, jak bude možno vidět na další straně. Podprogram pro levou stranu již neuvádím, protože jeho struktura je obdobná jako na předchozím případu. Podprogram se pak v hlavním programu vyvolá příkazem M98. Za příkaz M98 se píše P a číslo daného podprogramu.

Př: M98 P0001 (FS53E00 - KONTURA PRAVA)

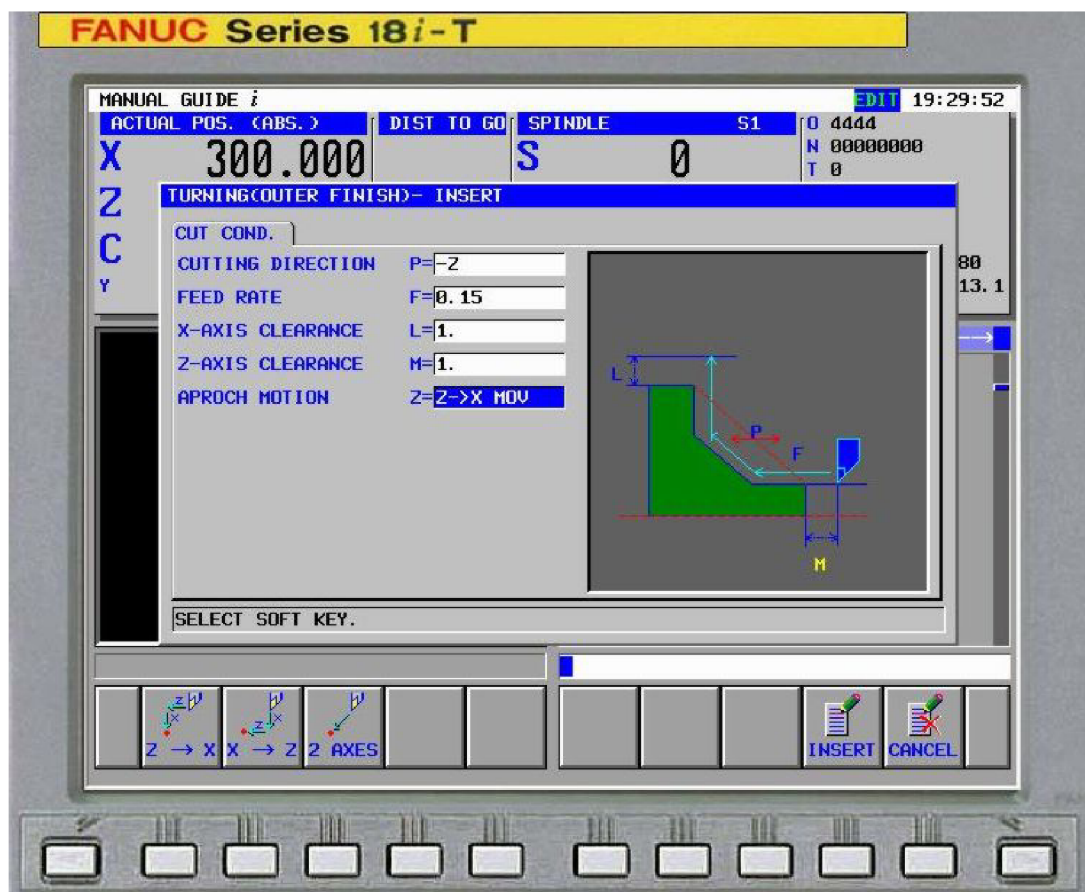
Do závorek se ve Fanucu píšou poznámky a program je jako příkaz ignoruje.



Obr. 6.3 FS53E00 – kontura pro levou stranu hřídele

**DOKONČOVACÍ CYKLUS** : Princip zapisovaných hodnot je úplně stejný jako při hrubovacím cyklu, jen počet a funkce zadávaných hodnot se liší. Stejným principem fungují všechny cykly v MANUAL GUIDE. Jak již bylo řečeno, tak samostatná kontura pro dokončování je zbytečná, protože je program schopen vycházet z kontury pro hrubování.

V dokončovacím cyklu se pak již zadávají doplňující informace. Příklad na dokončování již byl zadat v hrubovacím cyklu, jak je vidět na předchozích stranách.

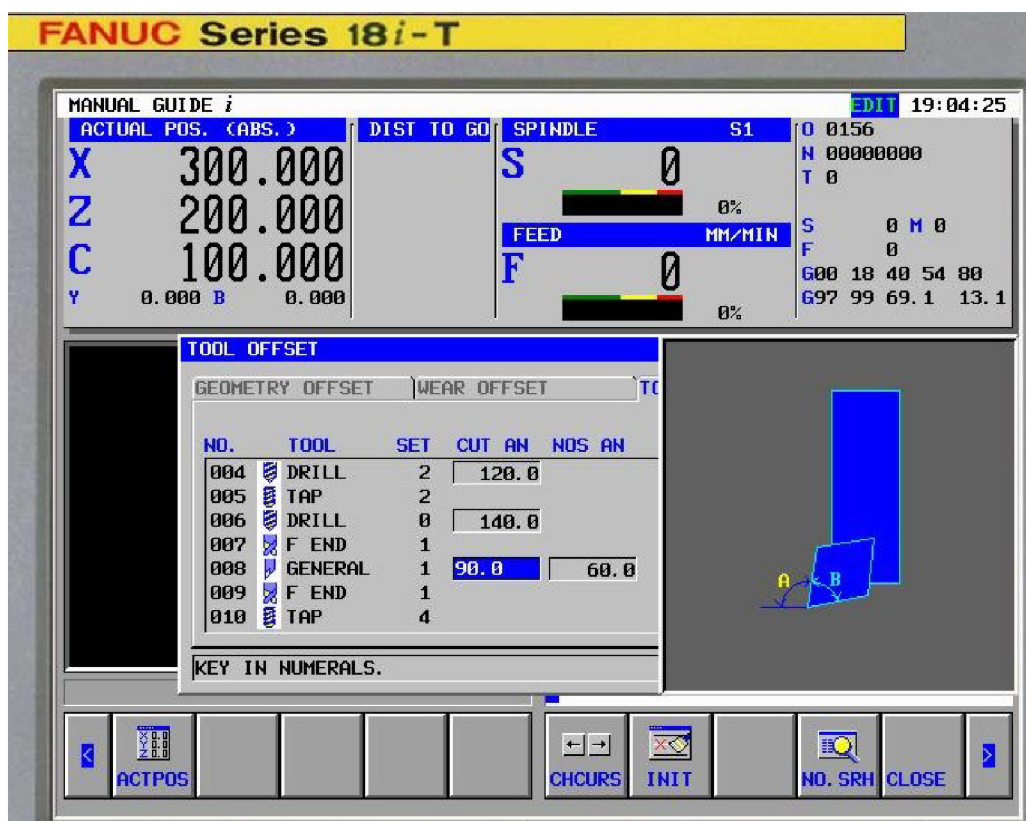


Obr. 6.4 Vnější dokončovací cyklus

### 6.3 Animovaná simulace obrábění

Animaci lze provádět bez spuštění skutečného obrábění. Při simulaci přímo na stroji musí být režim na strojním panelu navolen na režim MEM.

Pro provedení animace je vyžadováno, aby byl zadán tvar polotovaru, jeho délka, tvar nástroje, případně i velikost úhlů na noži pro lepší znázornění v simulaci.



Obr. 6.5 Tabulka pro definici nástroje v dané pozici

Jak je možno vidět na obrázku, zadávání hodnot do tabulky nástrojů je velmi snadné. Požadovaná hodnota se vždy vysvítí žlutou barvou na názorném obrázku v pravé části okna. Po zapsání dané hodnoty se automaticky přeskočí na další požadovanou hodnotu v tabulce, bez které simulátor nemůže správně pracovat. NO. je zkratka, která udává pozici nástroje v revolverové hlavni, nevztahuje se to přímo ke korekcím. TOOL udává typ nástroje o který se jedná, například vrták, závitník či obecný nůž. Je zde možnost definice vlastních nástrojů, které nejsou v databázi systému. SET udává pozici nástroje vůči obrobku. Další zadávané hodnoty jsou již individuální vzhledem k typu nástroje.



Pro všechny operace v Manual Guide platí, že pokud není některá část kompletní, simulátor nepustí uživatele k dalšímu kroku a uživatele upozorní chybovým hlášením.

Rychlost samotné simulace se dá nastavit před simulací nebo se dá přímo regulovat v probíhající simulaci. Takto nasimulovaný výrobek pak není možno v simulaci změřit, jak to umožňují některé jiné systémy, jako například CAD/CAM systém INCAD. Po simulaci se zobrazí i předpokládaný výrobní čas, který se však liší od skutečného času, protože simulátor samozřejmě nemůže znát rychlost rychloposuvu jednotlivých strojů, stejně tak i dráhu s referenčních poloh, případně i rychlost otáčení revolverové hlavy při jejím polohování. Skutečný strojní čas na výrobu hřídele FS53E00 je 535 sekund. Simulaci je možno vidět na obrázku uvedeném níže.

The screenshot displays a CNC simulation interface with the following components:

- MANUAL GUIDE i** (top left): Shows actual positions (X: 31.850, Z: -80.689, C: 334.284, Y: -0.165, B: 0.000) and distances to go (G01 X: 0.000, Z: 0.000, C: 0.000, Y: 0.000, B: 0.000).
- SPINDLE S1** (top middle): Shows spindle speed (S: 300) and feed rate (F: 0) with progress bars.
- MEM** (top right): Shows memory usage (0 0156, N 00000099, T 808, S 300 M 4, F 0.15, G01 18 40 54 80, G96 98 69.1 13.1).
- SIMULATE-ANIMATE** (middle left): Displays a 3D model of a shaft with a green end cap and a yellow tool holder.
- CHAR** (middle right): Lists G-code commands (e.g., 153 G1 X25.17 Z-75.85 ; 154 G1 X24.93 Z-76.058 ; 155 G1 X24.93 Z-77.35 ; 156 G1 X31.5 Z-77.35 ; 157 G1 X31.85 Z-80.689 ; 158 G1 X31.85 Z-177.01 ; 159 G1 X31.55 Z-177.27 ; 160 G1 X31.55 Z-178.01 ; 161 G1 X33.233 Z-178.01 ; 162 G1 X33.733 Z-178.26 ; 163 G1 X39. Z-178.26 ; 164 G0 Z0.002 ;).
- STOP** (bottom left): A red square button.
- Navigation buttons** (bottom): Includes REWIND, START, PAUSE, SINGLE, STOP, INIT, CUTDSP, INTERF, TLPATH, and GRPOFF.

Obr. 6.6 Animovaná simulace obrábění hřídele FS53E00

#### 6.4 Význam jednotlivých ISO kódů podporovanými soustruhem DOOSAN 310 SMLY

Tab. 6.1 Význam jednotlivých G-kódů (překlad z angličtiny) <sup>2</sup>

G00	polohování (rychloupouzení)
G01	lineární interpolace (posuv při obrábění)
G02	kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček
G03	kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček
G04	prodleva
G17	výběr roviny Yp Xp
G18	výběr roviny Zp Xp
G19	výběr roviny Yp Zp
G20	zadávání dat v palcích
G21	zadávání dat v metrické soustavě
G25	detekce změn otáček vřetene (vyp)
G26	detekce změn otáček vřetene (zap)
G27	kontrola automatického návratu do nulové polohy
G28	automatický návrat do nulové polohy
G30	návrat do 2.3.4. referenčního bodu
G31	funkce přeskočení
G32	řezání závitu
G34	řezání závitu s proměnným stoupáním
G36	automatická kompenzace nástroje (osa X)
G37	automatická kompenzace nástroje (osa Z)
G39	kruhová interpolace rohů
G40	zrušení kompenzace poloměru špičky nástroje R
G41	kompenzace poloměru R špičky nástroje – vlevo
G42	kompenzace poloměru R špičky nástroje – vpravo
G50	určení soustavy souřadnic, určení max. ot/min vřetene
G65	vyvolání zákaznického makra
G70	cyklus dokončování
G71	cyklus hrubování
G72	cyklus čelního hrubování
G73	uzavřený cyklus obrábění
G74	cyklus čelního frézování drážek
G75	cyklus frézování vnějších drážek
G76	cyklus řezání závitů
G80	zrušení pevného cyklu
G83	cyklus čelního vrtání
G84	cyklus čelního řezání závitů
G86	cyklus čelního vyvrtávání

Tab. 6.2 Význam jednotlivých G-kódů (překlad z angličtiny) <sup>2</sup>

G87	cyklus bočního vrtání
G88	cyklus bočního řezání závitů
G89	cyklus bočního vyvrtávání
G90	cyklus vnějšího/vnitřního soustružení
G92	cyklus řezání závitů
G94	cyklus čelního soustružení
G96	regulace na konstantní řeznou rychlost
G97	zrušení regulace na konstantní řeznou rychlost
G98	režim posuvu za minutu (mm/min)
G99	režim posuvu na otáčku (mm/ot)

Tab. 6.3 Význam jednotlivých M-Kódů (překlad z angličtiny) <sup>2</sup>

M00	zastavení programu
M01	volitelné zastavení
M02	konec programu
M03	rotace hlavního vřetene ve směru hodinových ručiček
M04	rotace hlavního vřetene proti směru hodinových ručiček
M05	zastavení hlavního vřetene
M06	zachycovač dílů zapnut
M07	zachycovač dílů vypnut
M08	chlazení zapnuto
M09	chlazení vypnuto
M10	čítač nástrojů
M11	automatické zavření dveří
M12	automatické otevření dveří
M13	podavač tyčového materiálu LNS zapnut
M14	uzavření hlavního sklíčidla
M15	uvolnění hlavního sklíčidla
M16	objímka koníku vpřed
M18	objímka koníku zpět
M19	orientace hlavního vřetene
M23	frézování – vřeteno ve směru hodinových ručiček
M24	frézování – vřeteno proti směru hodinových ručiček
M25	frézování – zastavení vřetene
M30	reset a návrat
M31	blokování vřetene
M32	těleso koníku vpřed
M33	těleso koníku vzad

Tab. 6.4 Význam jednotlivých M-Kódů (překlad z angličtiny) <sup>2</sup>

M43	synchronizované řízení vřetena zapnuto (otáčky)
M44	synchronizované řízení vřetena vypnuto
M45	synchronizované řízení vřetena zapnuto (fáze)
M46	uvolnění brzdy osy B
M47	brzda osy B zapnuta
M52	zkosení vypnuto
M53	zkosení zapnuto
M59	doběh otáček vřetene zapnut
M60	zrušení doběhu otáček vřetene
M62	řízené pomocného vřetene zapnuto
M63	řízení pomocného vřetene vypnuto
M66	režim ovládání osy C vypnut
M67	režim ovládání osy C zapnut
M68	brzda osy C vypnuta
M69	vysokotlaká brzda osy C zapnuta
M70	nízkotlaká brzda osy C zapnuta
M74	ostřikování chladičem zapnuto
M75	ostřikování chladičem vypnuto
M78	odfukování třísek vzduchem zapnuto
M79	odfukování třísek vzduchem vypnuto
M80	režim řízení synchronizovaného upínání ve sklíčidle zapnut
M91	ovládání os PMC zapnuto
M92	ovládání os PMC vypnuto
M93	dopravník třísek vpřed
M94	dopravník třísek vzad
M95	zastavit dopravník třísek
M96	ofukování bubnu dopravníku třísek zapnuto
M97	ofukování bubnu dopravníku třísek vypnuto

Tab. 6.5 Význam jednotlivých M-Kódů spojených s obsluhou pomocného vřetene

M103	rotace pomocného vřetene ve směru hodinových ručiček
M104	rotace pomocného vřetene proti směru hodinových ručiček
M105	zastavení pomocného vřetene
M166	ovládání osy C pomocného vřetene vypnuto
M167	ovládání osy C pomocného vřetene zapnuto
M170	nízkotlaká brzda osy C pomocného vřetene zapnuta
M119	orientace pomocného vřetene
M120	kontrolní funkce horní paměti programu
M300	čekací kód M

### 6.5 Výrobní NC programy s popisem některých funkcí

*Poznámka* : Informace v závorce jsou jen informativní pro operátora, samotný systém je jako příkaz ignoruje.

Výrobní program pro hlavní vřeteno

%

O0003 (FS53E00)

G1900 D28 L167 (Zobrazení a rozměr polotovaru pro simulátor)

G10 L2 P1 Z23.8 (Posunutí nulového bodu na hlavním vřetenu)

G10 L2 P2 Z344.1 (Posunutí nulového bodu na pomocném vřetenu)

G11

G54 (Aktivování posunutí nulového bodu pro hlavní vřeteno G10 L2 P1 Z23.8)

G50 S2000

G28 U0 W0 (Odjetí do referenční polohy stroje ve třech osách X,Y,Z)

M01

T0606 (Doraz)

G00 X0 Z0.4

M00

G28 U0 W0

M01

T0101 (Hrubovací nůž hlavní vřeteno)

G96 M4 S200

G00 X37 Z0.15

M08

G01 X-0.1 F0.1

G00 X37 Z2

G1120 P1. Q2. H100. C0.1 D0.1 F0.3 E0.3 V0.3 K100. W2. U1. L1. M1. Z10.

M98 P0001 (Kontura pravá)

G28 U0 W0

M01 (Volitelné zastavení)

T0808 (Dokončovací nůž hlavní vřeteno)

G96 M4 S230

G00 X15 Z0

G01 X-0.1 F0.1

G00 X15 Z2

G1126 P1. F0.15 L1. M1. Z10.

M98 P0001 (Kontura pravá)(Vyvolání podprogramu O0001)

G28 U0 W0

M01

T0404 (Stupňový vrták pro M8)

G97 M03 S1300

M8

G00 X0 Z3

G83 Z-24.4 P0 R0 F0.1 Q7000 (vrtání s výplachem po 70 mm)

G80 (Zrušení pevného cyklu)

G28 W0  
G28 U0  
M01  
T0505 (Závitník M8x1.25)  
G98  
G00 X0 Z5  
M67 (Režim ovládání osy C zapnut)  
G28 H0 (referenční poloha C osy vřetene)  
G184 Z-21 R2 M23 F1.25 S350 (Přesné závitování poháněným závitníkem)  
M66 (Režim ovládání osy C zapnut)  
M91  
G00 Z5  
G28 U0 W0  
M25  
M01  
T1111 (Tvarová kotoučová fréza)  
M67  
M23 S900 (Otáčky frézy 900ot/min)  
M8  
G98  
G00 Y-34  
G00 X0  
G00 Z-40  
G28 H0  
N01 G01 Y-30.01 F230  
G01 Z-54.8  
G00 Y-34  
N02 G00 Z-40  
G00 C25.714  
G70 P01 Q02  
G00 C51.429  
G70 P01 Q02  
G00 C77.143  
G70 P01 Q02  
G00 C102.857  
G70 P01 Q02  
G00 C128.571  
G70 P01 Q02  
G00 C154.286  
G70 P01 Q02  
G00 C180  
G70 P01 Q02  
G00 C205.714  
G70 P01 Q02  
G00 C231.428  
G70 P01 Q02  
G00 C257.142  
G70 P01 Q02  
G00 C282.856

G70 P01 Q02  
G00 C308.57  
G70 P01 Q02  
G00 C334.284  
G70 P01 Q02  
G28 U0  
G28 V0 W0  
M66  
M25  
M01  
M14  
M35  
G97 M03 S500  
M43  
M45  
M300  
M301  
M302  
M80  
M303  
G04 U1 (Časová prodleva 1s)  
M304  
G04 U1  
M45  
M305  
M306  
M44  
M05  
M307  
M308  
M01  
M62  
G55 (Aktivování posunutí nulového bodu pro pomocné vřeteno)  
T0141(Hrubovací nůž pomocné vřeteno)  
G96 G99 M104 S200  
G00 Z-1X37  
G01 X-0.3 F0.08  
G00 X37 Z-2  
G00 Z-0.1  
G01 X-0.3 F0.09  
G00 X37 Z-1  
G1120 P2. Q2. H100. C0.1 D0.1 F0.3 E0.3 V0.3 K100. W2. U1. L1. M1. Z10.  
M98 P0002 (Kontura levá)(vyvolání podprogramu O0002)  
G28 U 0W0  
M01  
M62  
T1212(Dokončovací nůž pomocné vřeteno)  
G96 M104 S230  
G50 S2600

G00 X26 Z0  
G01 X-0.1 F0.15  
G00 X26 Z-2  
G1126 P2. F0.15 L1. M1. Z10.  
M98 P0002 (Kontura levá)  
G28 U0 W0  
M01  
M62  
T0424 (Stupňový vrták pro M8)  
G97 M104 S1300  
G00 Z-2  
G00 X0  
G83 Z26.7 P0 R0 F0.1 Q7000 (Vrtání s výplachem)  
G80  
G00 Z-2  
G28 U0  
G28 W0  
M105  
M01  
M62  
T1010 (Závitník M8x1.25)  
G98  
G00 X0 Z-2  
M67  
G28 H0  
G184 Z21 R2 M23 F1.25 S350  
M66  
M91  
G00 Z-2  
G28 U0 W0  
M25  
M01  
M309  
G55  
T0909 (Fréza 6.75)  
M23 S2300 G98  
G00 X26 Z8.6  
G01 X22 F200  
G01 Z41.1  
G01 X20  
G01 Z8.6  
G01 X18  
G01 Z41.1  
G01 X16  
G01 Z8.6  
G01 X15.62  
G01 Z41.1  
G28 U0  
G28 W0 V0



M25  
M01  
T0707 (Fréza 6.75)  
M23 S2300 G98  
G00 X26 Z8.42  
G01 X15.62 F120  
G01 Y-0.395 F180  
G01 Z41.2  
G01 Y0.395  
G01 Z8.42  
G01 Y-0.395  
M09  
G28 U0  
G28 W0 V0  
M25  
M310  
M63  
M30  
%

Výrobní program pro pomocné vřeteno

%  
O0004 (Program pro pomocné vřeteno)  
M300  
G00 B-575 (Příjezd pomocného vřetene na danou hodnotu)  
G01 B-585 F1  
M301  
M302  
M303  
M304  
G00 B-400  
M305  
G28 B0 (Odjezd pomocného vřetene do referenční polohy)  
M306  
M307  
M308  
M309  
M167 (Ovládání osy C pomocného vřetene zapnuto)  
G28 H0  
M310  
M166 (Ovládání osy C pomocného vřetene vypnuto)  
M30  
%

## 7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Vzhledem k tomu, že se zde jedná o zcela novou výrobu a ne o přechod z konvenční metody, je těžké vytvořit technicko-ekonomické zhodnocení v podmínkách firmy. Naneštěstí pro firmu, ne však pro tuto práci, došlo k několikaměsíční odstávce stroje způsobené jeho poruchou. Takto vzniklá situace byla řešena zadáním výroby do kooperace. Ekonomické i technologické zhodnocení budu tudíž vztahovat k podmínkám za kterých se součást vyráběla v kooperaci.

### 7.1 Technologické zhodnocení

V této podkapitole bych chtěl porovnat podmínky výroby v naší firmě a podmínky výroby v kooperaci a zhodnotit pro a proti pro každý technologický postup. Samozřejmě má na technologický postup velký vliv strojové vybavení dané firmy a její volné kapacity na daných strojích. Věnovat se budu opět soustružení, protože příprava materiálu a broušení hřídele se nijak výrazně v obou firmách neliší.

Hřídel FS53E00 v podmínkách naší firmy je vyrobena na stroji Doosan 310 SMLY kompletně na jedno upnutí. K výrobě je tudíž zapotřebí jeden stroj obsluhovaný jedním operátorem. Operátor obsluhuje současně dva CNC stroje, protože výrobní čas je dostatečně dlouhý pro vícestrojovou obsluhu. Operátor musí mít znalosti obsluhy CNC soustruhu (oba stroje jsou velice podobné, druhý CNC soustruh nemá jen přídatnou Y osu, řídicí systém je stejný). K výrobě hřídele je tedy zapotřebí nastavit jeden stroj a jeden operátor.

V kooperaci byla hřídele FS53E00 vyráběna postupně na třech stojích. Hřídel bez drážky pro péro a ozubení byla vyrobena na CNC soustruhu a to na dvě upnutí. Jeden operátor. Krátký výrobní čas. Není možná vícestrojová obsluha. Operátor musí mít znalost obsluhy CNC soustruhu. Ze soustruhu postupovala hřídel na frézku, kde pomocí děličky bylo vyfrézováno ozubení. Frézku obsluhoval další operátor, který musel mít znalosti obsluhy CNC frézky. Nastavovací čas druhého stroje. Z Frézky hřídel putovala k poslední operaci a tou je drážka pro péro, kterou vyfrézovala jednoúčelová frézka určená jen k těmto operacím. Zapotřebí je samozřejmě další operátor, který musí mít znalosti s nastavením tohoto stroje.

Při porovnání obou technologií výroby mi vychází lépe způsob výroby v naší firmě. Jedinou výhodou kooperace je současná rozpracovanost na všech třech strojích, kdy se výrobní čas hřídele z 535 s změní na odhadovaných 180 s. Tato výhoda se však výrazně projeví při případných velkých sériích, které v tomto případě rozhodně nejsou. Výrobní dávka je maximálně 15 kusů a pak dochází k přestavení stroje na jiný typ výroby. Při takto malých sériích výrazně promlouvá do výrobního času celé dávky nastavovací čas stroje. Čas nastavení stroje Doosan S310 SMLY činí 90 minut a je větší než nastavovací čas soustruhu v kooperaci (odhadovaných 60 minut), ale je rozhodně výrazně menší než součet nastavovacích časů všech tří výrobních strojů v kooperaci. V kooperaci je zapotřebí tří operátorů a při různých výrobních časech na jednotlivých strojích dochází k tomu, že některý ze strojů není dostatečně vytížen. Při nastavování stroje dochází k většímu riziku vyrobení zmetku. Více strojů, větší pravděpodobnost poruchy. Pořizovací náklady tří strojů jsou taky výrazně vyšší. Jsou tu i větší rizika s onemocněním některého z operátoru a v neposlední řadě je zde složitější manipulace s materiálem, jak s upínáním na jednotlivých strojích, tak i manipulací mezi nimi.

## 7.2 Ekonomické zhodnocení

Ekonomickou zhodnocení bude opět zaměřeno na porovnání výrobních nákladů v naší firmě s cenou v kooperaci. Zmíním se zde o cenové návratnosti stroje na které jde jednoznačně vidět, že se vyplatí si hřídele vyrábět sami a ne kupovat od kooperace. Cenová návratnost stroje je opravdu velice zajímavá. Ještě se zde zmíním o tom, že když si firma vyrábí své komponenty sama, tak je zde mnohem větší flexibilita výroby a možnost rychleji operativně reagovat a přecházet na jiný typ výrobků dle náhle vzniklých potřeb.

Cena výroby jednoho kusu hřídele FS53E00 v naší firmě včetně všech nákladů (plat operátora, energie atd.) činí 320 Kč.

Cena jednoho kusu hřídele FS53E00 od kooperace činí 390 Kč.

Rozdíl v pořizovací ceně jedné hřídele je 70 Kč. (390-320)

Denní produkce čítá 120 kusů hřídelí při třisměnném provozu. (3x40)

Z toho vyplývá, že firma denně na vlastní produkci ušetří 8400 Kč. (120x70)

Při ročním fondu 261 pracovních dní firma ušetří ročně 2 192 400 Kč (261x8400)

Pořizovací cena soustruhu Doosan 310 SMLY činila 3 950 000 Kč.

Cena příslušenství k soustruhu Doosan 310 SMLY činilo 185 000 Kč.

Celková pořizovací cena stroje s příslušenstvím činila 4 135 000 Kč.

Z celkové pořizovací ceny stroje, která činila 4 135 000 Kč a ušetřených nákladů vzniklých vlastní produkcí 8400 Kč denně vyplývá, že investice do výrobního stroje a přídatného zařízení má návratnost za 493 pracovních dní, což je 1,9 roku. Po uplynutí této doby začíná firma na zvolené strategii vydělávat a to již zmiňovanou částku 70 Kč na každém kuse, což ve výsledku o stejnou částku sníží výrobní cenu servomotoru.

## ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se zaměřil na vytvoření technologie výroby hřídele v podmínkách firmy. První části práce je zaměřena na výběr výrobních strojů a jejich příslušenství v souvislosti s obráběným materiálem a požadovaným výrobkem. V druhé části práce jsem se zaměřil na vytvoření patřičné dokumentace spojenou s popisem programovacího jazyka a vytvořením patřičných NC programů. V závěru práce jsem porovnal vytvořenou technologii výroby s podmínkami výroby v kooperaci včetně finanční kalkulace. Vytvořená technologie byla realizovaná v praxi a již několik měsíců bez problémů funguje.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. GE FANUC AUTOMATION EUROPE – MANUAL GUIDE i *Návod pro obsluhu*. Printed at GE Fanuc Automation S.A., Luxemburg, červen 2003, B-63874CZ/03
2. DOOSAN 310S/SM/SL/SMLY – SLANT BED TYPE CNC LATHE – *Operation manual, Tooling manual, programming manual*. Doosan Mecatec, říjen 2001, 001118
3. WNT *Katalog výrobků firmy* [online] [cit. 20.2.2008] dostupné na world wide web : <<http://www.wnt.com>>
4. EWS *Katalog výrobků firmy* [online] [cit. 10.3.2008] dostupné na world wide web : <<http://www.ews-tools.de>>
5. KINTEK *Katalog výrobků firmy* [online] [cit. 10.3.2008] dostupné na world wide web : <<http://www.kintek.it>>
6. FRAISA *Katalog výrobků firmy* [online][cit. 20.2.2008] dostupné na world wide web : <<http://www.fraisa.com>>
7. WENDEL *Katalog výrobků firmy* [online] [cit. 20.2.2008] dostupné na world wide web : <<http://www.wendel-tools.com>>

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
$v_c$	[m min <sup>-1</sup> ]	Řezná rychlost
f	[mm min <sup>-1</sup> ]	Posuv
D	[mm]	Průměr
n	[ot. min <sup>-1</sup> ]	Otáčky vřetene
CNC		Počítačové číslicové řízení
NC		Číslicové řízení

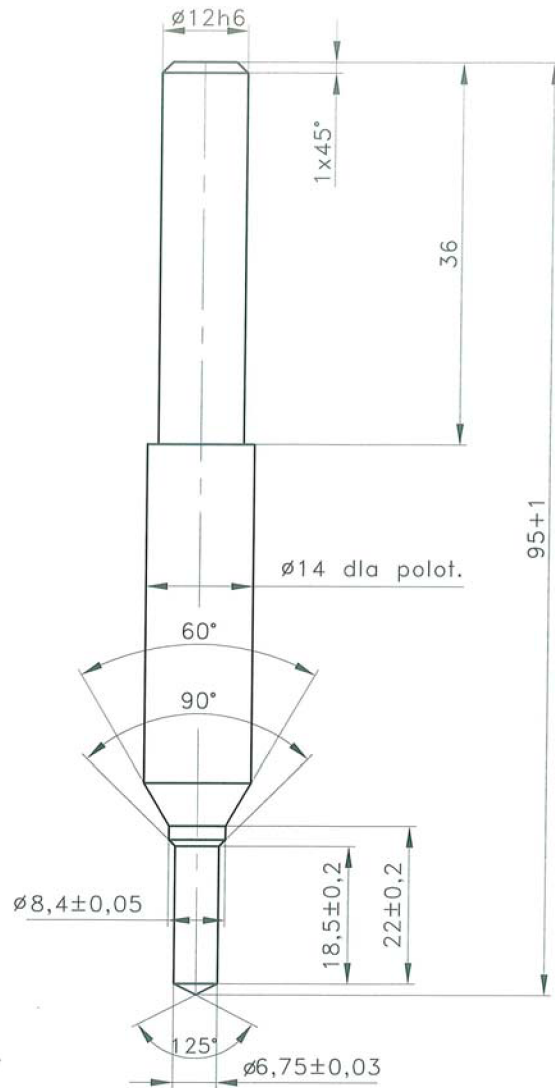
**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1    Výkres součásti  
Příloha 2    Výkres stupňového vrtáku pro M8






## Příloha 2



VRTANY MATERIAL: ETG 88

SPOSOB CHLADENIA: EMULZE

TYP POVLAKU: TiN

					
				MAT.	NORM.
				S-PROD.	MASS.kg
				WORK. L. ŽELEZNÝ	DATE 30.2.2008
INDEX	DATE	SIGN.	CHANGE		
SCALE	STUPNOVÝ VRTAK PRO M8				