

Vysoká škola strojní a textilní Liberec  
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

obor 23 - 07 - 8 - strojírenská technologie  
zaměření o b r á b ě n í a m o n t á ž

Počítačové zpracování programu pro NC a CNC stroj

v n.p. Technometra Semily

KOM - OM - 566

Rudolf Zappe

Vedoucí práce: Ing. Přemysl Pokorný (VŠST Liberec)

Konzultant : Ing. Kubíček (n.p. Technometra záv. Semily)

Počet stran ..... 73  
Počet příloh  
a tabulek ..... 8  
Počet obrázků ..... 8  
Počet výkresů ..... 2  
Počet děrných  
pásek ..... 1

Datum: 10.5.1988

Vysoká škola: strojná a textilní Fakulta: strojná  
Katedra: obrábění a montáže Školní rok: 1987/88

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Rudolf Zappe  
obor 23-07-8

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Počítačové zpracování programu pro NC a CNC  
stroj v n.p. Technometra Semily

## Zásady pro vypracování:

1. Úvod hospodářsko-politický rozbor
2. Rozbor současného stavu
3. Řešení dílčí technologie a programu dané součásti
4. Odladění programu
5. Zhodnocení předností a nedostatků, vlastní závěry
6. Perspektivy pro rozvoj, ekonomický rozbor

V 312 / 88 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÁ A TEXTILNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5  
PSČ 461 17

*Skupina dílčí technol. a programy - kousky*

73412

3 od. inv.

Rozsah grafických prací: 4

Rozsah průvodní zprávy: 40 stran

Seznam odborné literatury:

APT - manuál procesoru

Podklady součástí a stroj. vybavení n.p. Technometra

Vlach, B.: Technologie obrábění na číslicově řízených strojích.  
SNTL Praha

Kopřivová, H.: DP 1987. VŠST Liberec

Černá, L.: DP 1987. VŠST Liberec

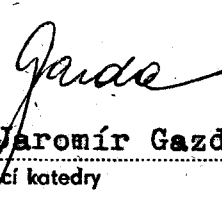
Vedoucí diplomové práce: Ing. Přemysl Pokorný


Konzultant: Ing. Kubiček - Technometra Semily

Datum zadání diplomové práce: 30. 9. 1987

Termín odevzdání diplomové práce: 10. 5. 1988

L.S.

  
Doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc.  
Vedoucí katedry

  
Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.  
Děkan

v Liberci dne 30. 9. 19 87

PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou  
práci vypracoval samostatně s použitím uvedené  
literatury.

V Liberci 10.5.1988

*Lappe Rudolf*

## OBSAH

	str.
1. Úvod, hospodářskopolitický rozbor .....	6
1.1 Podstata číslicového řízení obrábění .....	8
1.2 Přímé řízení počítačem - CNC .....	8
1.3 Výhody nasazení NC ( CNC) techniky .....	9
2. Rozbor současného stavu v n. p. Technometra, závod Semily .....	10
2.1 Výběr součásti .....	11
3. Programování číslicově řízeného obrábění .....	12
3.1 Strojní programování .....	12
3.2 Absolutní a přírůstkové programování .....	14
3.3 Parametrické programování .....	14
3.3.1 Možnosti a způsoby volání parametric- kých podprogramů .....	14
3.3.2 Typy parametrů .....	15
3.3.3 Operace s parametry .....	21
4. Řešení dílčí technologie a programu dané sou- části .....	23
4.1 Popis stroje FCQV 63 NC .....	23
4.2 Upnutí součásti .....	33
4.3 Výběr nástrojů .....	36
4.4 Řezné podmínky .....	36
4.5 Stavba programu .....	37
4.6 Seznam podprogramů ,,.....	38
4.7 Posunutí počátků .....	40
4.8 Korekce nástrojů .....	41
5. Zpracování programu .....	42

	str.
6. Ekonomické hodnocení .....	66
7. Závěr .....	70
8. Seznam příloh .....	72
9. Seznam použité literatury .....	73

## 1. ÚVOD, HOSPODÁŘSKOPOLITICKÝ ROZBOR

Číslicově řízená technologie obrábění nabývá v celosvětovém měřítku stále většího významu. Je to především proto, že kromě standartizace technologie je v současné době jedinou cestou automatizace obrábění v kusových, maloseriových a středně seriových výrobcích, které tvoří prakticky ve všech technicky vyspělých státech převažující část.

Automatizace se stále více uplatňuje a prosazuje ve všech oblastech technologie. Příčinou je především trvale se rozšiřující horizont vědeckého a technického poznání. Vědění lidstva se každých patnáct let zdvojnásobuje, takže pokrok lidstva jde neustále vpřed. Na druhé straně i počet obyvatel na Zemi přibývá rychleji, takže je zřejmé, že požadavky na výrobu zboží jsou stále vyšší.

Na tyto skutečnosti ostatně v poslední době reaguje i přestavba hospodářského mechanismu. Hospodářský mechanismus, jak uvedlo 7. zasedání Ústředního výboru KSČ, které proběhlo 17. a 18. 12. 1987, je koncipován tak, aby maximální měrou působil na urychlování vědeckotechnického rozvoje a inovační činnosti jako neoddělitelné součásti celého reprodukčního procesu, všech jeho částí.

Z toho vyplývá, že nemůže být do budoucna redukován pouze na řízení výzkumu a vývoje, ale že mírou jeho účinnosti je především celková technickoekonomická úroveň národního hospodářství. Toto pojetí zejména znamená, že technický rozvoj spolu s aktivitou a tvůrčí schopností lidí rozhoduje o

úrovni produktivity práce s níž vyrábíme, o spotřebě surovin a materiálů, o kvalitě užitných hodnot výrobků a jejich spolehlivosti. To vše je podmíněno i technickou úrovní základních fondů a používaných technologií.

Nelze již nadále považovat za jediný zdroj vědeckotechnického rozvoje naši vědeckovýzkumnou základnu, ale celý tvůrčí vědeckotechnický potenciál národního hospodářství včetně ostatních zdrojů vědeckotechnického rozvoje, jako jsou dovoz efektivní techniky, míra a kvalita zapojení do mezinárodní dělby práce, přísun nových poznatků, využívání vědeckotechnických informací a nákup licencí. Musí se brát v úvahu i spojování vědeckotechnického rozvoje s investiční výstavbou, jejími parametry a strukturou, s jejím podílem na modernizaci výrobní základny. Požadavkem je přitom špičková technicko-ekonomická úroveň strojů a zařízení, jak z tuzemska, tak z dovozu. K tomu je třeba zaměřit budoucí dovozní politiku i licenční politiku pro investiční výstavbu apod.

Z těchto závěrů jednoznačně vyplývá, že dojde k modernizaci strojového parku v našich podnicích a vedle ostatních progresivních prvků bude v národním hospodářství, zvláště pak ve strojírenství, nabývat na významu automatizovaná výroba, což prakticky znamená počítačem řízené obráběcí i jiné stroje.



## 1.1 Podstata číslicového řízení obrábění

---

Podstatou číslicového řízení obrábění je zadávání programu výroby součásti obráběcímu stroji ve formě čísel. Aby stroj rozuměl tomuto druhu zadání, jsou informace zaznamenávány v určitém kódu na nositeli informací, kterým může být např. děrná páska, děrný štítek či magnetická páska nebo disk. Při opakované výrobě je pak velkou výhodou možnost použít jednou vypracovaný program kdykoliv je potřeba.

## 1.2 Přímé řízení počítačem - CNC

---

Přímé řízení počítačem - CNC je vyšším stupněm řízení obráběcího stroje. CNC způsob představuje volně programovatelné řízení s řídicím počítačem obsahující paměť. Svou funkcí odpovídá číslicovému řízení, avšak hlavní funkce jsou řešeny pomocí softwarových stavebnicových prvků uložených v paměti počítače. V souboru tvoří tzv. CNC systémový program. Stejně jako u NC programu je i u CNC program obrobku zadán pomocí děrné pásky nebo ručního ovládacího panelu. Místo zapojení dekodéru je však zabudován díl systémového programu, který zabezpečí sejmutí řídicí pásky a dekodování. Sejmutá NC data je možno uložit do centrální paměti řídicího počítače. Ovládací funkce jsou zadány na přizpůsobovací obvody stroje z programu výstupů v číslicovém tvaru. Po transformaci souřadnic jsou dále zpracovány geometrické údaje programu interpolace.

CNC systémy mají následující přednosti:

- snížení počtu stavebnicových prvků, z čehož plyne zvýšení spolehlivosti,
- vysoká pružnost při změně výroby,
- využití počítače z čehož plyne, že odpadají chyby čtení dílčích programů během práce stroje,
- chyby nebo změny v programu je možno přímo korigovat na pultu.

### 1.3 Výhody nasazení NC (CNC) techniky

Nasazení NC techniky umožňuje zvláště:

- zvýšení výtěžnosti na jednotku zastavení plochy,
- zkrácení průběžného času výroby,
- zvýšení produktivity práce na jednoho pracovníka,
- snížení pracnosti,
- zavádění nových výrobních programů,
- zvýšení kvalitativních parametrů výrobků.

Řídící počítače jsou nasazovány tam, kde nestačí sledovat rychlost průběhu procesu, nebo kde je třeba sledovat velké množství řídicích funkcí.

K hlavním úlohám řídicích počítačů patří:

- zjišťování hodnot měření,
- zpracování měřených hodnot,
- kontrola,
- protokolování,
- řízení - polohy
  - výkonu apod.,
- strategické úlohy (optimalizace procesu).

## 2. ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU V n.p. TECHNOMETRA ZÁVOD SEMILY

V n.p. Technometra, závod Semily je soustředěna převážně maloseriová výroba. Proto rozbor součástkové základny je zde velmi obtížný, mění se rok od roku a není v něm možno obsáhnout všechny výrobky.

Vyrábějí se zde letecké podvozky a jiné součásti pro letecký průmysl. Tyto součásti jsou mnohdy tvarově složité, náročné na přesnost a jakost povrchu, proto se z velké části vyrábějí na NC strojích, které nejlépe kladené požadavky zajišťují.

Při zvažování o výběru vhodných obráběcích strojů bylo řešeno několik variant. Nakonec bylo rozhodnuto o nákupu strojů z TOSu Kuřim, na které byly obstarány řídicí systémy firmy SIEMENS typu SINUMERIK 6ME. K nákupu zahraničních řídicích systémů bylo přistoupeno hlavně z toho důvodu, že naše systémy nejsou schopny zpracovávat tak rozsáhlé programy. Druhým důvodem byla poměrně malá provozní spolehlivost tuzemských systémů.

Obráběcí stroje jsou dvojího typu:

1. obráběcí centrum FCQV 63 NC
2. vertikální frézka FCEV 63 NC

Řídicí systém SINUMERK 6 ME je systémem stavebnicového typu, který lze snadno přizpůsobit pro řízení stroje, na kterém má být používán. Jeho centrální jednotka je řízena šestnáctibitovým mikroprocesorem INTEL 8086.

Uživatelská paměť je dodávána v rozsahu 64 kB až 1 MB. Nakoupené systémy jsou vybaveny pamětí 128 kB. Vstup a výstup řídicího programu je možný buď na děrné pásce nebo systémem DNC, vzhledem k tomu, že programovací středisko je vybaveno speciálním programovacím pracovištěm firmy RWT, které umožňuje propojení s řídicími systémy.

## 2.1 Výběr součástí

Mým úkolem bylo vytvoření programu pro obráběcí stroj FCQV 63 NC. Zhotovený program obrábí kapsu obrobku 3 211 101 2. Je to levé kování, které je součástí podvozku nově vyráběného letounu L 610 (viz příloha). Obrobek je z materiálu V. ROL N. 5, označení materiálu odpovídá označení dle ČSN 16532.

### 3. PROGRAMOVÁNÍ ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÉHO OBRÁBĚNÍ

Nejčastěji jsou způsoby programování rozděleny podle zadávání programových souřadnic a podle stupně automatizace zpracování vstupních informací. S ohledem na zadávání souřadnic rozeznáváme programování absolutní a přírůstkové. Podle stupně automatizace zpracování vstupních informací rozdělujeme programování na programování ruční a strojní.

#### 3.1 Strojní programování

Potřeba podstatného rozšíření oblasti strojního programování vedla ke vzniku geometrických programovacích jazyků. Tyto jazyky zadávají počítači úlohy v symbolické formě a mají v podstatě univerzální použití. Nejvýznamnější představitel je jazyk APT používající se především v technické oblasti.

Základní vlastností programovacích jazyků je, že dovolují v poměrně jednoduché, symbolické formě napsat pro počítač vstupní program obsahující geometrické, technologické, povelové a pomocné instrukce.

Vypracovaný zdrojový program je zpracován v takové formě, aby z instrukcí v něm obsažených mohl počítač zvláštním výpočetním programem určit všechny potřebné informace pro sestavení řídicího programu pro NC stroj.

P r o c e s o r - zpracovává informace obecného charakteru.

Obvykle obsahuje 3 sekce:

pro překlad  
geometrické  
technologické

P o s t p r o c e s o r - zpracovává informace z geometrického  
a technologického procesoru s ohle-  
dem na konkrétní stroj a jeho  
možnosti.

Přestup k systému APT na EC 1033

System APT/360 včetně postprocesorů a katalogu nástrojů je  
nahrán na mg. disku DAPT Ø 1.

K překladu programu a spuštění výpočtu je třeba zadat násle-  
dující posloupnost řídicích příkazů:

```
// AAAAXXXX JOB ZZZZ, PPPPPP, REGION = 300 K
```

```
// EXEC ATPRUN 1
```

```
// SYSIN DD +
```

```
    PARTNO - jméno
```

```
    zdrojový text programu
```

```
/
```

```
//
```

kde AAAA je čtyřmístná alfanumerická značka programátora  
přidělená výpočetním střediskem

XXXX je čtyřmístná alfanumerická značka programátora

ZZZZ je čtyřmístné číslo zakázky přidělené organizací  
provozu

PPPPPP je jedenáctimístné jméno programátora

Podrobnější funkce a popis programovacího jazyka APT je  
uveden v manuálu APT a DP I. Žebrákové z r. 1987 /2/.

### 3.2 Absolutní a přírůstkové programování

---

Při absolutním programování se zadávají vzdálenosti bodů od předem určeného počátku - nulového bodu. Smysl pohybu nástroje vzhledem k obrobku není třeba v programu uvádět. Jsou určeny řídicím systémem na základě porovnání polohy v právě vykonávaném a následujícím bloku programu.

Při přírůstkovém programování se postupně od výchozí polohy nástroje zaznamenává přírůstek dráhy ve směru následného pohybu. Pro určení smyslu pohybu se musí přiřadit znaménko plus nebo minus, které vyjadřuje pohyb v kladném nebo záporném smyslu souřadných os. Základní kontrolou takového programu je, že součty inkrementů v jednotlivých osách musí být nulové.

### 3.3 Parametrické programování

---

#### 3.3.1 Možnosti a způsoby volání parametrických podprogramů

---

Technika tohoto programování umožňuje vytvářet libovolné obráběcí cykly v rámci kapacity uživatelské paměti. Je totiž podmínkou, že podprogramy ať už jsou či nejsou parametrické musí být uloženy výhradně v uživatelské paměti. Hlavní program může být v případě potřeby zpracován z děrné pásky.

Pomocí parametrického programování lze vytvářet:

1. Přeřazovací příkazy.
2. Aritmetické, logické operace, trigonometrické funkce.
3. Podmíněné, nepodmíněné skoky, podmíněné a nepodmíněné cykly.

Každý parametrický program je sestaven z tzv. formálních parametrů, kterým se před jeho vlastním zpracování přiřadí skutečné hodnoty. Vzhledem k tomuto principu lze vytvářet univerzální program např. pro obrábění proniku dvou válců proměnných průměrů.

Pro volání parametrických podprogramů jsou k dispozici dva typy funkcí.

Funkce G 65 je funkcí, která volá podprogram, jež se může až 99 opakovat.

Funkce G 66 je funkcí, která volá podprogram po každém zaplohování libovolné osy. Volání se ruší funkcí G 67.

Pro uložení programů do paměti mohou být použita čísla 0001 až 9999. Tato čísla jsou rozdělena do několika skupin. Některé jsou možné volat volitelnými funkcem M a G a lze je chránit proti případnému nepovolanému zásahu.

### 3.3.2 Typy parametrů

Parametry, kterými programátor při programování může disponovat jsou rozděleny do třech skupin:

1. Lokální parametry
2. Společné parametry
3. Systémové parametry

Lokální parametry -

jsou takové, které jsou účinné pouze v daném volaném podprogramu, kdy spolu s funkcí G 65 (G 66) jsou definovány přes



adresy A, B, C, I, J, K, D, E, F, H, M, Q, R, S, T, U,  
V, W, X, Y, Z.

Těmto adresám jsou pevně přiřazena čísla parametrů dle  
tabulky.

Typ 1	Typ 2	
A	A	1
B	B	2
C	C	3
I	I 1	4
J	J 1	5
K	K 1	6
D	I 2	7
E	J 2	8
F	K 2	9
-	I 3	10
H	J 3	11
-	K 3	12
M	I 4	13
-	J 4	14
-	K 4	15
-	I 5	16
Q	J 5	17
R	K 5	18
S	I 6	19
T	J 6	20
U	K 6	21
V	I 7	22
W	J 7	23
X	K 7	24
Y	I 8	25
Z	J 8	26
-	K 8	27
-	I 9	28
-	J 9	29

Typ 1	Typ 2	
-	K 9	30
-	I 10	31
-	J 10	32
-	K 10	33

V případě volání podprogramu z podprogramu a po opětovném se vracení jsou lokální parametry rovny hodnotám před voláním. Toto je zaručeno i při dovoleném čtyřnásobném vrstvení, neboť vyrovnávací paměť je řízena tak jako by byly lokální parametry 1 až 33 v systému zahrnuty 4 krát. Uskuteční-li se volání podprogramu přes funkci M je možné tyto lokální parametry použít jako společné.

Společné parametry -

jsou oproti lokálním parametrům účinné ve všech podprogramech a lze pomocí nich např. přenášet potřebné hodnoty z podprogramu do podprogramu.

Jsou rozděleny do 3 skupin:

- a) 100 až 149 při vypnutí systému jsou nulovány
- b) 500 až 511 jsou zachovány i při vypnutí systému
- c) 512 až 559 jsou uchovány, ale na monitoru nezobrazitelné

Pro společné parametry neexistují přiřazené adresy.

Systémové parametry

1. Systémové parametry pro korekce nástrojů

2000 - 2064

pozn. 2000 vždy roven nule

2. Systémové parametry pro posun nulového bodu  
Aditivní nulový bod

G 54		2501
G 55		2502
G 56	osa x	2503
G 57		2504
G 58		2505
G 59		2506
G 54		2601
G 55		2602
G 56	osa y	2603
G 57		2604
G 58		2605
G 59		2606
G 54		2701
G 55		2702
G 56	osa z	2703
G 57		2704
G 58		2705
G 59		2706
G 54		2801
G 55		2802
G 56	osa A	2803
G 57		2804
G 58		2805
G 59		2806

3. Systémové parametry pro dodatečné hlášení chyb

Hlášení je možné programovat přes 3000

př.: 3000 = 199 (SDĚLENÍ CHYBY)

max. 26 znaků

#### 4. Systémové parametry pro zachycení času

3001 je pro zachycení času v milisekundách. Maximální čas je 65 536 ms. Po dosažení této hodnoty se automaticky nuluje.

3002 je pro zachycení času v hodinách. Jsou uvedeny do činnosti po stisknutí tlačítka START CYKL. Po ukončení aut. cyklu se zastavují na dosaženém čase.

Nulování: 3002 = 0

#### 5. Systémový parametr 3005 pro ovládání provozních režimů

Tabulka provozních režimů

1.	zrcadlení osy X	0	0 OFF	1 ON
2	zrcadlení osy Y	0	0 OFF	
4	zrcadlení osy A	0	0 OFF	
8	kontrola parity	1	0 OFF	
16	kód pro výstup programu	1	0 EIA	1 ISO
32	odměřovací soustava	0	0 mm	1 INCH
64	vstupní zařízení	0	0 TAPE	1 RMT
128	výstup programu	1	1 RS232C	

#### 6. Systémové parametry k pomocnému vložení samodržných nebo-li modálních funkcí

4001	účinná funkce G skupiny 1
4002	účinná funkce G skupiny 2
.	
.	
.	
4021	účinná funkce G skupiny 21

4102	účinná	B funkce
4107	účinná	P - fce
4109	účinná	F - fce
4111	účinná	H - fce
4113	účinná	H - fce
4114	číslo věty	
4115	číslo programu	
4119	hodnota S - fce	
4120	hodnota T - fce	

### 7. Systémové parametry pro snímání polohy

5001	X	
5002	Y	
5003	Z	skutečná poloha bez korekce
5004	A	nástroje s posunem nul. bodu
5021	X	
5022	Y	
5023	Z	skutečná vzdálenost od
5024	A	ref. bodu
5041	X	
5042	Y	
5043	Z	skutečná poloha s korekcí nástroje
5044	A	s posunem nul. bodu
5083		aktuální korekce nástroje
5101	X	
5102	Y	
5103	Z	
5104	A	vlečná vzdálenost

### 3.3.3 Operace s parametry

#### 1. Aritmetické funkce

+	sčítání
-	odečítání
*	násobení
/	dělení
SQRT	druhá odmocnina
ABS	absolutní hodnota
ROUND	zaokrouhlení
FIX	zaokrouhlení dolů
FUP	zaokrouhlení nahoru

Pro aritmetické operace platí běžná prioritní pravidla.

#### 2. Trigonometrické funkce

SIN	sinus
COS	cosinus
TAN	tangens
ATAN	arcustangens

Argumenty jednotlivých funkcí jsou nutné zadávat ve stupních

#### 3. Skokové funkce

V podprogramech mohou být provedeny příkazy skoku, kdy čísla jednotlivých bloků mají význam návěští skoku.

Příkazy skoku můžeme rozdělit do dvou skupin:

##### 1) nepodmíněné skoky

GOTO

příkazem GOTO a číslem bloku může být definová nepodmíněný skok a to směrem vpřed i zpět.

## 2) podmíněné skoky

IF [            ] GOTO n

V závislosti na pravdivosti podmínky v hranaté závorce se buď provede skok nebo program pokračuje.

Je-li výrok pravdivý.

Pro podmínku skoku jsou povoleny tyto operátory:

EQ	=
NE	≠
GT	>
LT	<
GE	≥
LE	≤

## 4. Příkazy pro cykly opakování určitých částí programu.

Uvnitř programu mohou být provedeny opakované instrukce s podmínkou nebo bez. Cyklus pro opakování začíná příkazem DO a končí příkazem END.

V podprogramech mohou být realizovány maximálně trojnásobné cykly otevřené instrukcemi DO 1, DO 2, DO 3. Uzavřeny musí být v opačném pořadí END 3, END 2, END 1.

Z cyklu opakování může být proveden podmíněný skok. Skok opačným směrem je však nepřípustný.

Dále je možno programovat cyklus opakování omezený podmínkou. Takovéto cykly jsou realizovatelné příkazy.

WHILE [ ..... ] DO 1, DO 2, DO 3 a END 3, END 2, END 1.

Je-li podmínka pravdivá je prováděn cyklus opakování.

Pokud tato podmínka pravdivá není je prováděn příkaz následující za příslušným END 3, 2, 1.

#### 4. ŘEŠENÍ DÍLČÍ TECHNOLOGIE A PROGRAMU DANÉ SOUČÁSTI

##### 4.1 Popis stroje FCQV 63 NC -----

Vertilání frézka FCQV 63 NC se sestává z několika montážních skupin. Rám stroje tvoří stojan pevně spojený šrouby s ložem. Na loži se pohybují příčně saně, po nichž se pohybuje v podélném směru stůl. Na stojanu je připevněn zásobník s výměníkem nástrojů a po vedení stojanu se pohybuje ve svislém směru vřeteník.

L o ž e je tuhé konstrukce, v přední části opatřené plochým vedením, ve kterém se pohybují příčně saně nesoucí pracovní stůl. Na zadní části lože je pevně přišroubován stojan. Pro odstranění třísek z prostoru pracovního stolu jsou v loži vytvořeny skluzy, kterými jsou třísky odváděny do odpadových mís. Odpadové mísy jsou na nádržích chladící kapaliny, které jsou umístěny po obou stranách lože. Proti znečištění jsou vodící plochy chráněny teleskopickými plechovými kryty.

S t o j a n je pevně přišroubován na zadní část lože. Přední strana stojanu je opatřena plochým vedením, ve kterém se pohybuje ve svislém směru vřeteník. Vedení je chráněno proti znečištění teleskopickými plechovými kryty. Vnitřní prostor stojanu je využit pro instalaci elektro, chlazení a hydrauliku.



P o d é l n ý a p ř í č n ý s t ů l je obdélníkového tvaru. Upínací plocha je opatřena T drážkami pro upnutí obrobku. Jednotná rovina stolu dovoluje upínat součásti bez ohledu na sběrné kanály chladicí kapaliny. Požélný stůl se pohybuje v plochem vedení, které je vytvořeno na příčných saních. Příčné saně se pohybují po vedení lože, jehož široké vodící plochy zaručují stabilitu, jak podélného stolu, tak i příčných saní.

V ř e t e n í k se pohybuje svíse ve vodících plochách stojanu. Vřeteno je uloženo v přesných válečkových ložiskách, axiální síly jsou zachyceny axiálním ložiskem. Ložiska jsou uložena v ocelové přírubě, která je chlazena probíhajícíím olejem. Náhon převodovky je proveden regulačním elektromotorem přes čtyřstupňovou převodovku, automaticky řazenou. Otáčkové stupně jsou jemně odstupňovány a lze je v celém rozsahu programovat. Upínání nástrojů je automatické pomocí mechanismů umístěných v tělese vřeteníku.

V ý m ě n a n á s t r o j ů ze zásobníků je automatická podle technologických potřeb, které umožňuje programovat program pracovních cyklů, uvedených v programu. Nástroje jsou kódovány.

P o s u v y - každý směr posuvu má vlastní servopohon MEZOMATIC, který přes spojku nahání kuličkový předepjatý pohybový šroub, uloženy ve speciálních radiálně axiálních ložiskách. Vůle mezi maticí a šroubem je vymezena výrobcem.

Změna rychlosti posuvu je programovatelná. Při ručním řízení je změna posuvu umožněna přepínačem na ovládacím panelu.

**M a z á n í** - po uvedení stroje do chodu jsou automaticky mazány všechny vodící plochy, matice kuličkových šroubů a převodová skříň vřeteníku. Množství oleje dodávané pro mazání vodících ploch a matic kuličkových šroubů je závislé na čase.

**CH l a z e n í** - je provedeno samostatným čerpadlem přes regulační ventil k nástroji. Dodávka chladicí kapaliny je programovatelná pro případ automatických pracovních cyklů.

**H y d r a u l i c k ý s y s t é m** - sestává z hydraulického agregátu pro pomocné funkce stroje, zejména

- pro vyvažování vřeteníku
- pro automatické řazení ozubených převodů vřeteníku
- pro upínání nástrojů
- pro ovládání funkcí zásobníku nástrojů

**Ch l a d í c í a g r e g á t** - médiem pro chlazení vřeteníku je protékající olej chlazený v kompresorovém chladiči oleje. Pro větší účinnost chlazení jsou ložiska vřetena uložena v ocelové přírubě, její povrch je upraven pro větší účinnost chlazení.

**Z á s o b n í k n á s t r o j ů** - je umístěn na stojanu. Nástroje jsou kódovány. Na zásobník je pevně připevněn výměník nástrojů a mechanismy pro funkci zásobníku.

Zásobník je trvale v místě výměny a výměna se provádí při konstantní výškové poloze vřeteníku. Vyhledání a dopravení nástroje do místa pro výměnu se provádí během pracovní operace, vlastní výměna trvá 7 s.

Technická data zásobníku:

počet nástrojů	. . . .	24
maximální průměr nástroje	. . . .	340 mm
maximální délka nástroje od cíle vřetena	. . . .	130 mm
maximální hmotnost nástroje	. . . .	20 kg

V ý m ě n í k n á s t r o j ů je připevněn na konstrukci zásobníku a tvoří s ním jeden celek. Všechny pohyby dvou-ramenné páky pro výměnu nástrojů jsou ovládány hydraulicky.

Celá výměna má dvě fáze:

- vyhledání nástroje podle kódu a jeho doprava do místa výměny
- uvolnění nástroje, jeho výměna a upnutí

E l e k t r i c k é v y b a v e n í zajišťuje funkci stroje jak v programu řízeném řídicím systémem, tak v ruční obsluze, kdy je stroj ovládán tlačítky z řídicího panelu. Elektropřístroje a programovatelný automat určený k ovládání jednotlivých částí stroje je umístěn ve skříni rozvaděče. Z řídicího závěsného panelu lze ovládat stroj z místa pro obsluhu nejvýhodnějšího.

O v l á d á n í s t r o j e je automatické prostřednictvím souvislého řídicího systému nebo ruční ze závěsného

panelu.

Z á k l a d n í v y b a v e n í n á ř a d í m obsahuje nářadí pro všeobecné použití a nářadí pro upnutí nástroje. Nářadí pro upínání nástrojů umožňuje upínání nástrojů vrtacích, frézovacích, nožových hlav, závitníků, vyvrtávacích tyčí hrubovacích a hladících a dalších nástrojů. Nástroje jsou upnuty v držácích, které umožňují seřadit nástroje na programovanou délku a jejich výměnu ve vřetenu. Základní vybavení je možno doplnit dalším nářadím podle katalogu OSAN Praha.

T e c h n i c k é ú d a j e F C Q V 6 3 N C

Upínací plocha stolu se žlábkem . . . . .	630x2200 mm
Upínací plocha stolu bez žlábkem . . . . .	500x2000 mm
Upínací drážky - počet . . . . .	5
Šířka x rozteč . . . . .	22x100 mm
Výška stolu od základny . . . . .	900 mm
Největší zatížení stolu . . . . .	20 000 N
Podélný zdvih stolu "X" . . . . .	1500 mm
Příčný zdvih stolu "Y" . . . . .	630 mm
Svislý zdvih vřeteníku "Z" . . . . .	630 mm
Kužel vřetena . . . . .	ISO 50
Průměr vřetena v předním ložisku . . . . .	100 mm
Vzdálenost čela vřetene od upínací plochy stolu . . . . .	150-780 mm

Motor vřetena	. . . . .	stejnoseměrný regulační
Výkon motoru při maximálních otáčkách	. . . . .	23,5 kW
Rozsah otáček vřetena	. . . . .	11-2500 ot/min
Maximální $M_k$ na vřetenu	. . . . .	900 Nm
Rozsah posuvů	. . . . .	1-3000 mm/min.
Rychloposuv v osách "X", "Y"	. . . . .	10 m/min
Rychloposuv v ose "Z"	. . . . .	10 m/min
Zastavěná plocha stroje	. . . . .	22 m <sup>2</sup>
hmotnost stroje	. . . . .	14 000 kg
Statistická úchylka plochy v osách "X", "Y"	. . . . .	20 μm
Statistická úchylka plochy v ose "Z"	. . . . .	30 μm
Přesnost opakovaného najetí	. . . . .	10 μm
Periodická chyby	. . . . .	10 μm

## ŘÍDÍCÍ SYSTÉM

Řídící systém SINUMERIK 6 ME je systém pro souvislé řízení obráběcího stroje, který umožňuje programovat dráhu nástroje absolutně a přírůstkově. Je vybaven lineárním a kruhovým interpolátorem.

Kruhový interpolátor umožňuje programovat kružnici v kladném směru (proti směru hodinových ručiček) a v záporném (po směru hodinových ručiček). Je aplikován na čtyřosé vertikální frézce s osami X, Y, Z, A.

Osy lze programovat buď v 0,001 mm nebo 0,0001 inch.

System je přepínatelný na kódy:

- 1) ISO - DIN 66 024
- 2) EIA - EIA RS 244 - A

Pro programování dráhy nástroje jsou nejdůležitější funkce "G", protože určují režim stroje. V řídicím systému jsou tyto funkce rozděleny do 14 skupin a v jednom bloku mohou být G - funkce ze všech skupin, ale ze skupiny pouze jedna. Je též důležité, že funkce systému můžeme rozdělit do dvou skupin dle jejich účinnosti.

- 1) Modální funkce - je funkční, není nahrazena jinou
- 2) Lokální funkce - je funkční pouze v bloku programu, kde se vyskytla

#### Skupina 01

- G00 rychloposuv
- G01 lineární interpolace
- G02 kruhová interpolace v záporném směru
- G03 Kruhová interpolace v kladném směru

#### Skupina 00

- G04 časová prodleva, délka se programuje pod adresou x v sekundách a pod adresou P v msec.
- G09 přesné zastavení
- G45 přičtení korekce k programované souřadnici
- G46 odečtení korekce od programované souřadnice
- G47 dvojnásobné přičtení korekce k program. souřadnici

- G48 dvojnásobné odečtení korekce od program. souř.
- G65 volání podprogramů s parametry
- G 92 nastavení hodnot skutečné polohy

#### Skupina 02

- G17 volba roviny pro kruhovou interpolaci - rovina XY
- G18 volba roviny pro kruhovou interpolaci - rovina XZ
- G19 volba roviny pro kruhovou interpolaci - rovina YZ

#### Skupina 06

- odměřovací soustava

- G20 rozměry programovány v palcích
- G21 rozměry programovány v mm

#### Skupina 04

- G22 volba pracovního rozsahu
- G23 odvolání, omezení pracovního rozsahu

#### Skupina 07

- G40 odvolání korekce nástroje
- G41 volba korekce nástroje vlevo
- G42 volba korekce nástroje vpravo

#### Skupina 08

- G43 volba délkové korekce kladné
- G44 volba délkové korekce záporné
- G49 odvolání délkové korekce





G81

.

. vrtací cykly a závitové cykly

.

G89

Skupina 03

G90 absolutní programování

G91 inkrementální programování

Skupina 05

G94 volba minutového posuvu

G95 volba otáčkového posuvu

Skupina 13

G96 volba konstantní řezné rychlosti

G97 blokování posledních dosažených otáček

Skupina 10

G98

volba referenční roviny pro vyvrt. a vrt. cykly

G99

Pro programování jsou nejdůležitější skupiny G funkcí

01, 02, 07, 08, 14. Tyto skupiny jsou rozhodujícími funkcemi pro popis dráhy nástroje

Pro programování technologických příkazů, jako je např.

volba otáček, jejich směr, nástroj apod. jsou určeny

funkce S, T, M. Patří sem ale i funkce pro volání pod-

programů, návrat do hlavního programu apod.

Ty nejdůležitější jsou:

T - volba nástroje je výkonná pouze u strojů s automat.  
výměnou

S - volba otáček

M - pomocné funkce

Pro podrobnější prostudování G - funkcí a seznámení s ostatními funkcemi a možnostmi systému SINUMERIK 6 ME bych doporučil manuál firmy SIEMENS.

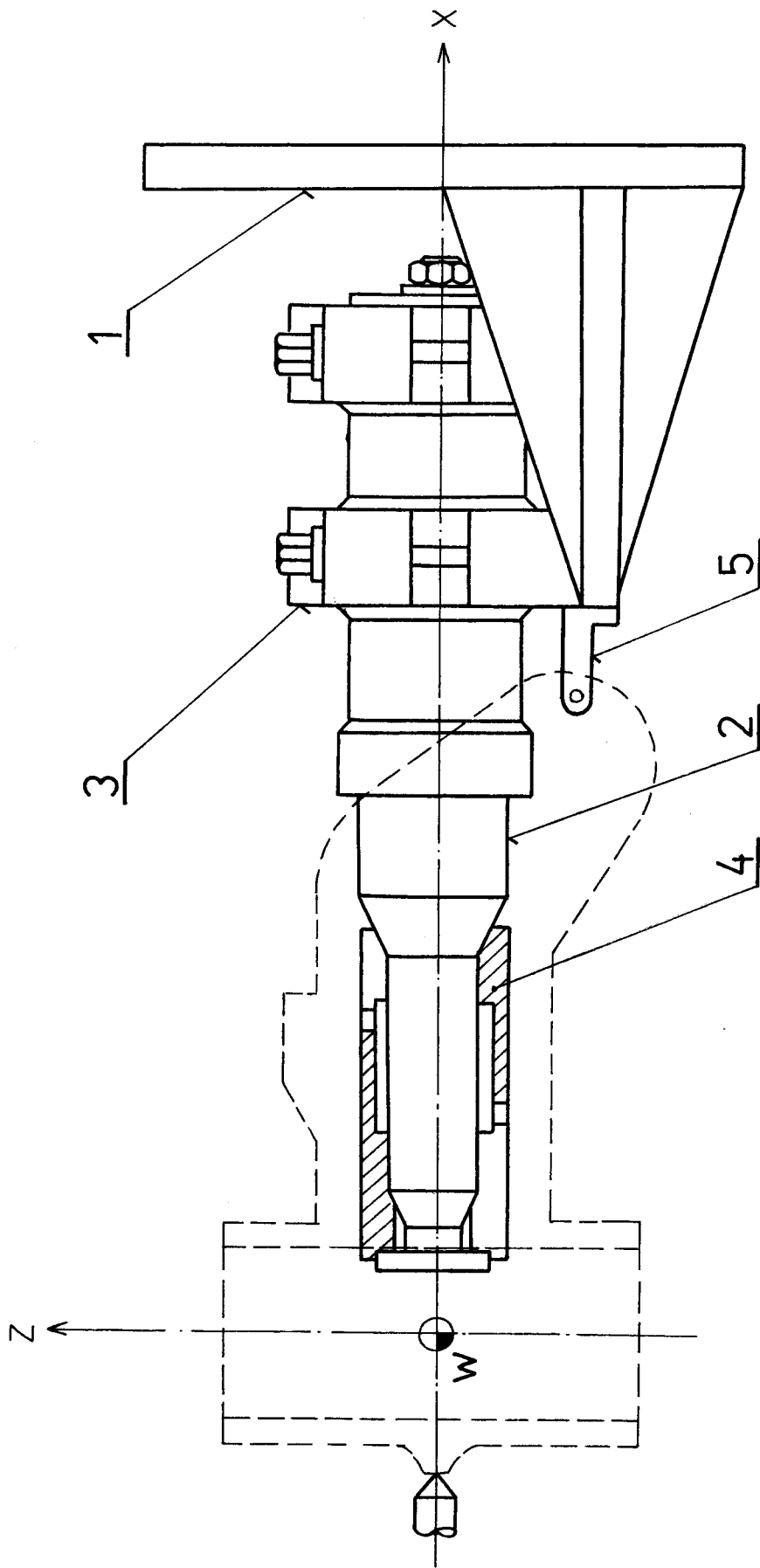
#### 4.2 Upnutí součásti

Součást bude upnuta na stroji FCQV 63NC pomocí speciálního upínacího přípravku a tento přípravek bude upnut na IPO 40, které umožňuje otáčení obrobku kolem jeho podélné osy.

Součást je v přípravku upínána pomocí kleštiny, jejíž rozpínání je zabezpečeno jejím posouváním po kuželové části trnu. Navíc je součást proti protáčení fixována dorazem.

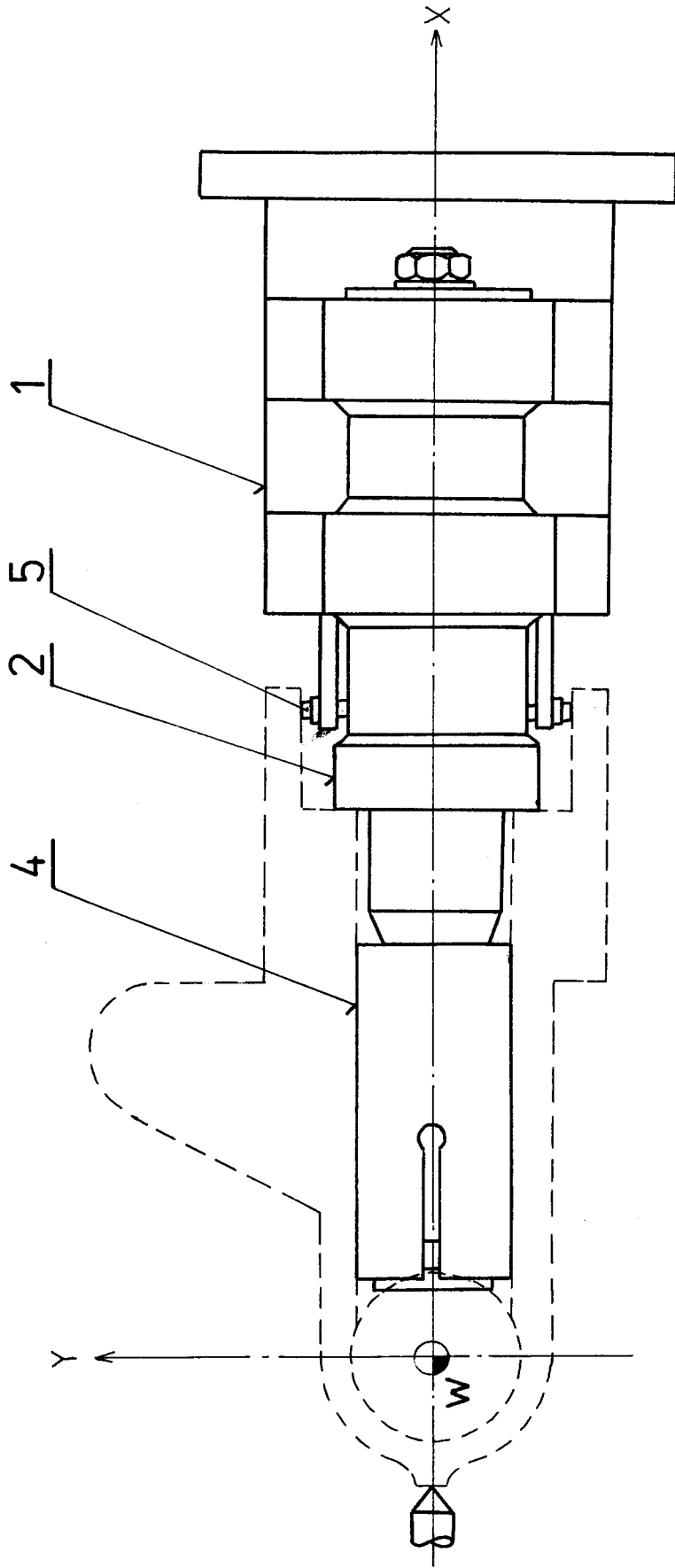
Princip upnutí a funkce přípravku je patrná z obrázků č. 1 a č. 2. Přípravek je složen ze svařence /1/, na který je pomocí upínek /3/ trn/2/. Trn je dutý a uvnitř trnu prochází šroub, jehož prostřednictvím se za pomoci příruby zabezpečuje posouvání a tím tedy i rozpínání kleštiny. Doraz /5/ je stavitelný opět pomocí šroubu.

Součást se na stroj upíná v poloze  $A = 0^{\circ}$ , tedy v poloze, která je zakreslena na obrázku.



obr. 1

1 - svařenec, 2 - trn, 3 - upínka, 4 - kleština, 5 - doraz  
 W - nulový bod /G 54/



obr. 2

1 - svařenec, 2 - trn, 4 - upínka, 5 - doraz  
 W - nulový bod /G 54/

#### 4.3 Výběr nástrojů

Pro obrábění kapsy kování používám následující nástroje :

Nástroj č.1: Vrták 10 ČSN 22 11 40

upínací nářadí: REDUKCE: PN 247207 50x36-75

POUZDRO: PN 247303 36x118x1

Doporučené vyložení 184 mm.

Nástroj č.2: Vrták 32 ČSN 22 11 40

upínací nářadí: REDUKCE: PN 247207 50x36-75

POUZDRO: PN 277303 36x118x3

MATICE : PN 247381 36x14

Doporučené vyložení 288 mm.

Nástroj č.3: Fréza  $\emptyset$  63 x 180 ČSN 22 21 46

upínací nářadí: ON 24 72 13 50x5-120

Nástroj č.4: Fréza  $\emptyset$  32 x 100 ČSN 22 21 48

upínací nářadí: REDUKCE: PN 247207 50x48-105

POUZDRO: PN 247303 48x144x4

Matice : PN 247381 48x18

Nástroj č.5: Fréza  $\emptyset$  32 x 170 s kulovým cílem ČSN 22 22 94

upínací nářadí: REDUKCE: PN 247210 50x4

#### 4.4 Řezné podmínky

Materiál obráběné součásti odpovídá obrobitelnosti llb. Podle normativů jsem vyhledal řezné podmínky jednotlivých nástrojů.

Nástroj	v m/min. <sup>-1</sup>	n min. <sup>-1</sup>	S mm/min.
1	14	450	39
2	14	140	20
3	16	80	16
4	16	160	20
5	17	160	20

#### 4.5 Stavba programu

Program je zpracován pro stroj FCQV 63NC s řídicím systémem SINUMERIK 6 ME. Část programu je pro výhodnou geometrii zpracována v programovacím jazyku APT. Druhá část programu zpracovává složitější tvary a přechody mezi těmito tvary. Proto bylo použito parametrického programování, které umožňuje přehlednější programování a prostorovou korekci nástroje.

Základem je hlavní program, který se prakticky skládá pouze z vyvolávání podprogramů a výměny nástrojů. Téměř veškerá část obrábění je potom obsažena ve vyvolávaných podprogramech.

#### 4.6 Seznam podprogramů

Hlavní program : 500

číslo nástroje	číslo podprogr.	Účel podprogramů
	10	VÝPOČET MEZNÍ HODNOTY POLOHY NÁSTROJE způsob volání: G65 P10 A.. A.. průměr válce
5	20	FRÉZOVÁNÍ PŘECHODU VÁLEC - VNEJŠÍ ZEBRO způsob volání: G65 P20 A..B..C..D..F..U..X.. A .. průměr válce B .. výchozí poloha frézy /úhel/ C .. hustota řádkování D .. korekce nástroje X .. výchozí poloha frézy v ose x U .. přídavek na obrábění F .. posuv
	30	VÝPOČET VÝCHOZÍ POLOHY NÁSTROJE způsob volání: G65 P30
5	40	FRÉZOVÁNÍ VÁLCE V KAPSE KOVÁNÍ způsob volání: G65 P40 A..C..D..F.. A.. průměr válce C.. hustota řádkování D.. korekce nástroje F.. posuv

číslo nástroje	číslo podprogr.	Účel podprogramu
	50	VÝPOČET KRAJNÍ POLOHY NÁSTROJE V KAPSE KOVÁNÍ způsob volání: G65 P50 A.. A.. průměr kružnice
5	60	FRÉZOVÁNÍ DNA KAPSY NA ČISTO způsob volání: G65 P60 B..D..F.. B.. hustota řádkování D.. korekce nástroji F.. posuv
4	70	HRUBOVÁNÍ VÁLCE V KAPSE způsob volání: G65 P70 A..B..D..F.. A.. hloubka třísky B.. hustota řádkování D.. korekce nástroji F.. posuv
4	80	HRUBOVÁNÍ DNA KAPSY způsob volání: G65 P80 D..F..R.. D.. korekce nástroji F.. posuv R.. posunutí počátku
	90	VÝMĚNA NÁSTROJE způsob volání: G65 P90 T.. T.. číslo nástroje



číslo nástroje	číslo podprogr.	Účel podprogramu
4	100	OBROBENÍ ROHU PRO MOŽNOST VRTÁNÍ způsob volání: G65 P100 D..F.. D.. korekce nástroji F.. posuv
3	110	VYHRUBOVÁNÍ ROVINY PRO VRTÁNÍ způsob volání: G65 P110 D..F.. D.. korekce nástroji F.. posuv
4	120	OBROBENÍ VNĚJŠÍHO PROFILU KAPSY
1 2	130	VYVRTÁNÍ OTVORU PRO HRUBOVÁNÍ

Pozn.: Podprogramy č. 120 a 130 jsou řešeny v programovacím jazyku APT /viz. příloha/

#### 4.7 Posunutí počátků

Základní posunutí využívané při obrábění je G54. Hodnoty tohoto posunutí se určí dle obr. 1 a 2. Posunutí pro 4. osu je dáno hodnotou při níž je základna upínače rovnoběžná se stolem stroje.

Posunutí, jehož označení je G55, je posunutí pomocné a používá se ho k různým korekcím při použití jiného ná-

stroje než je programovaný. Hodnoty pro G55 se určují automaticky v průběhu obrábění a obsluha se tedy o toto posunutí nemusí zajímat.

Kromě uvedených posunutí /G54, G55/ využívá program pro definování místa výměny nástroje posunutí G59.

#### 4.8 Korekce nástrojů

Pro určování průměrové korekce platí vztah:

$$D = / D_s - D_p / : 2$$

kde D - hodnota korekce, kterou je třeba zapsat do tabulky korekcí pod příslušnou adresu

$D_s$  - skutečný průměr nástroje /mm/

$D_p$  - programovaný průměr nástroje /mm/

Pro výpočet délkové korekce platí :

$$H = L_s$$

kde H - hodnota délkové korekce, kterou je třeba zapsat do tabulky pod příslušnou adresu

$L_s$  - skutečně změřená délka nástrojové sestavy

## 5. ZPRACOVÁNÍ PROGRAMU

Jak již bylo dříve uvedeno, hlavní program se skládá pouze z volání odděleně vyřešených podprogramů.

Hlavní program:

:500

(KOVÁNÍ - KAPSA)

G65 P90. T4.

M98 P120.

G65 P110 D 3. F16.

G65 P90. T4.

G65 P100 D4. F20.

M98 P130

G65 P90 T4.

G65 P70 A5. B1. D4. F20.

G65 P80                    D4. F20. R20.

G65 P80                    D4. F20. R10.

G65 P80                    D4. F20. R0.

G65 P90 T5

G65 P20 A128. B0. C1. D5. F20. U2. X129.5

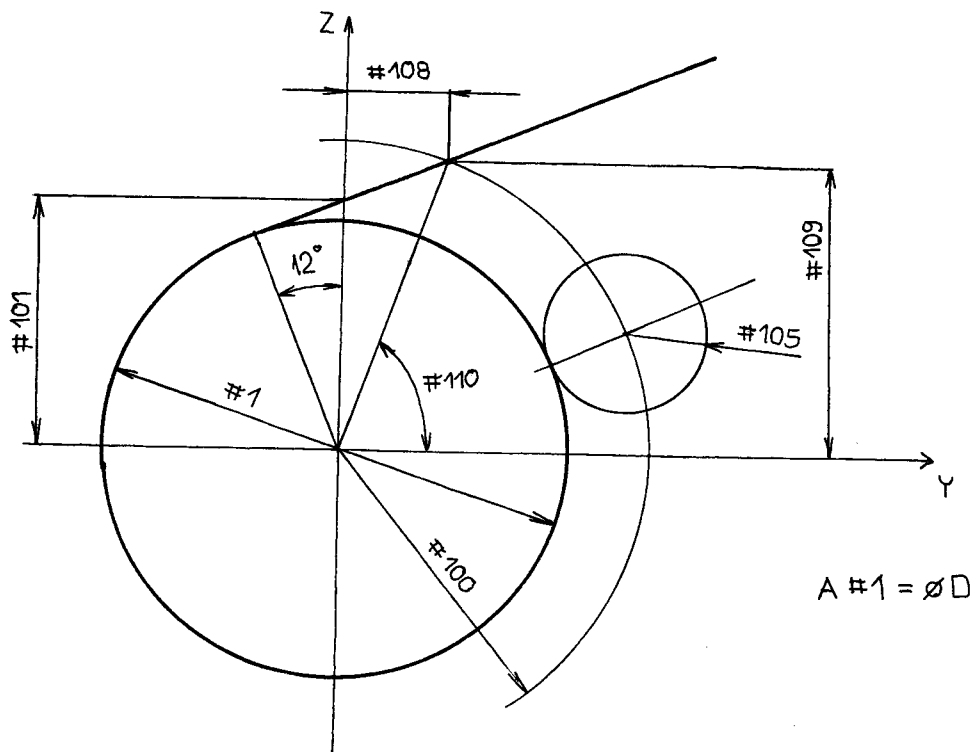
G65 P20 A128. B0. C1. D5. F20. U0. X129.5

G65 P40. A128.            C1. D5. F20.

G65 P60                    B2.            D5 F20.

M02

Nyní následují vypsané podprogramy.



Obr. 3

: 10

(VÝPOČET MEZNÍ HODNOTY POLOHY NÁSTROJE)

$$\#105 = 16. + \# [2000 + \#7]$$

$$\#1 = \#1/2.$$

$$\#100 = \#1 + \#105$$

$$\#101 = \#1 / \cos [12.]$$

$$\#102 = \text{TAN} [12.]$$

$$\#103 = 1. + \#102 * \#101$$

$$\#104 = 2. * \#102 * \#101$$

$$\#106 = \#101 * \#101 - \#100 * \#100$$

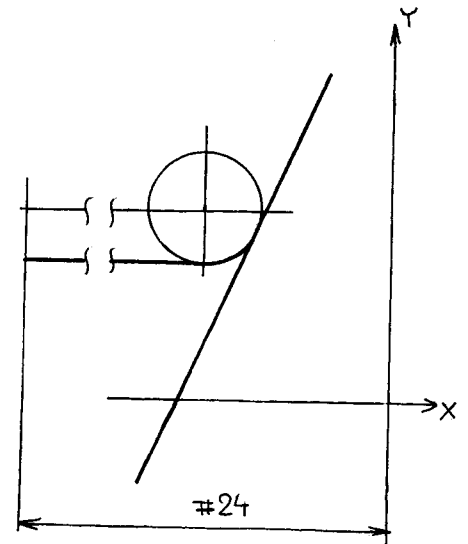
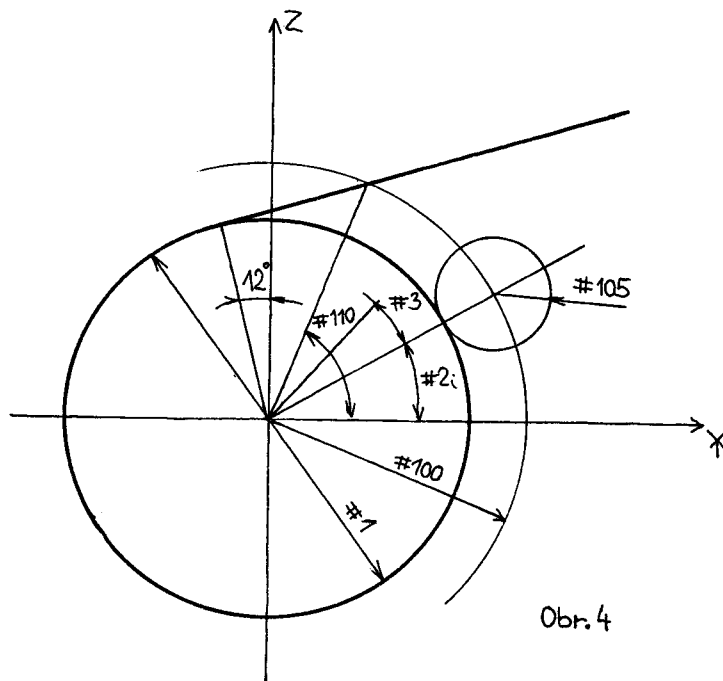
$$\#107 = \#104 * \#104 - 4 * \#103 * \#106$$

$$\#108 = [\text{SQRT} [\#107] - \#104] / [2. * \#104]$$

$$\#109 = \#102 * \#108 + \#101$$

$$\#110 = \text{ATAN} [\#109 / \#108]$$

M 99



Obr. 4

:20

(VNĚJŠÍ ŽEBRO NA ČISTO)

#2503 = #2501 + 204,5

#2603 = #2601

#2703 = #2701

#2803 = #2801

GOG43 G 56 Z 300. H[#7 + 30.] M41 S 50

GO AO . M3

M8

M40

G 65 A#1 P 10

#105 = 16. + # [ 2000 + # 7 ]

#1 = #1/2.

#100 = #1 + #105 \* #21

#101 = #100 \* SIN[#2]

#102 = #100 \* COS[#2]

#103 = [ 177,8 + [ 40./SIN [ 20. ] ] + [ #105/SIN [ 20. ] ] ]

#104 = TAN [ 70. ]

GO X#24 Y #102

A #1 = Ø D = 128

B #2 = α = 0

C #3 = Δα = 1°

D #7 = korekce

X #24 = výchozí poloha

U #21 = přidavek

```

G1 Z [#101 - #105] F 500
D01
N 1 GO G90 X #24 Y #102
N2 G1 Z [#101 - #105] F 100
N3 X [[#102 - #103] / [#104] F #9
N4 Y [#102 + 1.] F 500
      X #24 G91 Z 2.
IF [#2 EQ #110] GOTO 700
#2 = #2 + #3
IF [#2 GT #110] GOTO 5
GOTO 6
N5 #2 = #110
N6 #101 = #100 * SIN [#2]
#102 = 100 * COS [#2]
END 1
N700 #2 = #2 = #3
#106 = #100 * COS [#110]
#107 = #100 * SIN [#110]
D02
#101 = #100 * SIN [#2]
#102 = #100 * COS [#2]
#109 = [#106 - #102] * TAN [12.]
#111 = #108 + #109
#112 = #111 * COS [12.]
#113 = #112 * COS [12.]
#114 = SQRT [#105 * #105 - #103 * #103]
#115 = #113 * TAN [12.]

```

#116 = SQRT [#114 \* #114 - #115 \* #115]

#117 = #105 - #116

N7 GO G90 X#24 Y #102 F 500

N8 G1 Z [#101 - #105] F 100

N9 X[[#102 - #103] / #104 + #117]]

N10 Y[#102 + 1.] F 500

X#24 G91 Z 2.

IF[#2 EQ 102.] GOTO 800

#2 = #2 + #3

IF[#2 GT #110] GOTO 11

GOTO 12

N11 #2 = 102.

N12 #2 = #2

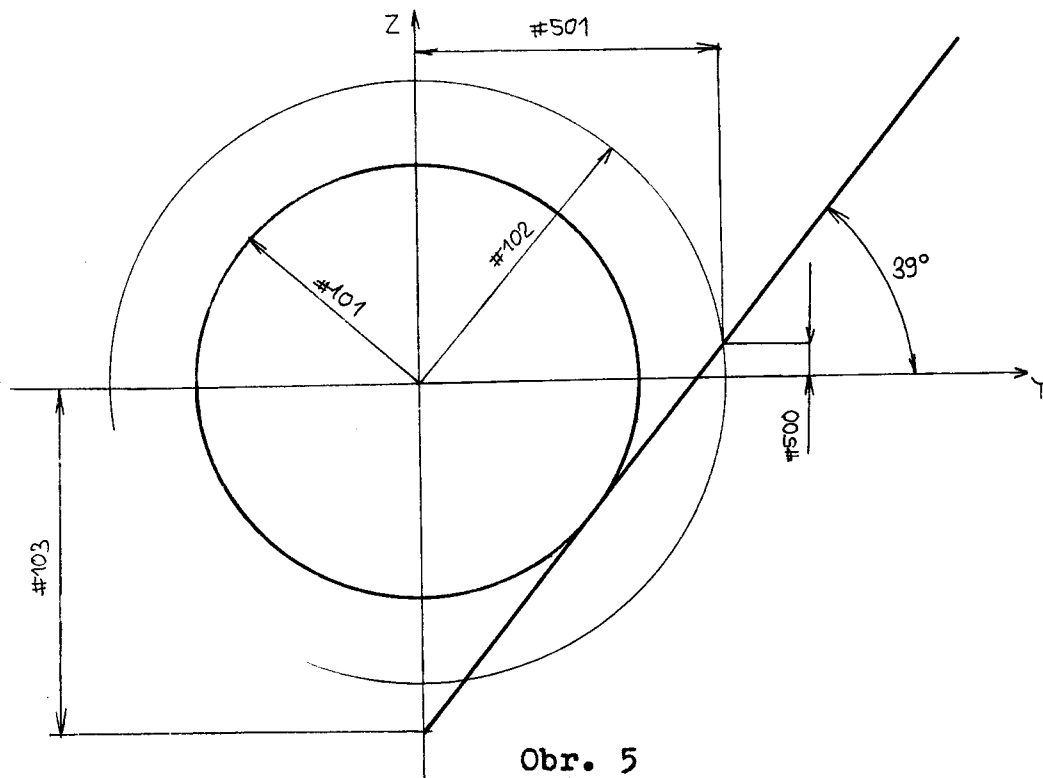
END 2

N800 Z 300. M9

M5

M80

M99



:30

(VÝCHOZÍ POLOHA NÁSTROJE)

$$\#105 = 16. + \# [2000 + \# 7]$$

$$\#100 = \text{TAN} [39.]$$

$$\#101 = 54. - \#105$$

$$\#102 = 64. + \#105$$

$$\#103 = - [\#101 / \text{SIN} [51.]]$$

$$\#104 = \#100 * \#100$$

$$\#106 = 1. + \#100$$

$$\#107 = 2.* \#101$$

$$\#108 = \#101 * \#101 - \#100 * \#102 * \#102$$

$$\#109 = \#107 * \#107 - 4.* \#106 * \#107$$

$$\#500 = [[\text{SQRT} [\#109] - \#103] / [2.*\#102]]$$

$$\#501 = [\#500 - \#103] / \text{TAN} [39.]$$

M99



PRINCIP PROGRAMOVÁNÍ DRÁHY NÁSTROJE JE TĚMĚŘ  
TOTOŽNÝ S PODPROGRAMEM č. 20. MĚNÍ SE POUZE VÝCHOZÍ  
POLOHY V OSE X.

:40

(VÁLEC V KAPSE)

#2503 = #2501 + 204,5

A #1 = Ø D

#2603 = #2601

F #9 = posuv

#2703 = #2701

D #7 = korekce

#2803 = #2801

C #3 =  $\Delta\alpha$

GO G43 G56 Z 300. H[#7 + 30.] M41 S50

GO AO. M3

M8

M40

G65 P30

#105 = 16 + # [2000 + #7]

#1 = #1/2. + #21

#2 = ATAN [#500/#501]

#100 = #1 + #105

#101 = #100 \* [SIN #2]

#102 = #100 \* [COS #2]

#103 = [177.8 + [30./SIN [20.]]] + [#105 /SIN [20.]]

#104 = TAN [70.]

N1 GO X [30. - #105] Y #501

N2 GO Z [#500 + 100.]

N12 G1 Z #500 F #9

#128 = #105/8.

```

#129 = 0.
WHILE [#129 LE 8.] DO1
  G1 Z [#500 - #128] F#9
  X[#102 - #103] / [#104] F#9
  #128 = #128 + #105/8.
  Z [#500 - #128] F#9
  X [30. - #105]
  #129 = #129 + 2.
END 1
DO 2
  N3 X [#102 - #103] / [#104] IF #9
  #2 = #2 + #3
  IF [#2 GE #110] GOTO 101
  R [#101] = #100 * SIN [#2]
  #102 = #100 * COS [#2]
  G3 G19 Y #102 Z [#101 - #105] R#100 F#9
  N4 X [#102 - #103] / [#104] F#9
  N5 X [30. - #105]
  #2 = #2 + #3

```

```

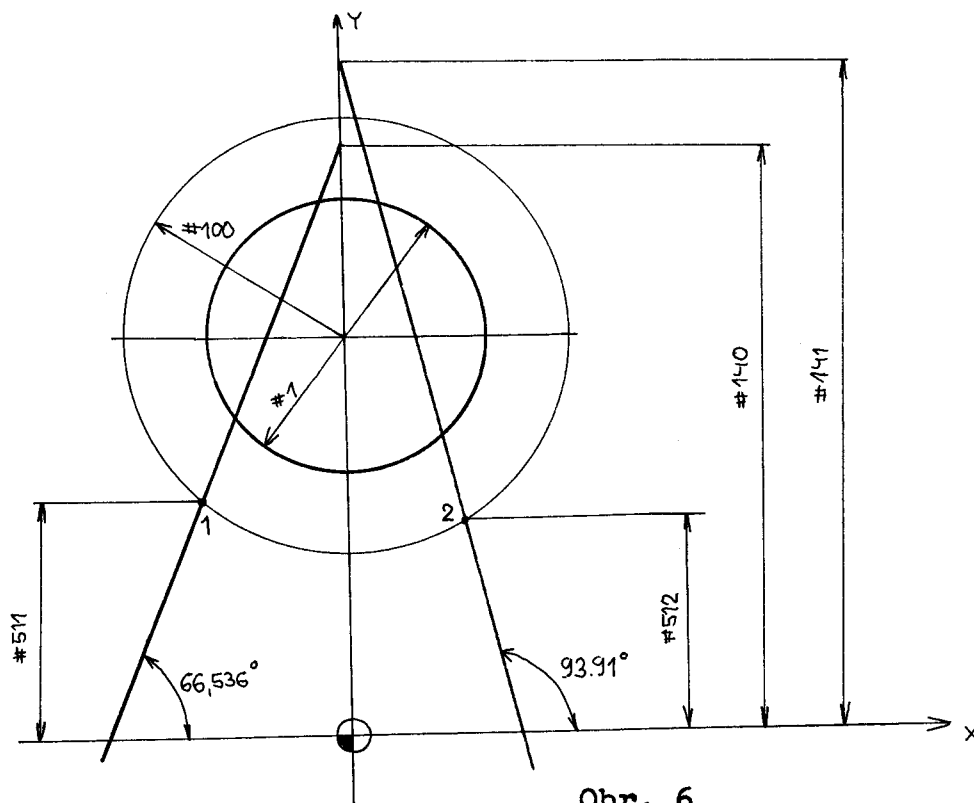
IF [#2 GT #110] GOTO 101
#101 = #100 * SIN [#2]
#102 = #100 * COS [#2]
G3 G19 Y#102 Z#101 R#100 F#9
END 2
N 101 X [30. - #105]
#2 = #110
#106 = #100 * COS [#110]
#107 = #100 * COS [#110]
G3 G19 Y#106 Z#107 R#100 F#9
DO 3
N6 X [[#102 - #103] / [#104] - #117] F#9
IF [#2 EQ 102.] GOTO 120
#2 = #2 + #3
IF [#2 GT 102.] GOTO 104
      GOTO 105
N104 #2 = 102.
N105 #101 = #100 * SIN [#2]
#102 = #100 * COS [#2]
#108 = #101 - #107
#109 = [#106 - #102] * TAN [12.]
#111 = #100 - #109
#112 = #111 * COS [12.]
#113 = #112 * COS [12.]
#114 = SQRT [#105 * #105 - #103 * #103]
#115 = #113 * TAN [12.]

```

```

#116 = SQRT[[#114*#114]-[#115*#115]]
#117 = #105 - #116
G3 G19 Y#102 Z#101 R#100 F#9
N7 X[[#102 - #103] / [#104] F#9
N8 X[30. - #105 + 117] F#9
#2 = #2 + #3
IF[#2 EQ 102.] GOTO 120
IF[#2 GT 102.] GOTO 106
    GOTO 107
N 106 #2 = 102.
N 107 #101 = #100 * SIN[#2]
#102 = #100 * COS[#2]
#108 = #101 - #107
#109 = [#106 - #102] * TAN[12.]
#111 = #101 - #107
#112 = #111 * COS[12.]
#113 = #112 * COS[12.]
#114 = SQRT[#105 * #105] - [#113 * #113]]
#115 = #113 * TAN[12.]
#116 = SQRT[#114 * #114 - #115 * #115]
#117 = #105 - #116
G3 G19 Y#102 Z#101 R#100 F#9
N9 X[30. - #105 + #117] F#9
END 3
N 120 Z300. M9
M5
M30
M99

```



Obr. 6

:50

(KRAJNÍ MEZE Y )

$$\#105 = 16. + \# [ 2000 + \# 7 ]$$

$$\#1 = \#1/2.$$

$$\#130 = \#1 + \#105$$

$$\#101 = 30. - \#105$$

$$\#102 = [ \#501 - \#101 ] / \text{TAN} [ 70. ]$$

$$\#140 = \#102 * \text{TAN} [ 66.536 ] + \#501$$

$$\#141 = \#24 / \text{TAN} [ 3.91 ] + \#501$$

$$\#142 = \text{TAN} [ 66.536^\circ ] * \text{TAN} [ 66.536^\circ ]$$

$$\#143 = \text{TAN} [ 93.91^\circ ] * \text{TAN} [ 93.91^\circ ]$$

$$\#144 = 1. + 1. / \#142$$

$$\#145 = 2. * \#140 / \#142$$

$$\#146 = \#140 * \#140 / \#142 - \#130 * \#130$$

$$\#147 = \#145 * \#145 - 4. * \#144 * \#146$$

$$\#511 = [\#145 - \text{SQRT}[\#147]] / [2. * \#144]$$

$$\#134 = 1. + 1. / \#143$$

$$\#135 = 2. * \#141 / \#143$$

$$\#136 = \#141 * \#141 / \#143 - \#130 * \#130$$

$$\#137 = \#135 * \#135 - 4. * \#134 * \#136$$

$$\#512 = [\#135 - \text{SQRT}[\#137]] / [2. * \#134]$$

M99

:60

(DNO KAPSY)

#2503 = #2501 + 204.5                    B#2 = Y  
#2603 = #2601                            F#9 = posuv

#2703 = #2701

#2803 = #2801

GO G43 G56 Z300. H[#7 + 30.] M41 S 50

GO AO. M3

M8

M 40

G 65 A 40. P 50

#105 = 16. + [#2000 + #7]

#106 = 177.8 - [#1/2. + #105]

#100 = #501

#101 = [177,8 + 30./SIN [20.] + [#105/SIN [20.]]

#102 = [#501 - #101] /TAN [70.]

#140 = #102 \* TAN [66.536] + #501

#141 = [30. - #105] /TAN [3.91] + #501

N1 GO X [30. - #105] Y #100

N2 Z[#500 + #100] F 500

N3 Z[#500 - #105] F #9

WHILE[#100 LT #106] DO1

N4 X [[#100 - #140] /TAN [66.536]]

IF [#100 EQ #106] GOTO 50

#100 = #100 + #2

IF [ #100 GT #106] GOTO 5

GOTO 6

```

N5 #100 = #106
N6 G1 X [[#100 - #140] /TAN [66.536]] Y #100
      Z [[TAN [39.] * #100] -[#54./SIN[39.]]] F#9
N7 X [[#100 - #141] /TAN [93.91]]
IF [#100 EQ #106] GOTO 50
#100 = #100 + #2
IF [#100 GT #106] GOTO 8
GOTO 9
N8 #100 = #106
N9 G1 X [[#100 - #140] /TAN [66.536]]Y #100
      Z[[ TAN [39.]* #100] - [54./SIN [39.]]]
END 1
N50 G1 X 0.
WHILE [#100 LT #511] DO2
IF [#100 EQ #511] GOTO 60
#100 = #100 + #2
IF [#100 GT #511] GOTO 10
GOTO 11
N 10 #100 = #511
N11 G2 G27 X [-SQRT[[#130*#130-#100 - 177.8]*
                *[#100 - 177.8]]]
      Y #100 Z [[TAN [39.]* #100] -[54./SIN [39.]]]
      R #130 F#9
N12 G1 X[[#100 - #140] /TAN [66.536]]
N13 X [-SQRT [[#130*#130 - #100 - 177.8]*[#100-177.8]]]
END 2

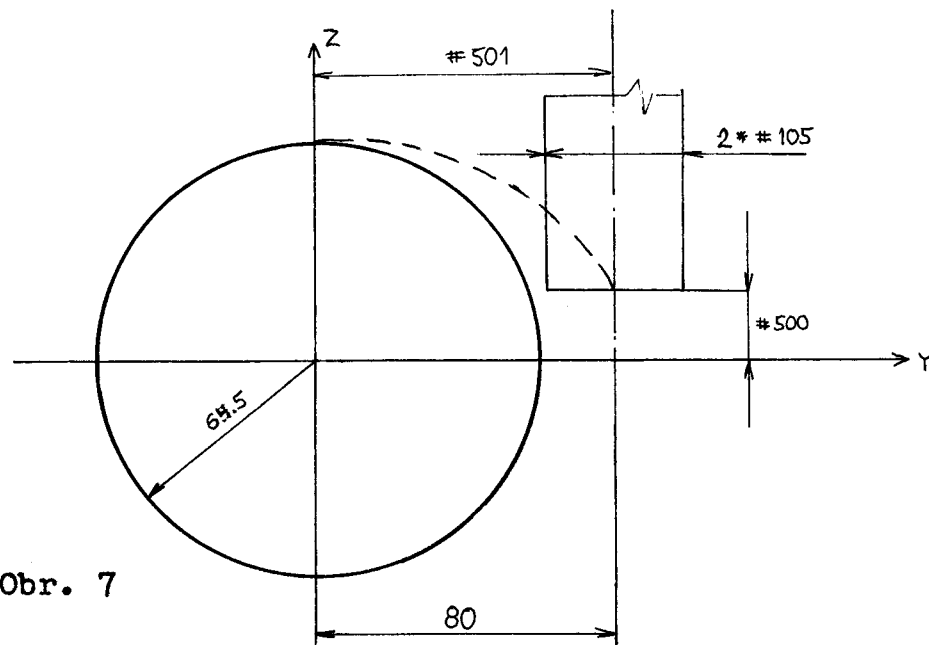
```



```

N60 G 1 Y #106
N61 G 1 X 0.
WHILE [# 100 LT #512] DO 3
  IF [#100 EQ #512] GOTO 70
  #100 = #100 + #2
  IF [#100 GT #512] GOTO 15
  GOTO 16
N 15 #100 = #512
N16 G2 G27 X[ SQRT [[ *130*#130 - #100 - 177.8] *[#100-177.8]]]
      Y # 100 Z [[TAN [39.]**100] -[54./SIN [ 39.]]]
      R #130 F #9
N17 G1 X [[#100 - #141]/TAN [93,91]]
N18 G1 X [ SQRT [[#130* #130 - #100 - 177.8] * [#100-177.8]]]
END 3
N70 G1 Y#106
N71 G1 Z 300. M9
M 5
M 80
M 99

```



Obr. 7

:70

(HRUBOVÁNÍ VÁLCE)

#2503 = #2501 + 204.5

A #1 = ΔZ = 5.

#2603 = #2601

B #2 = Δα

#2703 = #2701

D #7 = korekce Ø

#2803 = #2801

F #9 = posuv

GO G43 G56 Z300. H[#7 + 30.] M 41 S 50

GO A0. M3

M 8

M 40

G65 P30.

#105 = 16 \* [#2000 + #7]

#2602 = #2602 + #105

#108 = √[177.8 + [30./SIN [20.]]] + [#105/SIN [20.]]

#109 = [#501 - #108] / TAN [70.]

#102 = 80. - 13./TAN [16.]

#130 = SQRT [64.5 \* 64.5 - #500 \* #500]

#131 = ATAN [#500 / #130]

#132 = 64.5 \* COS [#131]

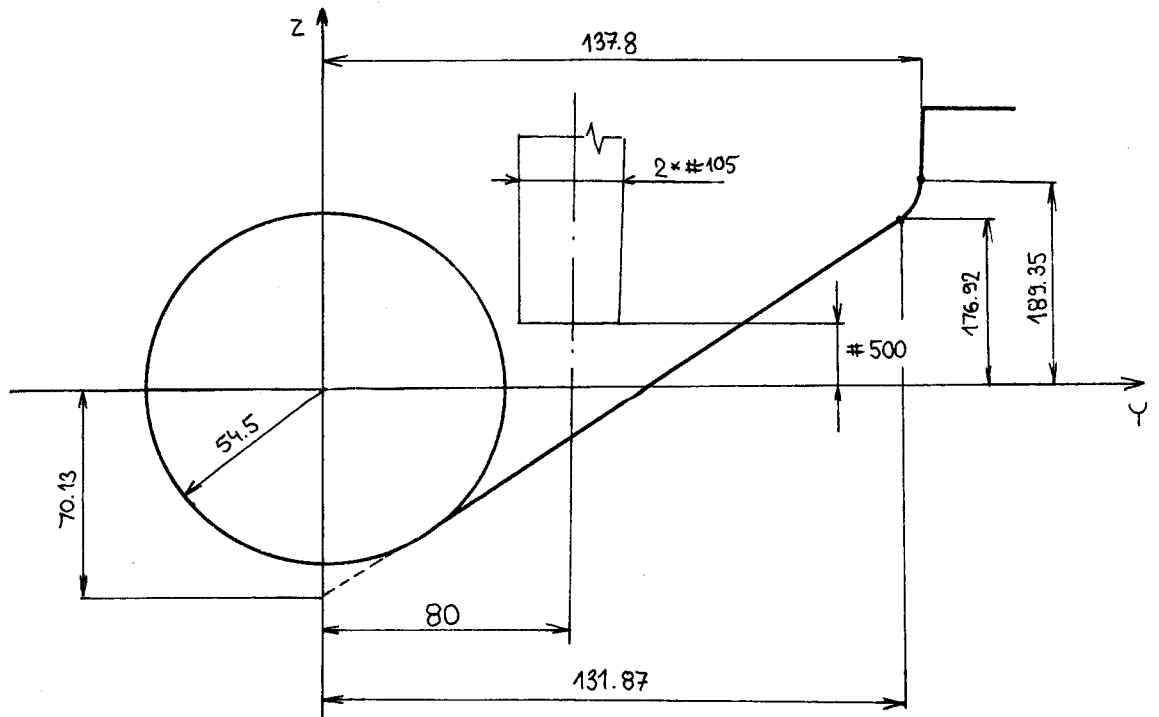
#133 = 64.5 \* SIN [#131]

```

#134 = 64.
GO X 13. Y 80.
GO Z[#134 + 2.]
G 1 Z #134 F #9
DO 1
#134 = #134 + #1
IF[#134 EQ #500] GOTO 10
IF[#134 GT #500] GOTO 3
GOTO 4
N3 #134 = #500
N4 G1 Z #130 F#9
N5 G1 X [- 50.]
#134 = #134 + #1
IF[#134 EQ #500] GOTO 10
IF[#134 GT #500] GOTO 6
GOTO 7
N6 [#134 = #500]
N7 X 13. Y 80.
END 1
N10 G1 X 13. Y 80.
DO 2
#131 = #131 + #2
IF[#131 GT 90.] GOTO 20
#132 = 64.5 * COS [#131]
#133 = 64.5 * SIN [#131]
G3 G19 Y #133 Z #132 R 64.5 F #9
G1 X [#133 - #109] /TAN [80.]]

```

```
#131 = #131 + #2  
IF[#131 GT 90.] GOTO 20  
#132 = 64.5 * COS [#131]  
#133 = 64,5 SIN[#131 ]  
G3 G19 Y#133 Z#132 R 64,5 F#9  
G1 X [[#133 - #102] / TAN [80.]]  
END 2  
N 2060 Z 300. M9  
M 5  
M 80  
M 99
```



: 80

(HRUBOVÁNÍ KAPSY)

#2503 = #2501 + 204,5

F#9 = posuv

#2503 = #2601

D#7 = korekce

#2703 = #2701 + #18

R #18 = posunutí nul.bohu

#2803 = #2801

GO G43 G56 Z300. H [#7 + 30.] M41 S50

GO A0. M3

M8

M40

#105 = 16. + # [ 2000 + # 7 ]

#101 = 30. - #105

#102 = [ 80. - #101 ] / TAN [70.]

#2603 = #2603 - #105

#106 = 13.

#140 = #102 \* TAN [66.536] + #501

GO x 13. Y 80.

GO Z [64. + 2.]

G1 Z #500 F#9

G1 Y [#500 - 70.13] / TAN [39.]

```

D01
IF [#106 EQ - 29.] GOTO10
IF [#106 LT - 29.] GOTO 2
GOTO3
N2 #106 = -29.
N3 G 1 Y 131.87 Z 176.92 F# 9
N4 G 3 G 19 Y 137.8 Z 189,35 R 16. F# 9
N5 G 1 Y 80. Z #500
N6 #106 = #106 - 10.
N7 G1 x#106 F# 9
END 1
N 10 DO 2
IF [#106 EQ - 50.] GOTO 20
IF [#106 LT - 50.] GOTO 12
GOTO 13
N12 #106 = -50.
N13 G1 x#106 F#9
N14 G1 Y [ TAN [66.536] * #106+#140] Z [TAN[39.] * TAN [66.536]*
* #106 + #140 - 70.13]
N15 G1 Y 80. Z #500
#106 = #106.- 5.
END 2
N 20 G 1 Z 300. M 9
M 5
M 80
M 99

```

:90

(VÝMĚNA NÁSTROJE)

GO G49 G59 ZO. T# 20

GO G40 XO. YO. M19

G54 M6

M99

:100

(VYJETÍ ROHU PRO VRTÁNÍ)

#2503 = #2501 + 204.5

D# 7 = Ø korekce

#2603 = #2601

F#9 = posuv

#2703 = #2701

#2803 = #2801

GO G43 G56 Z300. H[#7+ 30.] M 41 S 50

GO A0. M3

M3

M 40

#105 = 16. +#[ 2000 + # 7]

GO X 13. Y 80.

GO Z80.

G1 Z64,5 F#9

G1 X10. Y 120.8 F#9

G1 X[-29.]Y 120.8 F#9

G1 X[-50.]Y 80. F#9

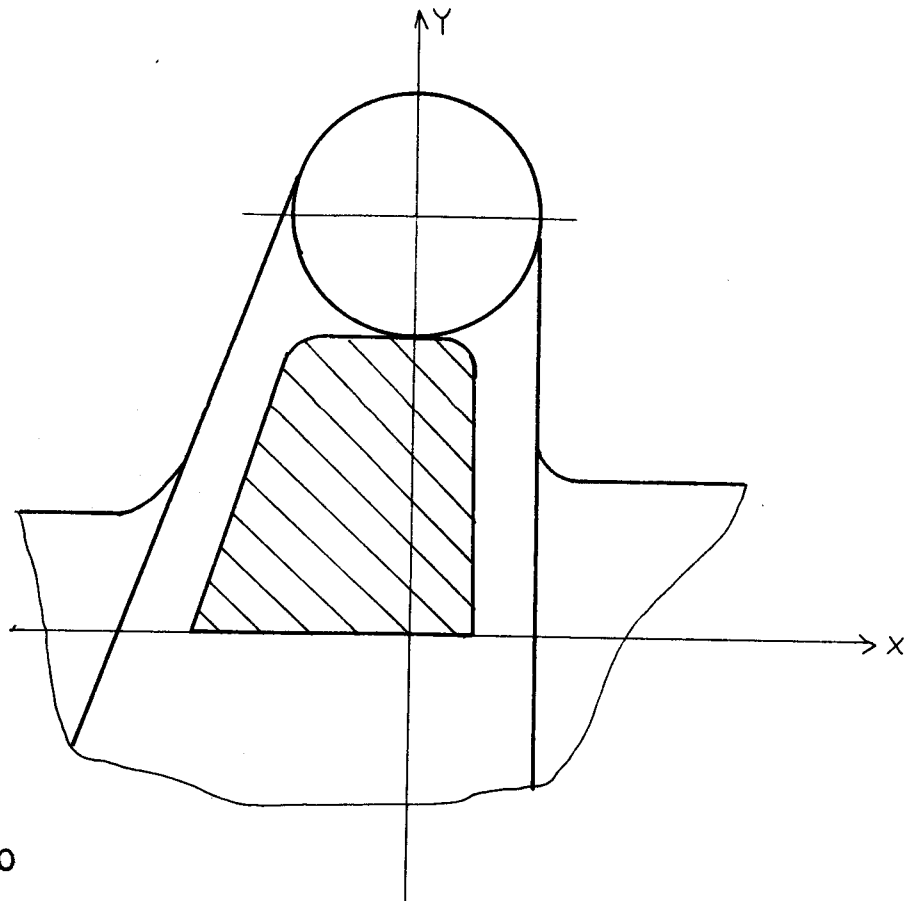
GO Z 300. M9

M5

M80

M99





:110

(HRUBOVÁNÍ ROVINY PRO VRTÁNÍ)

#2503 = #2501 + 204.5

F#9 = posuv

#2603 = #2601

D#7 = průměrové  
korekce

#2703 = #2701

#2803 = #2801

GO 643 G56 Z 300. H[#7 + 30.] M 41 S44

GO A0. M3

M8

M40

#105 = 31.5 + #[2000 + #7]

GO X[- 2.5] Y[- 40.]

GO Z 80

G1 Z 64.5 F#9

G1 X[- 2.5] Y 80. F 9

X[- 5.5] Y 105.3

X[- 13.5]

X[- 34.5] Y 80.

Y [- 40.]

X [- 2.5]

GO Z 300. M9

M 5

M 80

M 99

Na závěr ještě významy používaných M funkcí:

M 8 spuštění vřetena

M 9 vypnutí vřetena

M 8 zapnutí chladící kapaliny

M 9 vypnutí chladící kapaliny

M 40 zpevnění IPO 40

M 80 odpevnění IPO 40

## 6. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Mnou vypracovaný program bude obrábět část dílu KOVÁNÍ, který je součástí podvozku malého dopravního letounu. Obrábění tohoto dílu se provádí na CNC frézovacím centru FCQV 63 NC.

Jedná se o úplně nový výrobek, kde technická příprava výroby je realizována na CNC strojích.

Ekonomické hodnocení je počítáno pomocí srovnatelné varianty, kdy se obecně pro výpočet ekonomických efektů technologie výroby uvažuje s technologií výroby na konvekčních strojích.

Hodnoty pro srovnávací variantu byly zadány výrobcem podvozku.

Výpočet je proveden pro ekonomický efekt stroje za předpokladu využití celé jeho kapacity pro řešený problém. Počet vyráběných dílů v seriové výrobě není znám. Pro výpočet efektivnosti CNC frézovacího centra oproti klasické technologii byl použit předpis hodnocení efektivnosti strojů (SZNR) požadovaný ČSB.

Předpokládá se, že v cílovém roce 1995 bude vyráběno 63 ks dopravních letadel nového typu. Z toho plyne výroba 63 garnitur nových podvozků.

Výrobcem zadané údaje pro výpočet ekonom. hodnocení  
-----

Počet garnitur ..... 63 ks

garnitura = přední podvozek a dva hlavní podvozky  
Pracnost jedné garnitury . . . . 2 800 Nh  
Cena jedné garnitury . . . . 550 000 Kčs

Při uvažování třísměnného provozu je nominální fond roven 6 240 Nh a efektivní fond 5 000 Nh.

Z praxe jsou ověřeny následující hodnoty úspor pracnosti oproti klasické technologii. Kapacitní úspory (vzestup výkonu) o 40 % a vřazením do dvoustrojové obsluhy se sníží výrobní náklady cca na 60 %.

Pro realizaci uvažovaných výkonů 5 000 Nh je potřeba díky kapacitním úsporám pouze 3000 Nh:

$$5\ 000 \times 0,6 = 3000\ Nh$$

Z toho plyne úspora 2000 Nh:  $5\ 000 - 3\ 000 = 2\ 000\ Nh$ .

Pro dva stroje je pak úspora  $2\ 000 + 2\ 000 = 4\ 000\ Nh$ .

Protože však počítáme s dvoustrojovou obsluhou dostáváme další úsporu:

$$3\ 000 \times 0,6 = 1\ 800\ Nh$$

Pro dva stroje je pak úspora tedy:

$$1\ 200 + 1\ 200 = 2\ 400\ Nh$$

Počítáme-li pro klasickou technologii pro dva stroje potřebu 10 000 Nh, pak při zavedení CNC technologie a dvoustrojové obsluhy dosáhneme úspory 6 400 Nh.

Výpočet nárůstu výroby zavedením CNC technologie:

Za rok se vyrobí 63 garnitur, což představuje 34 650 000 Kčs. Uspoří se 6 400 Nh a protože pracnost jedné garnitury je 2 800 Nh představuje úspora 6 400 Nh vyrobení 2,29 garnitur navíc v hodnotě 1 259 500 Kčs. Potom index růstu výkonů činí 1,036.

Pro přehlednost jsou ekonomické faktory seřazeny do tabulek:

T e x t	Hodnota
Jednorázové náklady z inv. prostř.	3000 tis.Kčs
Hodnota likvidovaných zákl.prostř.	400 tis.Kčs
Doba odpisování SZNR	10 let
Nákladová návratnost	6,23 let
Růst produktivity práce	3,65 %
Investiční nákl. na úsporu prac.	448,3 tis.Kčs

Nároky a účinky za rok	Souč. stav	Srovn. zákla- dna	Stav po realiza- ci	Změny SZNR	
				absol.	relat.
Výkony v tech. jed.	63	65,26	65,26	2,26	
Počet pracovníků	160	165,8	160	0	-5,8
Počet dělníků	103			0	
Počet výrobků	67			0	
Koef. směnnosti	1,4		2,9	1,5	
Výkony v tis. Kčs	34650	35897,4	35897,4	1247,4	
Spotřeba sur. a mat. v tis. Kčs	4680	4848,5	4848,5	168,5	0
Odpisy ZP celkem	4025	4167	4525	500	358
Mzdy a ost. odměny	6397	6627,3	6397	0	-230,3
Ostatní náklady	8699	9012	8500	-199	-512
Náklady celkem	23801	24654,8	23395,5	469,5	-417,3
Zisk	10849	11242,6	12501,9	777,9	417,3

## 7. ZÁVĚR

Závěrem bych chtěl shrnout výsledek své práce a ukázat výhody parametrického programování.

Zabýval jsem se programováním součástky KOVÁNÍ na frézovacím centru FCQV 63 NC. K programu jsem využil částečně programovacího jazyku APT a příkazů pro postprocesor FCQV 63 NC a částečně jsem program řešil pomocí parametrického programování. K parametrickému programování jsem přistoupil především z důvodu prostorové složitosti obráběné pasáže součásti KOVÁNÍ.

Do nedávna pro programování těles a jejich proniků bylo možné používat pouze výkonné počítače, vybavené např. jazykem APT, pomocí něhož se dráha naprogramovala na určitý rozměr nástroje. Proto nezbývalo než po přeostření nástroje zpracovat nový program pro tento konkrétní rozměr nástroje.

Při parametrickém programování toto odpadá, neboť parametrický program po zadání rozměrů nástroje, které se snadno zjistí na seřizovacím přístroji, je okamžitě schopen práce. Toto je hlavní a obrovská výhoda při použití parametrického programování.

Další nezanedbatelnou výhodou parametrického programování je to, že programátor zpracovává vlastně obecný program do něhož se pouze dosadí příslušné hodnoty. Při změně rozměru součásti, což se zvláště v letecké výrobě občas stává, se pak nemusí vypracovávat nový program.

Díky těmto výhodám si myslím, že se tento způsob programování obráběcích strojů bude stále více rozšiřovat.



## 8. SEZNAM PŘÍLOH

č.1 Výkres č. 2 - KOM - OM - 566 - 00 - 01

č.2 Výkres č. 2 - KOM - OM - 566 - 00 - 02

č.3 Výrobní postup

č.4 Program

## 9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- /1/ Vlach, B.: Technologie obrábění na číslicově řízených strojích.  
2.vydání. Praha, SNTL - Alfa 1982
- /2/ Žebráková, I.: Racionalizace TPV s využitím APT pro FCQV 63 NC /Diplomová práce/  
Liberec 1987.VŠST. Fakulta strojní
- /3/ Chepos, GR: Specifikace jazyka APT. Brno 1977
- /4/ TOS Kuřim: FCQV 63 NC, stolová frézka svislá s automatickou výměnou nástrojů
- /5/ TM Semily: SINUMERIK 6 M - B s indikací na displeji, návod na programování. 1984

## PODĚKOVÁNÍ

Závěrem bych rád poděloval všem, kteří mi byli nápomocni při řešení zadaného úkolu. Zvláště děkuji Ing. Pokornému na metodické vedení při zpracování diplomové práce. Děkuji rovněž pracovníkům n.p. Technometra závod Semily, zejména Ing. Kubíčkoví a Ing. Švitorkovi, kteří mi pomohli řešit úkoly, týkající se diplomové práce.



