



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ

MANUAL PROGRAMMING OF CNC MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MICHAL STRÁNSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV PÍŠKA, CSc.

BRNO 2011

ABSTRAKT

Téma bakalářské práce je zaměřeno na ruční programování CNC strojů. Práce je rozdělena do čtyř částí. První část je zaměřena na téma historie a úvod do programování CNC strojů. Druhá část se zabývá ručním programováním CNC a jeho místem ve výrobní praxi a třetí část je zaměřena na možnosti automatizace ručního programování. V poslední části je vyhotovený program v řídicím systému SINUMERIK 840D.

Klíčová slova

CNC stroj, programování, kód ISO, dílensky orientované programování, řídicí systém SINUMERIK, soustružení

ABSTRACT

Theme of my bachelor thesis is focused on the manual programming of CNC machines. The thesis is divided into 4 parts. First part is focused on the history and introduction of programming of CNC machines. Second part explains manual programming of CNC and its place in manufacture process. The third part is focused on a automatization of manual programming works. Last part of the bachelor thesis contains a program made with the SINUMERIK 840D control system.

Key words

CNC machine, programming, ISO code, workshop oriented programming control system SINUMERIK, turning

Bibliografická citace mé práce:

STRÁNSKÝ, M. *Ruční programování CNC strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 42 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Ruční programování CNC stroj vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

24.5.2011

.....

Michal Stránský

Poděkování

Děkuji tímto prof. Ing. Miroslavu Píškovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
Úvod	8
1 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ	9
1.1 Historie	9
1.2 Úvod do CNC programování	10
1.2.1 Tvorba programu	12
1.2.2 Struktura programu	13
1.2.3 Rozměrová slova.....	14
1.2.4 Bezrozměrová slova.....	15
1.2.5 Formát vět.....	21
1.2.6 Obsah programu	21
2 RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ, MÍSTO VE VÝROBNÍ PRAXI	24
2.1 Ruční programování	24
2.2 Místo ve výrobní praxi	27
3 AUTOMATIZACE A NADSTAVBA PROGRAMOVÁNÍ	29
3.1 CAD/CAM systém.....	29
3.1.1 Tvorba programu pomocí CAD/CAM systému	29
3.1.2 Využití CAD/CAM systému v praxi	30
3.2 Dílensky orientované programování	30
3.2.1 Tvorba programu pomocí dílensky orientovaného programování	30
3.3 Konturové programování.....	31
4 APLIKACE CNC OBRÁBĚNÍ NA SOUČASTI HŘÍDEL	32
4.1 Soustružení.....	32
4.2 Určení řezných podmínek během obrábění	36
Závěr	38
Seznam použitých zdrojů	39
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	41
Seznam příloh	42

ÚVOD

V této době jsou kladeny vysoké nároky na geometrickou a rozměrovou přesnost a kvalitu vyráběných součástí za předpokladu co největší produktivity a co nejnižších nákladů. Aby tohoto bylo dosaženo, jsou nahrazovány zastaralé jednoúčelové stroje řízené pomocí tzv. tvrdé automatizace (šablony, narážky, vačky) za moderní stroje řízené pomocí tzv. pružné automatizace. Do této skupiny se řadí například NC a CNC stroje. Tyto stroje se stále více uplatňují v malosériové, sériové, ale i hromadné výrobě, a to díky klesajícím cenám hardwaru a zvyšujícím se kvalitám konstrukce CNC strojů a jejich řídicích systémů.

Pomocí vyspělých řídicích systémů se vytvářejí stále dokonalejší programy na výrobu součástí, které lze lehce upravit pro použití na tvarově podobné součásti pomocí podprogramu.

Současné stroje se programují jak za pomocí ISO kódu, dílenského programování, tak i v CAD/CAM systému.

Programy se vytvářejí přímo na stroji, ale i na jiných počítačích vybavených požadovaným softwarem a hardwarem. K přenosu programu mezi počítačem a strojem se používají diskety, interní podniková síť nebo přímé propojení počítače a CNC stroje pomocí kabelu.

Díky zdokonalení softwaru řídicích systémů jsou kladeny menší nároky na vlastní znalosti programovacího jazyka v původním formátu kódu DIN 66025. Současně s tím stoupají nároky na software řídicích systémů

1 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ

1.1 *Historie*

První řízení strojů bylo pomocí tzv. „tvrdé automatizace“, u těchto strojů se využívají hydraulické, pneumatické a elektrické narážkové systémy, dorazy, vačky nebo kopírování tvaru pomocí šablony. Tyto mechanismy se využívají především u automatických výrobních linek a u jednoúčelových stavebnicových strojů. Tyto stroje a linky jsou určeny především pro velkosériovou a hromadnou výrobu a to nejen díky své vysoké počáteční ceně, ale i poměrně vysokým nákladům vznikajících při změně výrobku. Později byla vyvinuta tzv. „pružná automatizace“ (NC/CNC stroje).

Vývoj automatizace pomocí číslicově řízených strojů byl limitován rozsahem znalostí, techniky a technologie. Velký rozvoj zaznamenala pružná automatizace během 2. světové války a po ní. V roce 1940 aplikoval elektronické systémy do mechanické automatizace Američan John T. Parsons. V této době se začínají rozvíjet dva směry: NC programovatelné řízení a kopírovací stroje. K urychlení vývoje strojů s pružnou automatizací přispěl i fakt, že výrobci vojenské techniky požadovali, aby dodavatelé díly vyráběli na automatizovaných strojích.[2]

První NC stroj byl sestaven díky rozvoji počítačové techniky roku 1952 v Massachusetts Institute of Technology (MIT). Do Evropy se první NC stroje dostávají mezi lety 1956 až 1958.[2]

NC stroj vykonává příkazy uložené na děrném štítku, děrné pásce nebo na magnetické pásce. Tyto stroje se využívaly především pro tvarově složité součásti při odpovídající se opakovatelnosti.

I přesto, že v některých dílnách nebo továrnách je ještě můžeme najít. S nástupem mikroprocesorů vznikají první CNC stroje. Ty umožňují již tvorbu NC programů i grafickou simulaci obrábění přímo na stroji. Díky vysokému výpočetnímu výkonu mohou být vybaveny systémy pro optimalizaci obráběcího procesu, automatickým odměřováním obrobku, diagnostikou

systému i stroje. Rychlý rozvoj CNC strojů umožnilo i snížení cen počítačů.[2,8]

1.2 Úvod do CNC programování

Program lze sestavit:

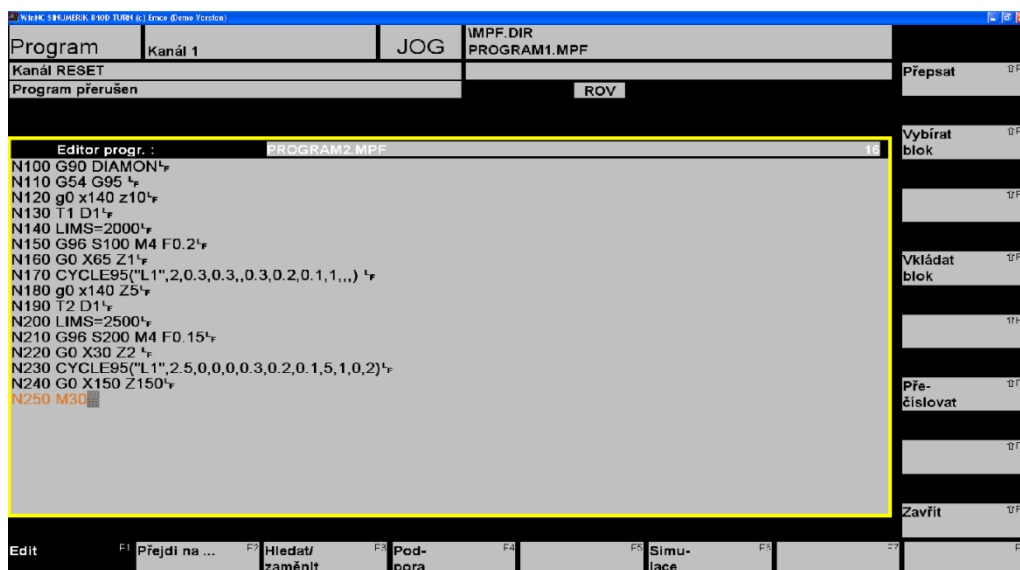
- ručním zapisováním G-kódů do ISO programu,
- ručním zapisováním v dialogovém režimu,
- automatickým vygenerováním programu pomocí CAD/CAM a dalších post-procesorů.

Ruční programování

Programátor sestavuje program zapisováním ISO kódu do textového editoru za pomoci výrobního výkresu.

ISO kód (DIN 66025, PN-73m-55256, PN-93/M-55251, G-kód) byl vyvinut společností EIA počátkem šedesátých let 20. století a konečná verze byla schválena v únoru 1980.[3]

U ISO kódu je možno zadávat jednotlivé bloky s funkcemi a souřadnicemi. Tato tvorba bloků je zpravidla doplněna i grafickou nadstavbou pro podporu zápisu cyklů. Jedná se o nejjednodušší systém.



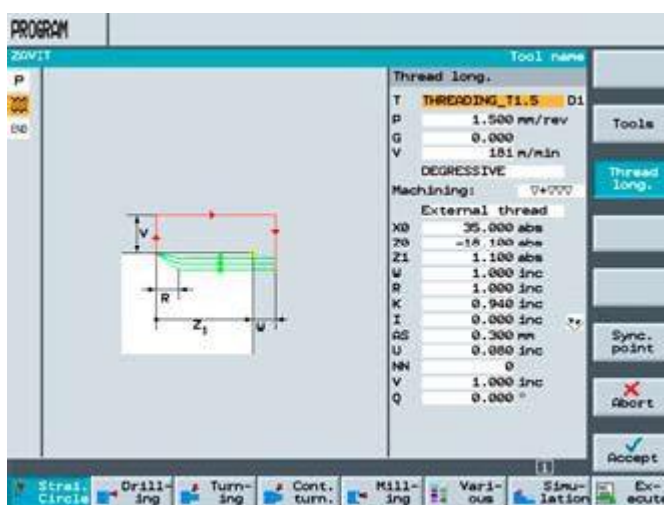
Obr. 1.1 Ruční programování – SINUMERIK 840 TURN.

Programování v dialogovém režimu a pomocí CAD/CAM

Program je vytvořen pomocí softwaru. Programátor již nemusí zadávat program pomocí ISO kódu, ale zadává instrukce, které slouží k vygenerování programu. Díky tomu programátor nemusí již detailně znát ISO kód, ale musí ovládat požadovaný software. I tento vygenerovaný program lze upravovat pomocí ručního programování.

Programování v dialogovém kódu

Programátor nezapisuje ručně ISO kód, ale využívá předdefinovaných jednoduchých zkratk a grafických znázornění, které jsou umístěny do tabulek. Tento způsob je přehlednější než ruční programování, ale požaduje patřičný software.



Obr. 1.2 Dílensky orientované programování – ShopTurn. [7]

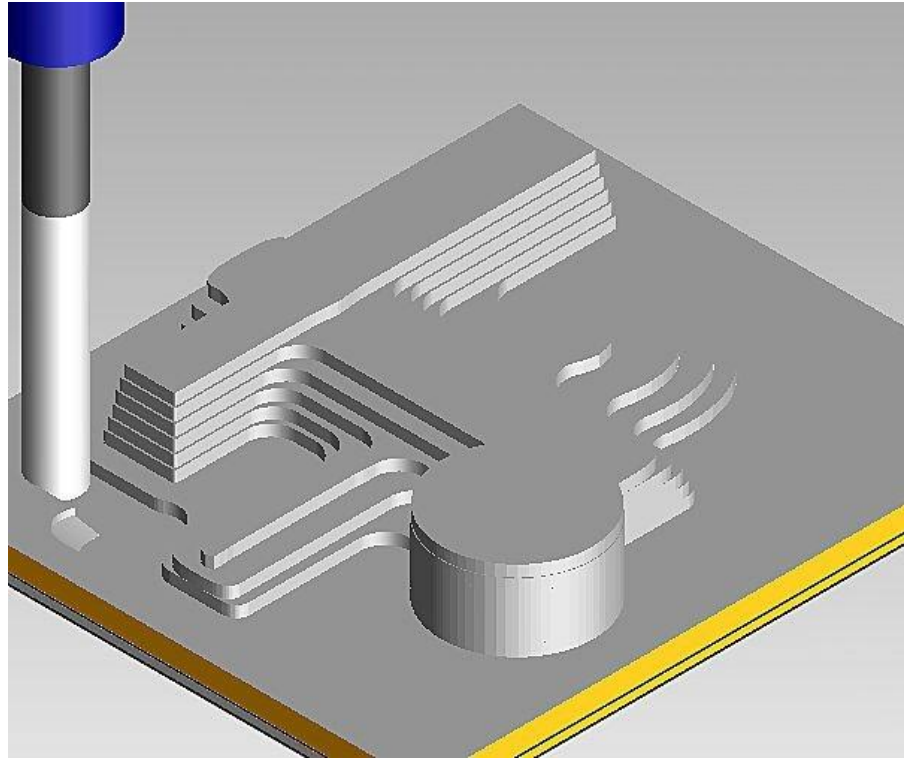
Programování pomocí systému CAD/CAM

Jako první se začal využívat systém CAD/CAM ve velkých společnostech podnikajících v leteckém nebo automobilovém průmyslu.

Realizují vyšší stupeň počítačové podpory, než je tomu u ručního programování. Programátor vytvoří výkres nebo model v CAD systému, který poté zpracuje modul CAM. Cykly, dráhy nástrojů, výměnu nástrojů atd.

vygeneruje software pomocí zadaných příkazů a převzaté kontury výkresu (2D) nebo kontury modelu (3D).[8]

V této době se CAD/CAM systémem zabývají firmy: solidCAM, AutoCont, Daxis, atd...



Obr. 1.3 CAD/CAM software.[16]

1.2.1 Tvorba programu

Postup:

- prostudování výrobního výkresu a na jeho základě zvolení způsobu upnutí polotovaru a použité nářadí,
- spočítání souřadnic přechodových bodů křivosti a upravení výkresu pro zamýšlený způsob programování:
 - kótování od základny pro absolutní programování,
 - řetězcové kótování pro přírůstkové programování,
 - smíšené kótování pro programování oběma typy programování,
- vyznačení význačných bodů na výkrese (nulový bod obrobku, atd.),
- zvolení řezných podmínek pro jednotlivé operace (otáčky, rychlost posuvu, atd.),
- sestavení postupu operací,

- sestavení programového listu s daty převedenými do programovacího kódu,
- simulace a ověření programu na stroji. [4]

1.2.2 Struktura programu

Program je sestaven z jednotlivých bloků (vět nebo řádků) obsahující slova, které jsou strojem převáděny na impulzy elektrického proudu nebo na další výstupní signály pro ovládání servomotoru nebo dalších částí stroje (roztočení vřetene, zapnutí nebo vypnutí vnějšího okruhu chlazení).

Doporučené pořadí adres jednotlivých slov ve větě je:

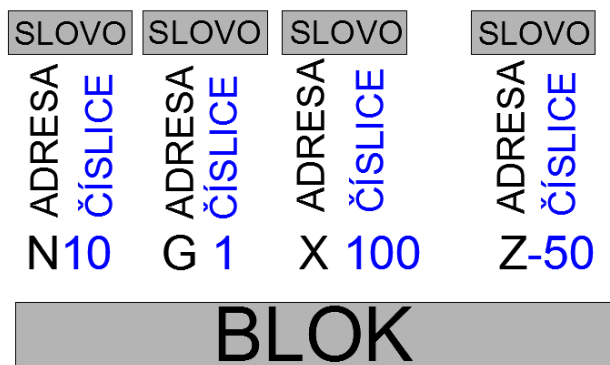
N G (M) X Y Z F S T D. Kde N je označení věty, G přípravné funkce, M pomocné funkce, X, Y, Z, F, S jsou rozměrové funkce, T a D nástrojové funkce. Délka věty je proměnná, protože nemusí obsahovat všechna slova. [8,12]

V jednom bloku (větě) nesmí být použito více G-funkcí ze stejné skupiny (například G0 polohování rychloposuvem a současně G1 polohování strojním posuvem).

Slova

Jsou složeny ze dvou částí:

- adresová část slova,
- významová část slova.



Obr. 1.4 Stavba bloku. [7]

1.2.3 Rozměrová slova

Mají významovou část tvořenou číslem, které označuje nějakou fyzikální veličinu:

- adresy X, Y, Z: Označují body kontury obrobku v osách. Vzdálenost je vyjádřena konkrétní číselnou hodnotou,
- adresa F: slouží k zadávání rychlost posuvu,
- adresa S: slouží k zadávání otáček obrobku nebo nástroje.

Příklad rozměrové funkce:

S1200, kde S je adresová část slova označující otáčky, 1200 je významová část slova označující počet otáček za minutu.

Tab. 1.1 Rozměrová slova a nejpoužívanější adresy [11, 8]

Význam nejpoužívanějších adres	
symbol	popis
X,Y,Z	Základní osy souřadného systému
A,B,C	Rotace kolem základních os
I,J,K	Parametry interpolace nebo stoupání závitů ve směru os
R	Poloměr oblouku/volitelný parametr podprogramu
P	Volitelný parametr podprogramu
T	Výběr nástroje
F	Rychlost posuvu
S	Otáčky vřetene/konstantní řezná rychlost
N	Číslo řádku
D	Paměť korekce nástroje
L	Volání podprogramu
G	Přípravná geometrická funkce
M	Přídavná pomocná strojní funkce
P,Q,R	Pohyb paralelně podél základní os
U,V,W	Druhý pohyb paralelně podél základní os

1.2.4 Bezrozměrová slova

Mají významovou část slova tvořenou jednociferným nebo víceciferným číslem, které označuje konkrétní funkci ze skupiny funkcí dané adresou.

Přípravná funkce G

G-funkce rozlišujeme na modální a nemoďální funkce. Modální funkce znamená, že pokud je v programu vyvolaná tak platí po celou část programu až do jeho konce nebo do doby ukončení funkce, či zvolení jiné funkce ze stejné skupiny (např. na začátku programu zvolíme funkci G90 – absolutní programování, a ta platí do ukončení programu nebo do volby funkce G91 – přírůstkové programování). Nemoďální G-funkce ovlivňuje pouze řádek, ve kterém se vyskytuje. Následující řádky neovlivňuje (G9 – přesné najetí). [12]

Tab. 1.2 Bezrozměrná slova obsahující adresu G – přípravná funkce
SINUMURIK 840D [11]

G- kód	Popis
G0	Rychloposuvy
G1	Strojní posuvy
G2	Kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček
G3	Kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček
CIP	Kruhová interpolace přes mezibod
G4	Časová prodleva
G9	Přesné najetí
G17	Interpolační rovina X-Y
G18	Interpolační rovina X-Z
G19	Interpolační rovina Y-Z
G25	Ohraničení minimálního pracovního pole, ohraničení počtu otáček
G26	Ohraničení maximálního pracovního pole, ohraničení počtu otáček
G33	Řezání závitů – konstantní rozteč
G331	Vrtání závitu

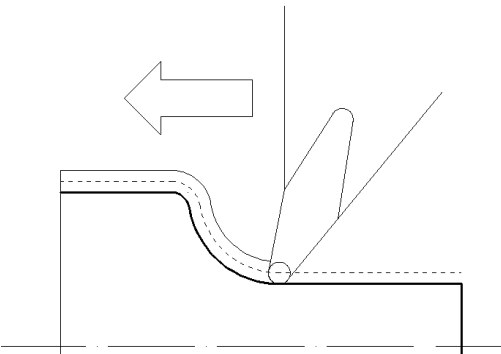
G332	Zpětný pohyb při vrtání závit
G40	Vypnout kompenzaci poloměru nástroje
G41	Zapnout kompenzaci poloměru nástroje vlevo
G42	Zapnout kompenzaci poloměru nástroje vpravo
G53	Zrušení nastavitelného posunutí nulového bodu – působí v jedné větě
G54-G57	Nastavitelné posunutí nulového bodu
G500	Zrušení nastavitelného posunutí nulového bodu
G505-G599	Nastavitelná posunutí nulového bodu
G60	Zpomalení rychlosti, přesné najetí
G601	Hrubování rádiusu vydutého
G602	Hrubování rádiusu vypuklého
G603	Znovu zapnout, je-li dosaženo požadované hodnoty
G63	Řezání závitu bez synchronizace
G64	Režim řízení dráhy
G641	Režim řízení dráhy s programovaným přejezdem
G70	Programování v palcích
G71	Programování v mm
G90	Absolutní programování
G91	Přírůstkové programování
G92	Omezení otáček
G94	Posuv v jednotkách mm/min nebo Inch/min
G95	Posuv v jednotkách mm/ot nebo Inch/mm
G96	Konstantní řezná rychlost
G97	Zrušení konstantní řezné rychlosti
G110	Programování v polárních souřadnicích relativně
G111	Programování v polárních souřadnicích absolutně
G112	Programování v polárních souřadnicích, vztažených k poslednímu platnému pólu
G140	Měkké najetí a odjetí
G141	Najetí, popř. Odjetí zleva
G142	Najetí, popř. Odjetí zprava
G143	Směr najetí (odjetí) v závislosti na poloze bodu ke směru tangenty

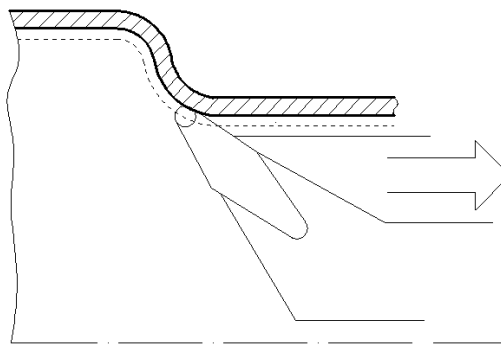
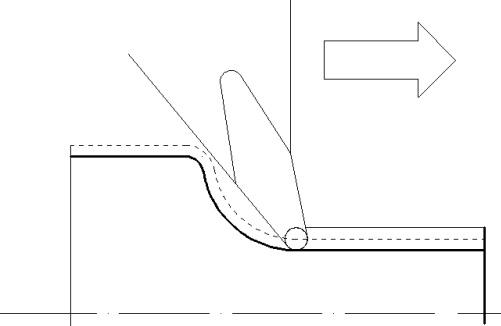
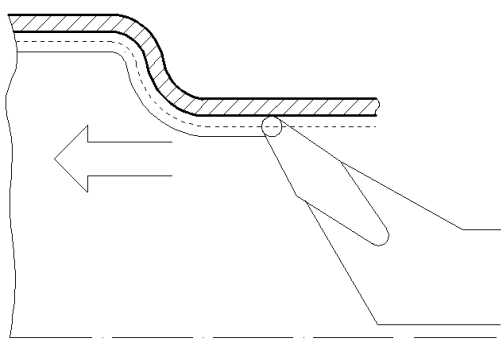
G147	Najetí po přímce
G148	Odjetí po přímce
G247	Najetí po čtvrtkružnici
G248	Odjetí po čtvrtkružnici
G340	Prostorové odjetí a najetí (základní nastavení)
G341	Najetí a odjetí v rovině
G347	Najetí po půlkružnici
G348	Odjetí po půlkružnici
G450	Najetí na konturu a odjetí
G451	Najetí na konturu a odjetí

Významy G-kódu se mohou lišit podle výrobce řídicího systému. Standardizována verze G-kódu (BLC) se používá jen na několika strojích. Někteří výrobci se snaží odstranit problémy s kompatibilitou, standardizací na řídicí systém vyvinutý společností FANUC, která má dominantní postavení na trhu.[3]

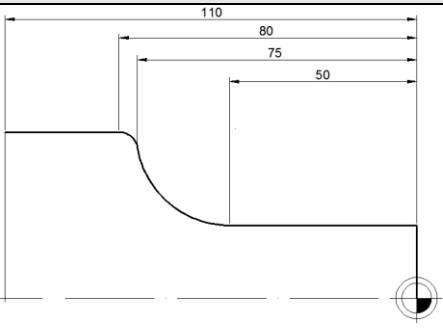
Některé funkce jsou vysvětleny v následujících tabulkách 1.3, 1.4 a 1.5

Tab. 1.3 Využívání korekce rádiusů nástroje při soustružení

Korekce rádiusů nástroje		
G-kód	Popis	Grafické znázornění
G41	Obrábění vnější plochy	

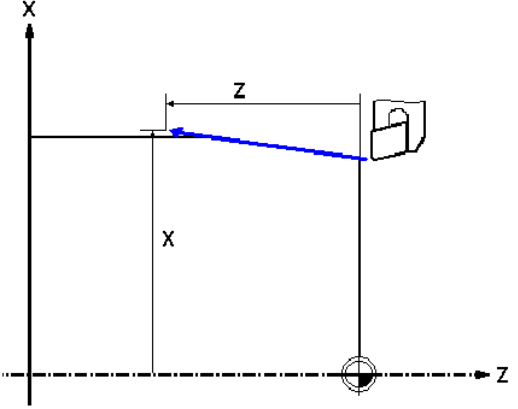
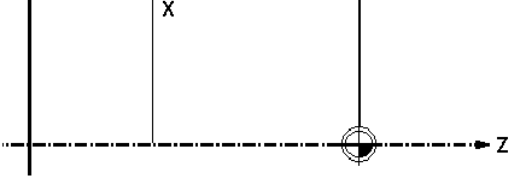
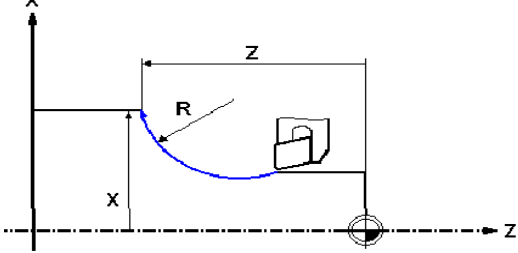
G41	Obrábění vnitřní plochy	
G42	Obrábění vnější plochy	
G42	Obrábění vnitřní plochy	

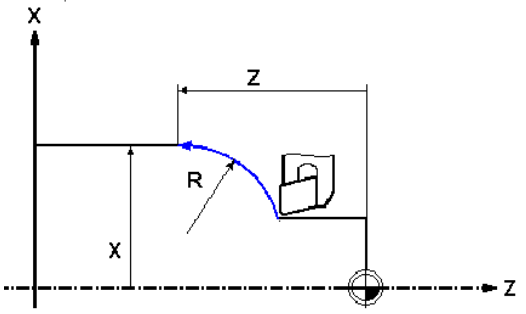
Tab. 1.4 Absolutní a přírůstkové (inkrementální) programování

Způsoby programování		
G-kód	Popis	Grafické znázornění
G90	Absolutní programování Všechny souřadnice bodů vychází z počátku souřadného systému	

G91	Inkrementální (přírůstkové) programování Souřadnice bodu se vztahují k předcházejícímu bodu.	
-----	---	--

Tab. 1.5 názorný výběr G-kódů. [11]

Způsoby programování		
G-kód	Popis	Grafické znázornění
G1	přímková interpolace pracovním posuvem	
G0	přímková interpolace rychloposuvem	
G2	Kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček Zadávání G02 : - koncovým bodem a středem kružnice - koncovým bodem a poloměrem kružnice - koncovým bodem nebo středem kružnice a úhlem rozevření - mezibodem a koncovým bodem - polárními souřadnicemi koncového bodu	

G3	<p>Kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček</p> <p>Zadávání G02 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - koncovým bodem a středem kružnice - koncovým bodem a poloměrem kružnice - koncovým bodem nebo středem kružnice a úhlem rozevření - mezibodem a koncovým bodem - polámkami - souřadnicemi koncového bodu 	
----	--	--

Pomocné (strojní) funkce M

Funkce M ovlivňuje většinou technologii výroby. Využívá se k přerušení nebo ukončení hlavního programu, podprogramu a partprogramu.

Tab. 1.6 Bezrozměrná slova obsahující adresu M – Pomocné (strojní) funkce SINUMURIK 840D [11]

M-kód	význam
M0	programový stop
M1	volitelný stop
M2	ukončení partprogramu
M3	vřeteno ZAP ve směru hod. ručiček
M4	vřeteno ZAP proti směru hod. ručiček
M5	vřeteno VYP
M8	chlazení ZAP
M9	chlazení VYP
M17	konec podprogramu
M30	konec hlavního programu

Některé z uvedených písmen abecedy jsou pro výrobce řídicího systému závazné (G, M, X, Y, Z....), některé doporučené (P, R, D...). Zbývající písmena abecedy používají výrobci řídicích systémů podle vlastností daného stroje, pro který je program použit.[8]

Nástrojové funkce:

- funkce T: zadává číslo nástroje, který je na základě příkazu M6 zařazen do polohy vhodné pro obrábění,
- funkce D: přiřazuje ke zvolenému nástroji požadovanou korekci nástroje. [12]

1.2.5 Formát vět

Podle způsobu zapisování věty můžeme rozdělit věty s pevnou (konstantní) délkou a věty s pružnou délkou.

U řídicích systému požadující věty s pevnou délkou, se musí do každého řádku zapisovat všechny potřebné příkazy. [4]

Příklad formátu s pevnou délkou věty:

```
N10 G01 X25 Z-25
```

```
N20 G01 X25 Z-35
```

U formátu s proměnou délkou věty není nutné zapisovat všechny příkazy. Zapisují se pouze měnící se příkazy. Zbylé příkazy načte řídicí systém z paměti slov, které byly použity v předchozích řádcích. [4]

Příklad formátu s pružnou délkou věty:

```
N10 G01 X25 Z-25
```

```
N20 Z-35
```

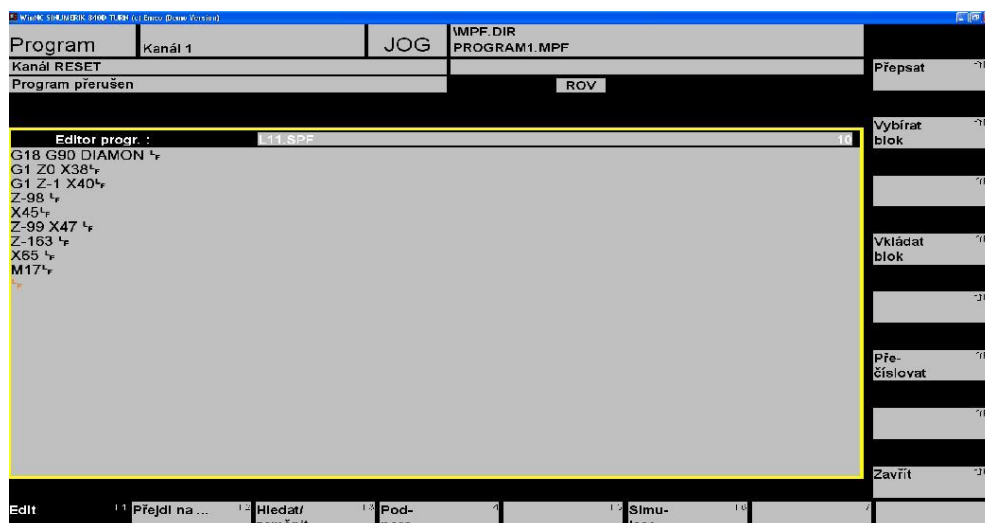
1.2.6 Obsah programu

Hlavní program začíná většinou symbolem „%“ za nímž následuje číslo programu, toto uspořádání platí pro většinu řídicích systémů. Vlastní program

je složen kódy, které obsahují funkce pro dráhu nástroje - G kódy (způsob pohybu nástroje, dráhu nástroje,...) a pomocné funkce - M kódy (směr otáčení vřetena, výměna nástroje, konec programu...), podprogramy a cykly.[8]

Podprogram

Je to část programu, která se může v hlavním programu vícekrát opakovat nebo je použita ve více programech současně. Je to samostatně existující část programového kódu, která je volána hlavním programem nebo podprogramem. Musí být ukončen příkazem M17, který navrací řízení do programu odkud byl volán.



Obr. 1.5 Podprogram kontury součásti - SINUMERIK 840 TURN.

Cyklus

Je to podprogram pevně stanovený výrobcem řídicích systému. Cykly ulehčují vlastní tvorbu programu.

Tab. 1.7 cykly SINUMERIK 840D [11]

Vrtací cykly	Popis
CYKLE95	Cyklus k odstranění třísky paralelně s libovolným obrysem součásti.
CYCLE 81	Vrtání, navrtávání

CYCLE 82	Vrtání, čelní zahloubení
CYCLE 83	Vrtání s výplachem
CYCLE 83E	Vrtání s výplachem- zjednodušené
CYCLE 84	Řezání závitu závitníkem bez délkové kompenzace
CYCLE 84E	Řezání závitu závitníkem bez délkové kompenzace
CYCLE 840	Řezání závitu závitníkem s délkovou kompenzací
CYCLE 85 – CYCLE 89	Vyvrtávací cyklus
Soustružnické cykly	Popis
CYCLE 93	Zapichovací cyklus
CYCLE 94	Cyklus odlehčovacího zápichu
CYCLE 95	Hrubovací cyklus
CYCLE 96	Cyklus zápichu za závitem
CYCLE 97	Cyklus řezání závitů
CYCLE 98	Cyklus řetězení závitů

Tab. 1.8 Cyklus CYCLE95

Označení	Popis	Grafické znázornění
CYCLE95	Hrubovací cyklus Podle volby: -hrubování -načisto -hrubování + načisto	

2 RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ, MÍSTO VE VÝROBNÍ PRAXI

2.1 *Ruční programování*

Základem ručního programování je znalost jazyka, ve kterém se program vytváří. Většina výrobců spíše používá ISO-kódy vytvořené společností FANUC. Ale i přes tento fakt jsou některé G-kódy, M-funkce a adresy různých výrobců odlišné. Proto je důležité, aby programátor nebo obsluha byla dobře obeznámena s programovacím jazykem a jeho specifikacemi. Mezi nejvýznamnější výrobce řídicích softwarů patří společnosti FANUC, SINUMERIC, HEIDENHAIM, a MAZAC s jazykem mazatrol.

K vytváření programu se využívá textového editoru, do kterého se zapisují vytvořené věty, a celý program se poté přenesení do stroje. Starosti o redukci množství řádků vlastního programu odpadly s nástupem výkonnějšího hardwaru strojů. Dřívější stroje, které nebyly tak hardwarově a softwarově výkonné jako ty dnes a měly problémy se zpracováním více řádků dopředu, proto docházelo k přerušování plynulého chodu nástroje a to je v některých situacích nežádoucí. [3, 8]

Simulace

Pro kontrolu vytvořeného programu se využívá simulace, díky které získáváme důležité informace ovlivňující kvalitu budoucího programu.

Při simulaci programu máme možnost vidět teoretický postup při obrábění a tím zamezit chybám, které by mohly vážně poškodit stroj, výrobek nebo nástroj.

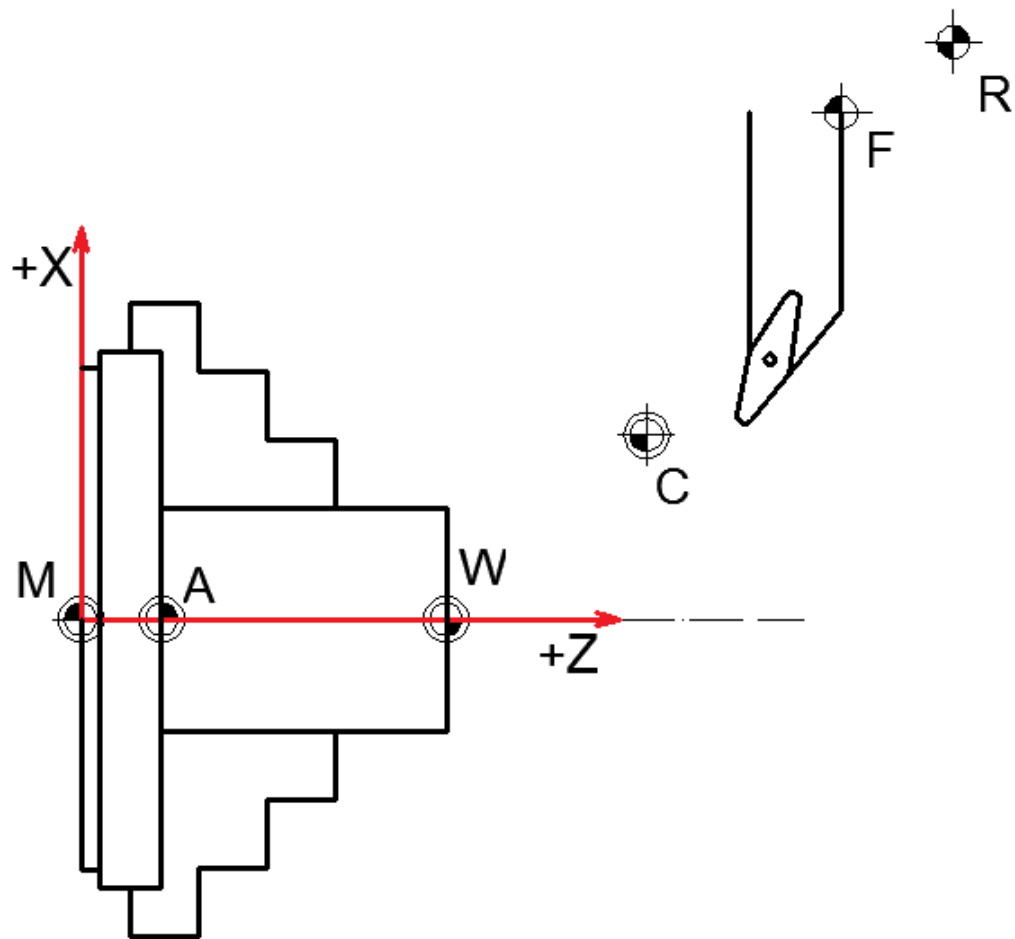
Každý takto vytvořený a odsimulovaný program se poté přenesení do stroje, kde dochází k jeho doladování. Až po té je program způsobilý pro výrobu. Tento postup se uplatňuje spíše pro výrobu více kusů.



Obr. 2.1 Simulace programu - SINUMERIK 840 TURN

Vztažné body stroje

Při ručním programování je důležitá znalost vztažných bodů stroje. Každý stroj má pevný vztažný systém určený od výrobce. Uživatel může pro obrobek zvolit vlastní vztažný systém: řídicí systém zná počátek a polohu tohoto vztažného systému vzhledem ke strojnímu vztažnému systému. Proto může řídicí systém správně přenášet údaje o poloze z NC-programu na obrobek. [10, 8]



Obr. 2.1 Vztažné body – soustruh. [7]

Vztažné body soustruhu:

- nulový bod stroje M : Pevný bod, jehož polohu nelze měnit. Je dán při stavbě stroje,
- dorazový bod A : bod, na který dosedá součást. Je volen programátorem nebo technologem,
- nulový bod obrobku W : pozici nulového bodu stanovuje programátor.
- výchozí bod programu C : jeho poloha je stanovena programátorem.
- nulový bod nástroje F : na středu držáku nástroje. K tomuto bodu jsou umístěny všechny korekce nástroje,

- referenční bod R: dochází k přesnému sladění polohy nástroje s odměřovacím systémem.[7]

Vztažné body obrobku

Před přípravou obráběcího programu se definuje pro obrobek vztažný bod, k němuž se budou vztahovat souřadnicové údaje. Poté se v obráběcím programu definuje obrys obrobku pomocí dráhových funkcí a souřadnic.[10]

2.2 Místo ve výrobní praxi

Ve výrobní praxi se ruční programování používá spíše okrajově. Důvodem jsou časové nároky na vytvoření programu pro složité součásti a nutná dobrá znalost programovacího jazyka řídicího systému stroje, na kterém se součást vyrábí. Složité geometrické tvary kladou také vysoké nároky na matematické schopnosti programátora. Pro usnadnění ruční tvorby programu je možno zadávat přípravné funkce v různých modifikacích (viz tab. 1.5).

U tvorby většiny programů se využívá absolutní programování, a to pro jeho jednoduchost a přehlednost. Přírůstkové programování se užívá především na NC strojích, které jsou řízeny pomocí děrných štítků.

Ve výrobní praxi se s ručním programováním můžeme setkat při tvorbě programů tvarově jednodušších součástí nebo při nutnosti vytvořit program přímo na stroji kde bude součást vyráběna.

Další využití znalostí ručního programování ve výrobní praxi je při úpravě programů vytvořených v systému CAD/CAM nebo v dialogovém režimu.

Program může být vytvářen:

- a) na stroji (obr. 2.1),
- b) na počítači (obr. 2.2).

Vytváření programu na stroji

Programování na stroji se provádí výjimečně v případech jednoduchých programů. Program se vytváří především v době, kdy stroj pracuje, aby

nedocházelo k prostojům. O tvorbu programu se stará většinou kvalifikovaný pracovník.



Obr. 2.1 Ovládací panel SINUMERIK 840D. [14]

Vytváření programu na počítači

Tento způsob je ve výrobní praxi rozšířenější. K vlastní tvorbě programu se využívá počítač, který je opatřen příslušným softwarem řídicího systému.

Výhoda spočívá v ekonomii provozu. Náklady na stroj, který by během programování nevyroběl, jsou vyšší jak na PC se softwarem. Další výhodou je možnost tvorby programů na více CNC strojů.



Obr. 2.2 Vytváření programu na PC. [15]

3 AUTOMATIZACE A NADSTAVBA PROGRAMOVÁNÍ

3.1 CAD/CAM systém

CAD = *Computer Aided Design* (počítačem podporované navrhování)

CAM = *Computer Aided Manufacturing* (počítačem řízená výroba)

Systémy CAD/CAM jsou dnes hlavním podpůrným prostředkem pro oblast programování CNC strojů. Jejich velkou předností je značná úspora času při generování drah nástroje oproti klasickému programování, zejména u komplikovaných tvarů součástí.[8]

3.1.1 Tvorba programu pomocí CAD/CAM systému

Většina výrobních etap tvoření programů probíhá mimo stroj. Pouze vlastní výroba probíhá na stroji.

Vlastní tvorba programu probíhá ve 4 krocích:

- 1) vytvoření modelu součásti pomocí CAD software. Vytvoří se jak 2D model pro tvorbu drah nástroje tak i 3D model pro simulaci obrábění,
- 2) volba nástrojů (tvar a rozměry) a bod výměny nástroje,
- 3) „podmínky vlastního obrábění:
 - strategie obrábění daného operačního úseku vázaný na jeden nástroj
 - poloha obrábění vůči kontuře (G41, G42),
 - způsob obrábění (podél kontury, lineárně atd.),
 - chlazení a mazání nástroje,
 - případně další (ochrana proti možné kolizi s držákem nástroje atd.)“ [8]
- 4) vytvoření CL dat pro odsimulování programu pro kontrolu proti kolizím a neobrobeným nebo podřezaným místům plochy,
- 5) přenos programu z CAD/CAM softwaru pomocí postprocesoru do NC stroje a následná výroba součástí. Jedná se o překlad INC souborů (vygenerované dráhy nástroje) do řeči srozumitelné příslušnému řídicímu systému.[8]

3.1.2 Využití CAD/CAM systému v praxi

Silná konkurence na trhu nutí výrobce vyvíjet takové součástky, které by splňovaly stále náročnější požadavky zákazníků. Těmto požadavkům lze vyhovět pomocí výkonných 3D CAD/CAM systému.

Využití CAD/CAM systému je nutné především pro jeho jednoduchost a schopnost vytvořit program rychle a kvalitně. V této době se rozvíjí dva směry CAD/CAM systému:

- a) systém plně automatizovaný: Model vytvořený v CAD systému je načten do CAM systému, kde se pomocí databáze vytvoří vlastní program bez zásahu lidského faktoru.
- b) systém využívající znalostí technologa: Model vytvořený v CAD systému je převeden do CAM systému, ve kterém technolog vytvoří program pomocí CAM systému. [9]

3.2 *Dílensky orientované programování*

3.2.1 Tvorba programu pomocí dílensky orientovaného programování

Dílensky orientované programování (WOP) je vhodné použít pro kusovou a malosériovou výrobu. Je to propracovanější podoba ISO programování

Při vlastní tvorbě programu využíváme grafické podpory. Ta je součástí řídicího systému což umožňuje vytvoření programu i pro poměrně tvarově složitou součást. Po dokončení obrysu pomocí grafické podpory řídicí systém vytvoří G-kód který lze dále upravovat.

Vlastnosti dílenského programování:

- způsob programování nezávisí na technologii obrábění,
- totožný postup tvorby programu v dílně a na externím pracovišti,
- programování s přímým vstupem do stroje s grafickou podporou,
- tvorba geometrie obrobku je nezávislá na technologii obrábění,

- možnost program opakovaně editovat ve WOP,
- možnost ručně upravovat program vytvořený ve WOP
- součást lze programovat i během obrábění a to díky výkonnému hardwaru CNC strojů
- interaktivní programování při využití grafické podpory
- možnost dynamické simulace jednotlivých bloků
- schopnost přebírání dat z jiných grafických systémů
- návaznost na vyšší úroveň řízení. [5,8,12]

3.3 Konturové programování

Často se programátoři setkávají s výkresy, kde konstruktér nezakótoval důležité body, které jsou nutné pro programování. Jedná se především o průsečíky, tečné body dvou křivek nebo přímek. Pokud jdou přímky rovnoběžně s osou tak lze tyto body lehce vypočítat z výkresů. Ale pokud jsou mimoběžné s osou, nebo se jedná o kruhové oblouky, které netvoří celý kvadrant, lze body vypočítat jen pomocí složitých výpočtů.

Těmto složitým výpočtům se lze vyhnout za použití softwarového řešení, které umožňuje zadání různých způsobů spojení křivek a přímek (tečné spojení, spojení pod úhlem, spojení sražením, spojení obloukem, atd.). [8]

4 APLIKACE CNC OBRÁBĚNÍ NA SOUČÁSTI HŘÍDEL

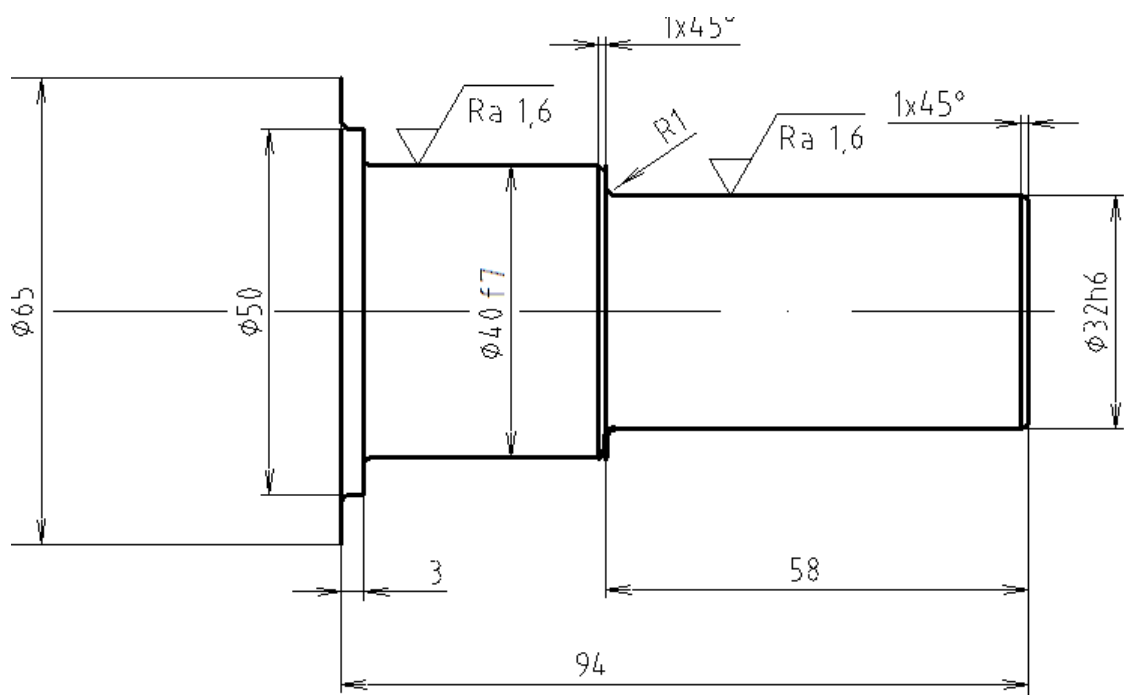
Podkapitola 4.1 uvádí program pro soustružení tvaru výstupní hřídele.

V příloze 1 je výkres hřídele. Přílohy 2 až 5 jsou postupové listy součásti pro jednotlivé operace. V příloze 6 je technologický postup výroby součásti. Vytvořené programy jsou v příloze 7.



Obr. 4.1 Model programované hřídele.

4.1 Soustružení



Obr. 4.2 Obráběný tvar hřídele – 1.strana.

Podprogram kontury L11.SPF

G18 G90 DIAMON (absolutní programování, průměrové
zadáání souřadnic)

G1 Z0 X30 (body kontury)

G1 Z-1 X31.985

Z-58

X38

Z-59 X40.002

Z-91

X50

Z-94

X65

M17 (konec podprogramu kontury)

Hlavní program - hrubování: PROGRAM1.MPF

N10 G90 DIAMON (absolutní programování, průměrové
zadáání souřadnic)

N20 G54 G95 (posunutí nulového bodu, posuv v mm.ot⁻¹)

N30 g0 x140 z10

N40 T1 D1 (nástroj č.1, korekce nástroje č.1)

N50 LIMS=2000 (nastavení maximálních otáček vřetene)

N60 G96 S150 M4 F0.4 (konstatní řezná rychlost, nastavení směru
otáčení vřetene)

N70 G0 X65 Z1

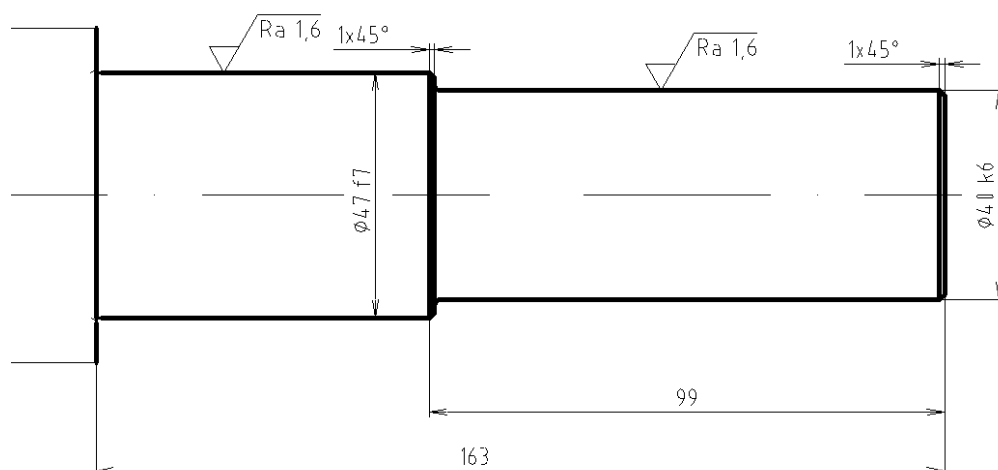
N80 CYCLE95("L11",4,0.3,0.3,,0.3,0.2,0.1,1,,) (hrubovací cyklus
vnější kontury)

N90 G0 X150 Z150

M30 (konec programu)

Hlavní program - dokončování: PROGRAM11.MPF

N10 G90 DIAMON (absolutní programování, průměrové zadávání souřadnic)
N20 G54 G95 (posunutí nulového bodu, posuv v mm.ot⁻¹)
N30 g0 x140 z10
N40 T2 D1 (nástroj č.2, korekce nástroje č.1)
N50 LIMS=2500
N60 G96 S195 M4 F0.15
N70 G0 X30 Z2
N80 CYCLE95("L11",0.4,0,0,0,0.3,0.2,0.1,5,1,0,2) (dokončovací cyklus vnější kontury)
N90 G0 X150 Z150
N100 M30 (konec programu)



Obr.4.3 Obráběný tvar hřídele – 2.strana

Podprogram kontury L11.SPF

G18 G90 DIAMON (absolutní programování, průměrové zadávání souřadnic)

G1 Z0 X38 (body kontury)
G1 Z-1 X40.002
Z-98
X45
Z-99 X46.96
Z-163
X65
M17 (ukončení podprogramu, návrat do hlavního programu)

Hlavní program - hrubování: PROGRAM2.MPF

N10 G90 DIAMON (absolutní programování, průměrové zadávání souřadnic)
N20 G54 G95 (posunutí nulového bodu, posuv v mm.ot⁻¹)
N30 G0 x140 z10
N40 T1 D1 (nástroj č.1, korekce nástroje č.1)
N50 LIMS=2000
N60 G96 S150 M4 F0.4 (konstatntní řezná rychlost,nastavení směru otáčení vřetene)
N70 G0 X65 Z1
N80 CYCLE95("L11",4,0.3,0.3,,0.3,0.2,0.1,1,,,) (hrubovací cyklus vnější kontury)
N90 G0 X150 Z150
N100 M30 (konec programu)

Hlavní program - dokončování: PROGRAM22.MPF

N10 G90 DIAMON (absolutní programování, průměrové zadávání souřadnic)
N20 G54 G95 (posunutí nulového bodu, posuv v mm.ot⁻¹)
N30 G0 x140 z10
N40 T2 D1 (nástroj č.2, korekce nástroje č.1)
N50 LIMS=2500
N60 G96 S195 M4 F0.15
N70 G0 X38 Z2

N80 CYCLE95("L11",0.4,0,0,0,0.3,0.2,0.1,5,1,0,2)

(dokončovací cyklus
vnější kontury)

N90 G0 X150 Z150

N100 M30

(konec programu)

4.2 Určení řezných podmínek během obrábění

Materiál obráběné součásti:

- materiál: ocel 15 241,
- ČSN materiálu: 41 5241,
- ČSN polotovaru: ČSN 42 6510,
- kinetická obrobiteľnosť: 14b. [18]

Výběr polotovaru obráběné součásti

Volíme polotovar: $\varnothing 65-345$ ČSN 42 6510

Výběr břitových destiček

Nástroje jsou voleny z katalogu CoreKey 2011 od výrobce Sandvik Coromant.

Řezné podmínky pro obráběnou součást jsou voleny pomocí katalogu CoreKey za předpokladu:

- životnosti destičky 15min,
- tvrdost obráběného materiálu 197HB.

Pro jednotlivé operace byly voleny nástroje s odpovídajícím řeznými podmínkami:

- operace hrubování kontury:

- označení destičky: CNMM 12 04 08-PR,
- označení držáku DCLNL 2020K12,
- řezné podmínky: $f=0,4$, $v_c=150$,
- tloušťka odebírané třísky: $a_p=4$. [17]

- operace dokončování kontury:

- označení destičky: DNMG 15 04 08-PF,

- označení držáku DDJNL 2020K15,
- řezné podmínky: $f=0,15$, $v_c= 195$,
- tloušťka odebírané třísky: $a_p=0,4$. [17]

ZÁVĚR

Vzhledem k vývoji řídicích systému u obráběcích strojů je možné využívat různých způsobů vytváření programu. Hlavním cílem této bakalářské práce bylo seznámení s ručním zapisováním ISO kódu a možnosti jeho automatizace, což bylo splněno.

Jako největší výhodu ručního programování v současnosti spatřuji možnost tvorby programu a jeho editace pro méně tvarově složité součásti přímo na stroji. To lze provádět paralelně v překrytém čase, takže nedochází k časovému prostoji stroje a není potřeba dalšího programátora pro přípravu programu. Taktéž obsluha programu ihned rozumí, neboť jej zpravidla vytváří.

Pro názornou ukázkou využití ručního programování je v práci uveden CNC program, vytvořený pomocí ručního zapisování ISO kódu pro součást VÝSTUPNÍ HŘÍDEL.

Při vytváření programu na výrobu součásti vznikly dvě verze programu. První verze byla vytvořena na simulátoru MTS. Jelikož vytvořený program nebyl kompatibilní s řídicím systémem společnosti Sinumerik, byla vytvořena druhá verze pomocí konturového editoru EMCO WinNC. Tato verze je uvedena v bakalářské práci. Funkčnost programu byla ověřena pouze simulací v programu Emco WinNC.

Pro stanovení teoretických řezných podmínek při výrobě součásti jsem vycházel z katalogu firmy Pramet Tools s.r.o. a Sandvik Coromant. Nakonec jsem vybral pouze nástroje firmy Sandvik Coromant díky lepším řezným podmínkám. Řezné podmínky by se při skutečné výrobě součásti musely upravit přímo na stroji.

Tato bakalářská práce může sloužit k získání základních znalostí o tvorbě programu pomocí ISO kódu pro studenty, absolventy rekvalifikačních kurzů a další zájemce o programování CNC strojů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. [Http://www.strojnet.cz](http://www.strojnet.cz) [online]. 18.1.2011 [cit. 2011-04-11]. *Co jsou to CNC stroje*. Dostupné z WWW: <http://www.strojnet.cz/clanky/obrabeci-stroje-cnc.php>.
2. Řídicí systém – 50letá historie. MM Průmyslové spektrum [online]. 1.9. 2010, 2010, 9, [cit. 2011-04-11]. Dostupný z WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/ridici-system-50leta-historie>
3. G-k%C3%B3d. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 29. 7. 2006, last modified on 6. 4. 2011 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/G-k%C3%B3d>
4. KOŇAŘ, V. *Programování CNC strojů*. [online]. [cit. 04. února 2011]. Dostupné na World Wide Web: http://vkonar.ic.cz/dokumenty/zaklady_prog/program_CNC.pdf
5. OPLATEK, F. *Číslicové řízení obráběcích strojů*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998. 63 s. ISBN 80-7200-294-5
6. PÍŠKA, M., POLZER, A. *Popis poloautomatického soustruhu SPN 12 CNC s řídicím systémem Sinumerik 810D*. [online]. [cit. 20. března 2009]. Dostupné na World Wide Web: http://cadcam.fme.vutbr.cz/sinutrain/SPN12CNC_Sinumerik810D.pdf.
7. POLZER, Aleš. Akademie CNC obrábění. Technický týdeník [online]. 2009, 29, [cit. 2011-04-12]. Dostupný z WWW: <http://www.techtydenik.cz/akademie.php?part=>.
8. ŠTULPA, Miroslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vydání. Praha : BEN, 2008. 126 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
9. STANĚK, Vlastimil. CAD/CAM ve výrobě. Technický týdeník [online]. 2008, [cit. 2011-04-17]. Dostupný z WWW: <http://www.techtydenik.cz/cadcam.php?part=2>.
10. HEIDENHAIN [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Dostupné z WWW: <http://www.heidenhain.cz/>.

11. HILL, Michal. *EMCO WinNC SINUMERIK 840D soustružení : UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA* [online] [cit. 2011-04-20]. Dostupné z WWW: http://www2.sps-jia.cz/~hill/sin_t_prirucka.pdf.
12. TKÁČOVÁ, ALENA. PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ SE SYSTÉMEM FANUC. Brno, 2009. 34 s. Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Dostupné z WWW: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17122.
13. [Http://cnc-professional-forum.com](http://cnc-professional-forum.com) [online]. 2008 [cit. 2011-05-17]. CNC Professional Forums. Dostupné z WWW: <http://cnc-professional-forum.com/gallery/showphoto.php/photo/40>.
14. Mefi, s.r.o [online]. 2003 [cit. 2011-04-20]. [Http://www.mefi.cz/](http://www.mefi.cz/). Dostupné z WWW: <http://www.mefi.cz/cz/dokumentace/cnc8x9/navodkprogramovani/navodkprogramovani.htm1>
15. [Http://cnc-professional-forum.com](http://cnc-professional-forum.com) [online]. 2008 [cit. 2011-05-17]. CNC Professional Forums. Dostupné z WWW: <http://cnc-professional-forum.com/gallery/showphoto.php/photo/40>.
16. Directindustry.com [online]. 2011 [cit. 2011-05-21]. The Virtual Industrial Exhibition. Dostupné z WWW: <http://www.directindustry.com/prod/alibre-inc/cad-cam-software-for-2-to-5-axis-milling-27284-387970.html>.
17. Soustružnické nástroje [online]. [s.l.] : [s.n.], 2011 [cit. 2011-05-23]. A - Všeobecné soustružení, s. . Dostupné z WWW: http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/TUR_A.pdf.
18. [Http://www.jkz.cz](http://www.jkz.cz) [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. OCEL K ZUŠLECHŤOVÁNÍ ČSN 15 241. Dostupné z WWW: <http://www.jkz.cz/cs/produkty/ocel-k-zuslechtovani-15-241>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
2D		dvourozměrný prostor (2-dimensional areas)
3D		trojrozměrný prostor (3-dimensional areas)
CNC		číslicové řízení pomocí počítače (computer numerical control)
NC		číslicově řízený (numerical control)
CAD		počítačem podporovaný návrh (computer aided design)
CAM		počítačem podporovaná výroba (computer aided manufacturing)
WOP		dílensky orientované programování (workshop oriented programming)
ISO		mezinárodní organizace pro normalizaci (international organization for standardization)
CL		obráběcí data (cutting location data)
a_p	[mm]	tloušťka odebírané třísky
f	[mm/ot]	strojní posuv nástroje
v_c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Technický výkres součásti VÝSTUPNÍ HŘIDEL
Příloha 2	Postupový list součásti – hrubování
Příloha 3	Postupový list součásti – hrubování
Příloha 4	Postupový list součásti – dokončovací operace
Příloha 5	Postupový list součásti – dokončovací operace
Příloha 6	Technologický postup soustružení součásti VÝSTUPNÍ HŘIDEL
Příloha 7	Řídicí programy Sinumerik 840D WinNC součásti VÝSTUPNÍ HŘIDEL