

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF MACHINING TECHNOLOGY

FUNKCE ŘÍDICÍHO SYSTÉMU HEIDENHAIN ITNC 530 PRO OBRÁBĚNÍ

THE FUNCTION OF CONTROL SYSTEM HEIDENHAIN ITNC 530 FOR CUTTING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VLADISLAV CINK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ALEŠ POLZER

BRNO 2007

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2006/07

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Cink Vladislav

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

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

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

Funkce řídicího systému Heidenhain iTNC 530 pro obrábění.

v anglickém jazyce:

The function of control system Heidenhain iTNC 530 for machining.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor programovacích a měřicích funkcí dostupných v systému Heidenhain iTNC 530, včetně praktické aplikace na zadané součásti. Vytvoření NC programů, jejich simulace v prostředí Heidenhain iTNC 530 a následné obrábění i měření na frézce FV 25 CNC A.

Cíle bakalářské práce:

Charakteristika funkcí řídicího systému Heidenhain iTNC pro obrábění. Zpracování technické dokumentace pro zadané součásti. Zpracování a experimentální ověření NC programů.

Seznam odborné literatury:

AB SANDVIK COROMANT-SANDVIK CZ, s. r. o. Příručka obrábění. - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6

HEIDENHAIN: Příručka pro uživatele, Popisný dialog-Heidenhain iTNC 530. 533 190-81-SW01.3.1/2005, Německo, Traunreut, 1. vyd., 652 s.

HEIDENHAIN: Příručka pro uživatele DIN/ISO, Programování iTNC 530. 533 188-Co-SW01.1.5/2005, Německo, Traunreut, 1. vyd., 578 s.

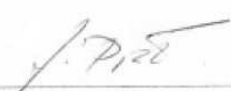
HEIDENHAIN: Průvodce smarT.NC iTNC 530. 533 191-81 SW01.3.11/2004, Německo, Traunreut, 1. vyd., 121 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Aleš Polzer

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2006/07.

V Brně, dne 11.12.2006




doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Vladislav Cink

Bytem: Janovice 24

Narozen/a (datum a místo): 6. 6. 1985 v Jihlavě

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta strojního inženýrství

se sídlem Technická 2896/2, 616 69 Brno

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Miroslav PÍŠKA, CSc.

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

☐ disertační práce

☐ diplomová práce

☒ bakalářská práce

☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:	<u>Funkce řídicího systému Heidenhain iTNC 530 pro obrábění</u>
Vedoucí/ školitel VŠKP:	<u>Ing. Aleš Polzer</u>
Ústav:	<u>Ústav strojírenské technologie</u>
Datum obhajoby VŠKP:	<u>červen 2007</u>

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

☒ tištěné formě – počet exemplářů: 2

☒ elektronické formě – počet exemplářů: 1

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☐ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☒ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

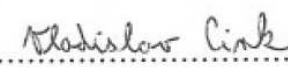
Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 02. 05. 2007


.....
doc. Ing. Miroslav PÍŠKA, CSc.


.....
Vladislav Cink

ABSTRAKT

Rozbor programovacích a měřicích funkcí dostupných v systému Heidenhain iTNC 530, včetně praktické aplikace na zadané součásti. Vytvoření NC programů, jejich simulace v prostředí Heidenhain iTNC 530 a následné obrábění i měření na frézce FV 25 CNC A.

Klíčová slova

Řídicí systém Heidenhain iTNC 530, NC program, frézka FV 25 CNC A

ABSTRACT

Analysis of programme and measure functions accessible in system Heidenhain iTNC 530, inclusive of practical application on given parts. Creation of NC programmes, their simulation in background of Heidenhain and consequential machining and measuring in milling machine FV 25 CNC A.

Key words

the control system Heidenhain iTNC 530, NC programme, Milling machine FV 25 CNC A

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CINK, Vladislav. *Funkce řídicího systému Heidenhain iTNC 530 pro obrábění: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2007. 53 s., 8 příloh. Vedoucí práce: Ing. Aleš Polzer

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Funkce řídicího systému Heidenhain iTNC 530 pro obrábění** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně 23. 5. 2007

.....
Vladislav Cink

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Aleši Polzerovi, za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod.....	9
1 Funkce řídicího systému Heidenhain iTNC 530 pro obrábění.....	10
1.1 Základy.....	10
1.1.1 Souřadný systém.....	10
1.1.2 Souřadný systém u frézek.....	10
1.1.3 Souřadnice polohy obrobku.....	11
1.1.4 Polární souřadnice.....	11
1.1.5 Střed kruhu a pól: CC.....	12
1.1.6 Korekce nástroje.....	13
1.1.7 Provozní režimy.....	1č
1.1.8 Kinematika nástroje při frézování.....	15
1.2 Programovací pracoviště.....	16
1.2.1 Spuštění programovacího pracoviště.....	16
1.2.2 Definice režimu zobrazení.....	16
1.2.3 Virtuální klávesnice.....	16
1.2.4 Programy a soubory.....	17
1.2.5 Vytvoření nového programu obrábění.....	18
1.2.6 Definování rozdělení obrazovky.....	18
1.2.7 Podprogramy a opakování částí programu.....	19
1.3 Programování obrysů.....	20
1.3.1 Programování pomocí funkčních kláves.....	20
1.3.2 Volné programování kontur FK.....	21
1.3.3 Najetí a opuštění obrysu.....	21
1.4 Cykly.....	22

2 Konzolová vertikální frézka FV 25 CNC.....	23
2.1 Technické parametry.....	23
2.2 Ovládací panel.....	24
2.3 Obrazovka.....	26
2.4 Příslušenství.....	27
3 Zpracování technické dokumentace pro zadané součásti.....	29
3.1 Materiál obrobků.....	29
3.2 Nástrojové vybavení a řezné podmínky.....	29
3.3 Součást 1.....	30
3.4 Součást 2.....	31
3.5 Součást 3.....	32
4 Zpracování NC programů pro dané součásti.....	33
4.1 Součást 1.....	33
4.2 Součást 2.....	40
4.3 Součást 3.....	44
5 Experimentální ověření NC programů.....	46
5.1 Součást 1.....	46
5.2 Součást 2.....	47
5.3 Součást 3.....	47
6 Obrábění na stroji.....	48
6.1 Měření korekce nástrojů	48
6.2 Příprava stroje	49
6.3 Samotné obrábění.....	49
Závěr.....	50
 Seznam použitých zdrojů.....	 51
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	52
Seznam příloh.....	53

ÚVOD

Současný trend strojírenské výroby směřuje ke zvyšování produktivity, k nejvyššímu stupni automatizace, náročnosti na kvalitu a přesnost výrobků. Není zapotřebí zmiňovat, že díky tomu je ve výrobě upřednostňována co možná nejmodernější výpočetní technika a zařízení. Podniky disponující tímto softwarovým vybavením usnadňují práci inženýrsko technickým pracovníkům a ti pak dokáží uspokojit své co možná nejnáročnější zákazníky. Přesto největší výhodou aplikace současných softwarových vybavení je minimalizace počtu výskytu chyb způsobených lidským faktorem.

Moderní přístup k výuce zaujal i Ústav strojírenské technologie FSI VUT v Brně. V počítačových laboratořích zaměřených na technologii obrábění se mohou studenti nejen seznámit, ale i naučit pracovat s operačním systémem Heidenhain. Vytvořené programy k dané výrobě lze bez problémů odsimulovat, poté popřípadě doladit a pomocí diskety, flash disku či LAN přenést přímo do stroje určeného k výrobě.

Cílem práce je rozbor programovacích a měřících funkcí dostupných v systému Heidenhain iTNC 530, včetně praktické aplikace na vybraných součástkách. Dále vytvoření NC programů, jejich simulace v prostředí Heidenhain iTNC 530 a následné obrábění i měření na frézce VF 25 CNC A. Zvolené součásti jsou pouze výukové a jsou voleny tak, aby na nich bylo možné aplikovat co nejvíce funkcí s ohledem na jejich vyrobitelnost na daném stroji.

1 FUNKCE ŘÍDICÍHO SYSTÉMU HEIDENHAIN ITNC 530

PRO OBRÁBĚNÍ

ITNC 530 představuje nejmodernější techniku v oblasti CNC řízení pro frézky, obráběcí centra a vodorovné vyvrtávačky s počtem os 3 až 12. Pohony os a vřetena jsou řízeny digitálně. ITNC je vhodný jak pro frézování plochých dílců, tak i pro výrobu složitých forem s vysokými nároky na kvalitu povrchu.

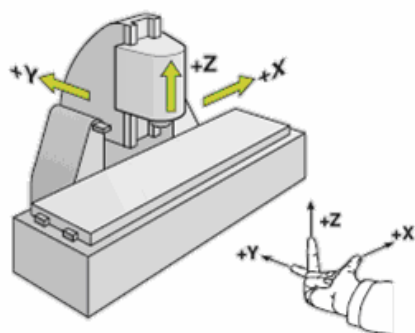
1.1 Základy

1.1.1 Souřadný systém

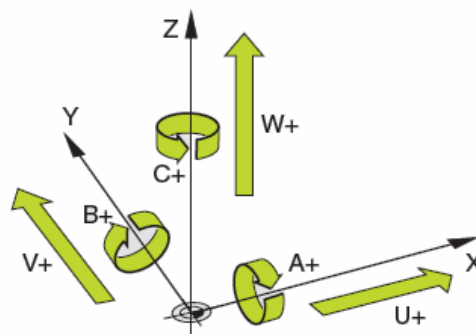
Souřadným systémem lze jednoznačně definovat polohy v rovině, nebo v prostoru. Udání polohy se vždy vztahuje k jednomu definovanému bodu a je popsáno souřadnicemi. V pravoúhlém systému (kartézský systém) jsou definovány tři směry jako osy X, Y a Z. Tyto osy jsou navzájem kolmé a protínají se v jednom bodě, nulovém bodě (počátku). Každá souřadnice udává vzdálenost od nulového bodu v některém z těchto směrů. Tím lze popsat jakoukoli polohu v rovině dvěma souřadnicemi a v prostoru třemi souřadnicemi. (3)

1.1.2 Souřadný systém u frézek

Při obrábění na frézce se kus obecně vztahuje k pravoúhlému souřadnému systému. Obrázek 1.1 ukazuje, jak je pravoúhlý souřadný systém přiřazen k osám stroje. Pravidlo tří prstů pravé ruky slouží jako pomůcka pro zapamatování: Ukazuje-li prostředník ve směru osy nástroje od obrobku k nástroji, pak ukazuje ve směru +Z, palec ve směru +X a ukazovák ve směru +Y. ITNC 530 může řídit až 9 os (Obr. 1.2). Vedle hlavních os X, Y a Z existují souběžně probíhající přídavné osy U, V a W. Rotační osy se označují A, B a C. (3)



Obr. 1.1 Souřadný systém u frézky (3)

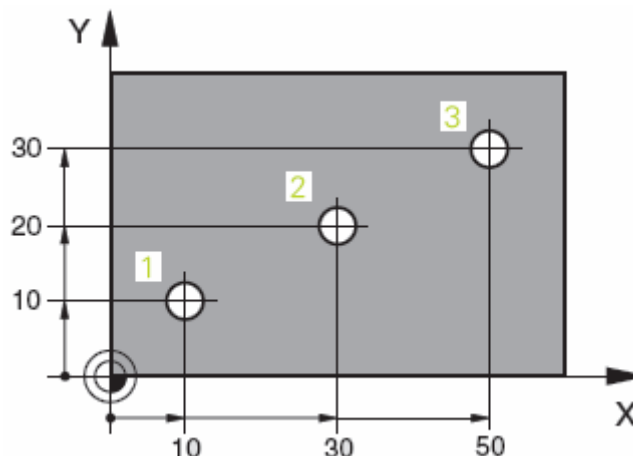


Obr. 1.2 Směry os (3)

1.1.3 Souřadnice polohy obrobku

Absolutní souřadnice polohy obrobku - díry: 1,2,3

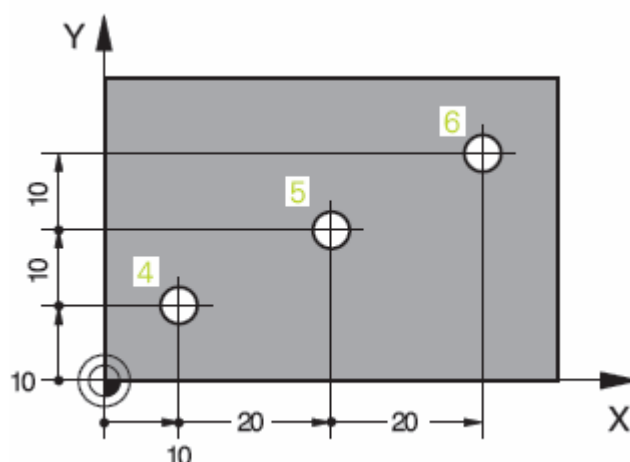
Vztahují-li se souřadnice polohy k nulovému bodu souřadného systému (počátku), označují se jako absolutní souřadnice. Každá poloha na obrobku je svými absolutními souřadnicemi jednoznačně definována (Obr. 1.3).



Obr. 1.3 Absolutní souřadnice polohy obrobku (4)

Přírůstkové souřadnice polohy obrobku - díry: 4,5,6

Přírůstkové (inkrementální) souřadnice se vždy vztahují k naposledy programované poloze nástroje, která slouží jako relativní (myšlený) nulový bod (Obr. 1.4).



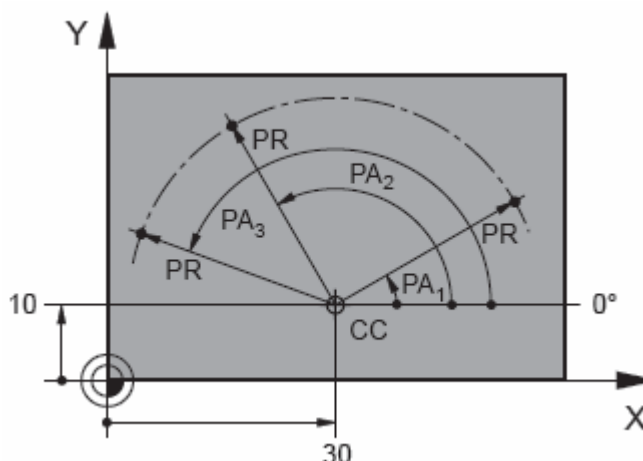
Obr. 1.4 Přírůstkové souřadnice polohy obrobku (4)

1.1.4 Polární souřadnice

Pokud je výrobní výkres okótován pravoúhle, pak lze vytvořit program obrábění rovněž s pravoúhlými souřadnicemi. U obrobků s kruhovými oblouky nebo úhlovými údaji je často jednodušší definovat polohy polárními souřadnicemi. Na

rozdíl od pravoúhlých souřadnic X, Y a Z popisují polární souřadnice polohy pouze v jedné rovině. Polární souřadnice mají svůj počátek v pólu CC (circle centre)(Obr. 1.5). Poloha v rovině je tak jednoznačně definována pomocí:

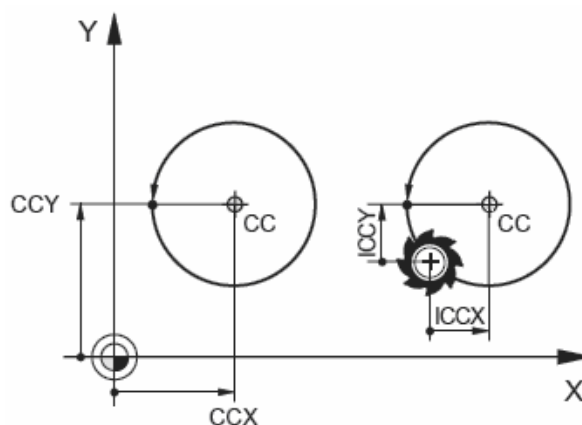
- rádiusu polární souřadnice: vzdálenost od pólu CC k dané poloze
- úhlu polární souřadnice: úhlem mezi úhlovou vztažnou osou a úsečkou, která spojuje pól s danou polohou (3)



Obr. 1.5 Polární souřadnice (4)

1.1.5 Střed kruhu a pól: CC (Obr. 1.6)

Pro naprogramování kruhové dráhy pomocí dráhové funkce C je nutno zadat střed kruhu CC. Jinak se CC používá jako pól pro rozměrové údaje v polárních souřadnicích. CC se definuje v pravoúhlých souřadnicích. Absolutně definovaný střed kruhu nebo pól CC se vždy vztahuje k momentálně aktivnímu nulovému bodu. Přírůstkově definovaný střed kruhu nebo pól CC se vždy vztahuje k naposledy naprogramované poloze nástroje. (3)



Obr. 1.6 Střed kruhu a pól: CC (3)

1.1.6 Korekce nástroje

Délková korekce nástroje

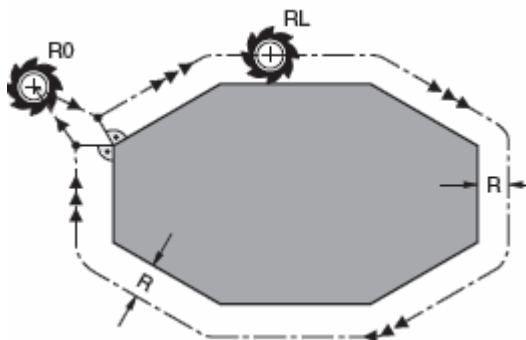
Korekce nástroje na délku je účinná, jakmile je nástroj vyvolán a pojíždí se jím v ose vřetena. Zruší se, jakmile se vyvolá nástroj s délkou $L=0$.

Korekce rádiusu nástroje

Programový blok pro pohyb nástroje obsahuje:

- RL nebo RR pro korekci rádiusu
- R0, nemá-li se korekce rádiusu provádět

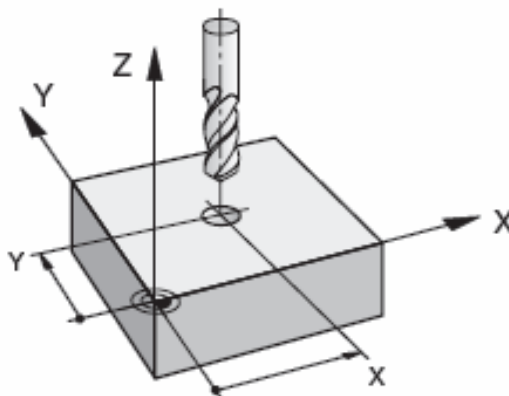
Korekce rádiusu je účinná, jakmile je nástroj vyvolán a pojíždí se jím v rovině obrábění některým přímkovým blokem s RL nebo RR (Obr. 1.7).



Obr. 1.7 Korekce rádiusu nástroje (4)

Dráhové pohyby bez korekce rádius: R0

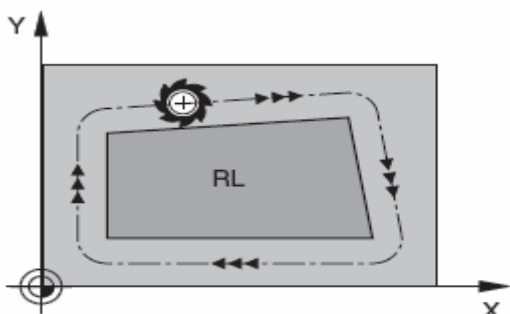
Nástroj pojíždí svým středem po programované dráze v rovině obrábění, případně na naprogramované souřadnice. Používá se při vrtání a předpolohování (Obr. 1.8).



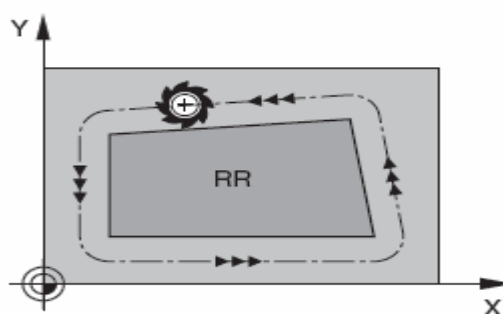
Obr. 1.8 Vrtání s R0 (3)

Dráhové pohyby s korekcí rádiusu: RR a RL

Střed nástroje se přitom nachází ve vzdálenosti rádiusu nástroje od programovaného obrysu. „Vpravo“ a „vlevo“ označuje polohu nástroje ve směru pojezdu podél obrysu obrobku. Viz. obrázky 1.9 a 1.10.



Obr. 1.9 Nástroj pojíždí vlevo od obrysu



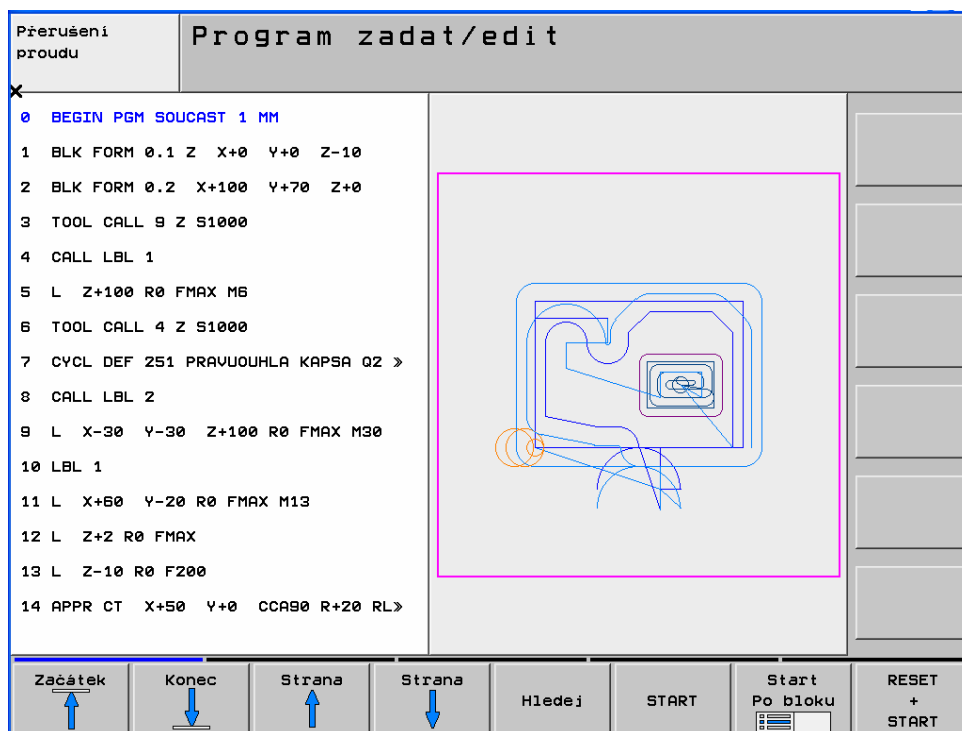
Obr. 1.10 Nástroj pojíždí vpravo od obrysu

1.1.7 Provozní režimy

Program zadat/editovat



Klávesa  . V tomto provozním režimu se vytváří obráběcí programy. Volné programování obrysů, různé cykly a funkce s Q-parametry poskytují mnohostrannou pomoc a podporu při programování. Na přání ukazuje programovací grafika (Obr. 1.11), nebo čárová grafika 3D programované dráhy pojezdu.

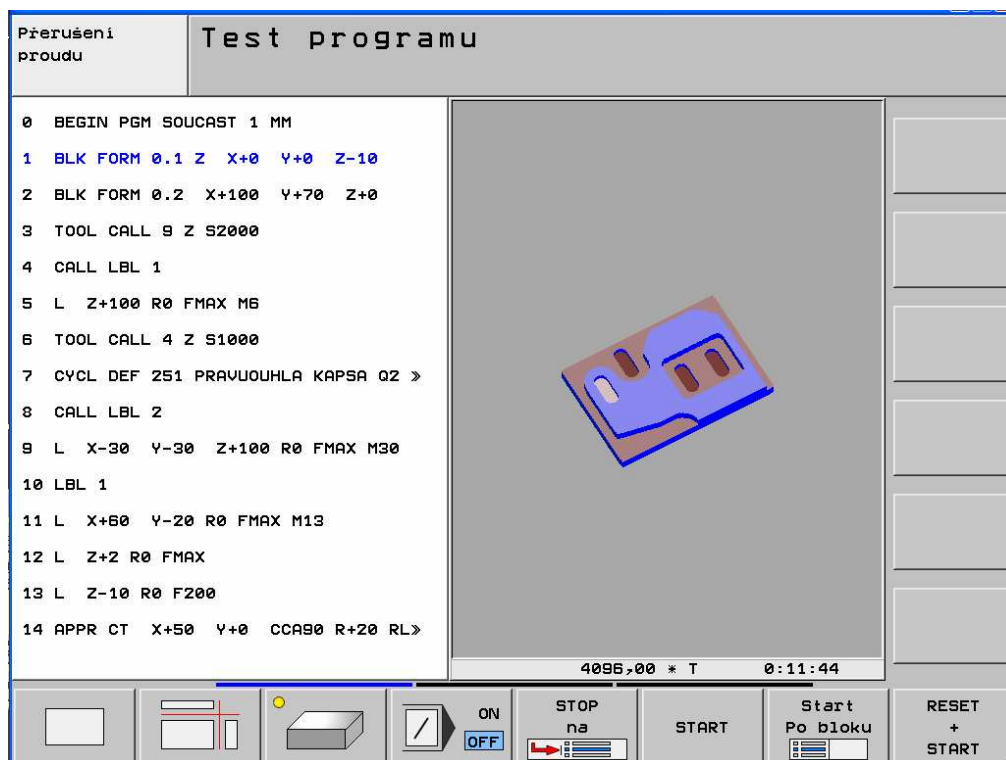


Obr. 1.11 Program zadat/editovat

Testování programu



Klávesa  . TNC simuluje programy a části programů v provozním režimu PROGRAM TEST, např. k vyhledání geometrických neslučitelností, chybějících nebo chybných údajů v programu a porušení pracovního prostoru. Simulace je podporovaná graficky s možností různých pohledů (Obr. 1.12).



Obr. 1.12 Test programu

1.1.8 Kinematika nástroje při frézování

Nesousledné frézování (protisměrné)

Smysl rotace nástroje je proti směru posuvu obrobku. Tloušťka třísky se postupně mění z nulové hodnoty na hodnotu maximální a vznikají deformace a silové účinky, které způsobují zvýšené opotřebení bříty. (1)

Sousledné frézování (souměrné)

Smysl rotace nástroje je ve směru posuvu obrobku. Maximální tloušťka třísky vzniká při vniknutí zubu frézky do obrobku. Při tomto frézování je kladen větší důraz na stroj, na kterém je zapotřebí vymezení vůlí, jinak může dojít k poškození nástroje. (1)

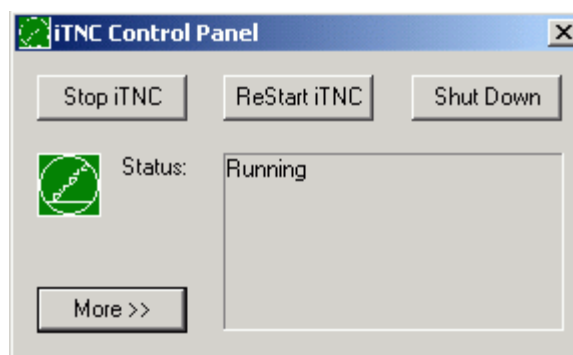
1.2 Programovací pracoviště

Programovací stanice iTNC dává možnost programovat v dialogu stejně jako na stroji, a navíc v klidu kancelářského prostředí. Programovací stanice iTNC vhodně doplňuje technologická pracoviště, která jsou již vybavena CAD stanicemi.

1.2.1 Spuštění programovacího pracoviště

Programovací pracoviště iTNC 530 se spouští jako každá jiná aplikace

Windows dvojitým klepnutím na ikonu HEIDENHAIN  na pracovní ploše nebo přes nabídku *Start*. Objeví se ovládací panel iTNC (Obr. 1.13). Okamžitě po spuštění programu programovacího pracoviště se minimalizuje automaticky ovládací panel iTNC.



Obr. 1.13 Ovládací panel iTNC

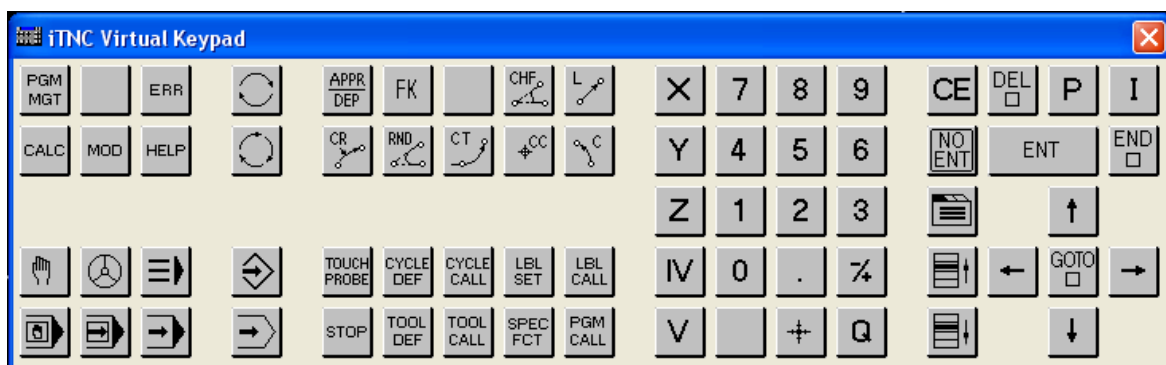
1.2.2 Definice režimu zobrazení

Program programovacího pracoviště se standardně spustí v režimu zobrazení na celé obrazovce. Nastavením vyššího rozlišení než je 1024 x 768, se může programovací pracoviště spouštět také se zobrazením v okně, takže se pak chová jako každá jiná aplikace Windows.

1.2.3 Virtuální klávesnice

S virtuální klávesnicí lze simulovat klepnutím kurzorem myši na danou klávesu. Softklávesy lze ovládat myší přímo v okně TNC nebo pomocí funkčních kláves F1 až F8 na klávesnici PC. Klávesy, které jsou obvykle k dispozici na obrazovce TNC, můžete také ovládat pomocí funkčních kláves na klávesnici PC. K zobrazení klávesnice je zapotřebí kurzorem poklepat dvakrát na zelený symbol

HEIDENHAIN  vpravo dole v liště úloh. Objeví se ovládací panel iTNC (Obr. 1.13). Klepnutím na tlačítko *More >>* se zobrazí dodatečné možnosti nastavení. Klepnutím na tlačítko *Keypad* se zobrazí virtuální klávesnice (Obr. 1.14).



Obr. 1.14 Virtuální klávesnice

1.2.4 Programy a soubory

Programy, tabulky a texty ukládá TNC do souborů. Označení souboru se skládá ze dvou částí: Jméno souboru a Typ souboru

Soubory v TNC	Typ
Programy ve formátu HEIDENHAIN ve formátu DIN/ISO	.H .I
Tabulky pro Nástroje Výměníky nástrojů Palety Nulové body Body Předvolby (vztažné body) Řezné podmínky Řezné materiály, materiály	.T .TCH .P .D .PNT .PR .CDT .TAB
Texty jako Soubory ASCII Soubory NÁPOVĚDY	.A .CHM

Tab. 1.1 Programy a soubory

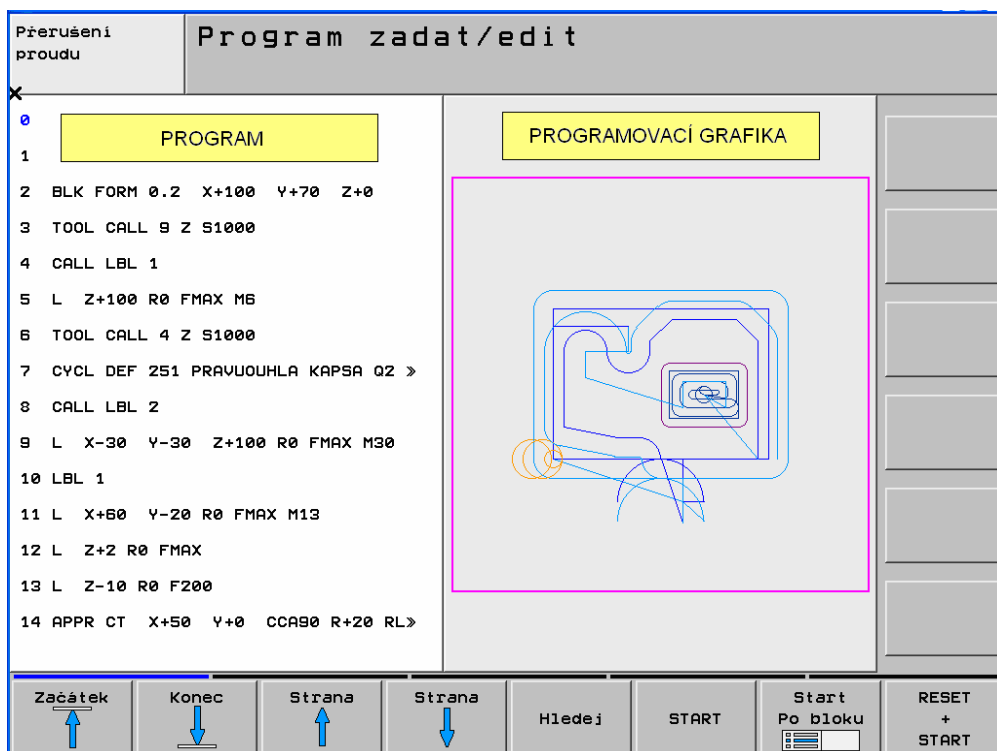
1.2.5 Vytvoření nového programu

Klávesa . K vytvoření nového programu je zapotřebí nejprve dát tomuto programu jméno. TNC uloží program na pevný disk jako soubor se stejným jménem. Rovněž i texty a tabulky ukládá TNC v paměti jako soubory. Aby bylo možno soubory rychle vyhledávat a spravovat, má TNC speciální okno pro správu souborů. Zde lze jednotlivé soubory vyvolávat, kopírovat, mazat a přejmenovávat. S TNC jde spravovat libovolný počet souborů, celková velikost všech souborů však nesmí překročit 2 000 MBytů.

Po zadání nového programu se volí měrové jednotky stisknutím softklávesy MM nebo PALCE. TNC přejde do okna programu a zahájí dialog k definování BLK FORM (neobrobený polotovár). Volí se osa vřetene a následně se zadávají souřadnice X, Y, Z MIN bodu a souřadnice X, Y, Z MAX bodu.

1.2.6 Definování rozdělení obrazovky

Klávesa . Uživatel volí rozdělení obrazovky. Lze tak např. v provozní režimu PROGRAM ZADAT/EDITOVAT v levé části okna zobrazovat program, zatímco v pravé části okna současně zobrazovat např. programovací grafiku (Obr. 1.5).



Obr. 1.15 Definování rozdělení obrazovky

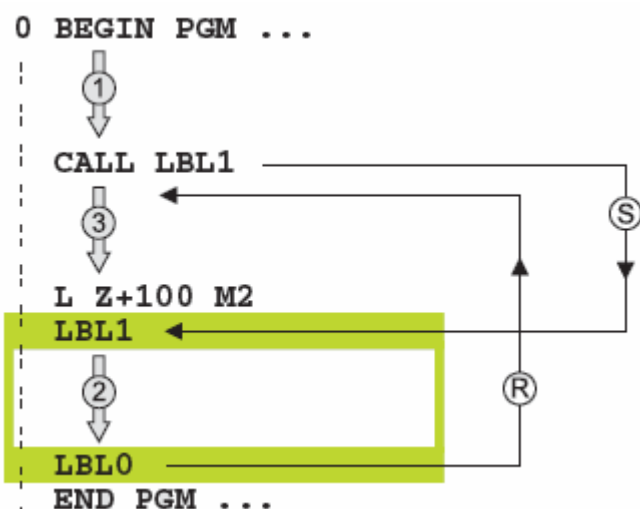
Alternativně si lze v pravém okně dát zobrazit též členění programu nebo zobrazit pouze program v jednom velkém okně. V závislosti na zvoleném provozním režimu TNC zobrazí možnosti nabídky rozdělení obrazovky.

1.2.7 Podprogramy a opakování částí programu

Obráběcí kroky, které se opakují, se zadávají jen jednou jako podprogram nebo opakování částí programu. Nechá-li se provést část programu jen za určitých podmínek, pak se nadefinují tyto programové kroky rovněž v nějakém podprogramu. Kromě toho může obráběcí program vyvolat jiný program a dát jej provést.

Práce s podprogramy (Obr. 1.16)

Hlavní program probíhá až do vyvolání podprogramu CALL LBL 1. Poté se provede podprogram označený pomocí LBL 1 až do svého konce LBL 0. Dále opět pokračuje hlavní program. Podprogramy se dávají za konec hlavního programu (M2).



Obr. 1.16 Struktura podprogramu (3)

Práce s opakováním části programu

Hlavní program probíhá až do vyvolání opakování části programu CALL LBL 1 REP2. Část programu mezi LBL 1 a CALL LBL 1 REP2 se opakuje tolikrát, kolikrát je uvedeno u REP. Po posledním opakování pokračuje hlavní program dále.(3)

1.3 Programování obrysů

Obrys obrobku se skládá obvykle z více obrysových prvků, jako jsou přímky a kruhové oblouky. Ty lze programovat pomocí dráhových funkcí.

Když se vytváří program obrábění, programují se postupně dráhové funkce pro jednotlivé prvky obrysu obrobku. K tomu se obvykle zadávají souřadnice koncových bodů prvků obrysu z kótovaného výkresu. Z těchto zadání souřadnic, nástrojových dat a korekce rádiusu zjistí TNC skutečnou dráhu pojezdu nástroje. TNC pojíždí současně všemi strojními osami, které byly naprogramovány v programovém bloku dráhové funkce.

Není-li obrysy kompletně okótovány tzn., že koncové body prvků obrysu nejsou zcela jednoznačně zadány v pravoúhlých nebo polárních souřadnicích, pak lze NC program vytvořit pomocí volného programování kontur FK.

1.3.1 Programování pomocí funkčních kláves

Funkční klávesy jsou zobrazeny v Tab. 1.2. Je-li třeba například programovat přímku, stiskne se klávesa se symbolem pro lineární pohyb. Všechny potřebné informace pro popis NC bloku jako souřadnice cílového bodu, posuv, korekce nástroje a M funkce si formou dialogu vyžádá iTNC 530 sám. Příslušné klávesy pro zadání kruhové dráhy, zkosení a zaoblení rohů zjednodušují průběh programování.

	Přímka
	Střed kruhu/pól pro polární souřadnice
	Kruhová dráha kolem středu kruhu
	Kruhová dráha s rádiusem
	Kruhová dráha s tangenciálním napojením
	Zkosení
	Zaoblení rohů

Tab. 1.2 Funkční klávesy

1.3.2 Volné programování kontur FK

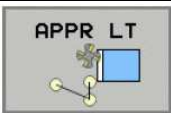
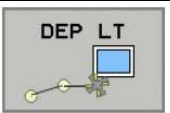
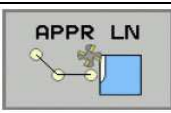
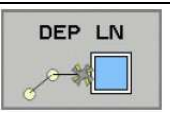
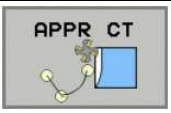
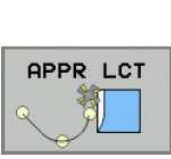
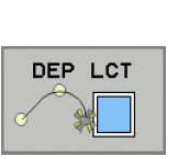
Není-li výkres okótován tak, aby to vyhovovalo pro NC, a kóty jsou pro NC-program neúplné, pak lze naprogramovat obrys obrobku pomocí volného programování kontur dále jen FK. V těchto případech se jednoduše zadávají z klávesnice známá data aniž by se muselo něco přepočítávat nebo vypočítávat. Při tom mohou být jednotlivé prvky kontury neurčité, dokud není určena celková kontura sama o sobě. Vedou-li data k několika matematickým řešením, jsou nabídnuta programovací grafikou systému iTNC 530 k rozhodnutí. (3)

1.3.3 Najetí a opuštění obrysu

Abychom se vyhnuli zanechání stopy nástroje při najetí nebo odjetí z obrysu využívá se funkce tečného napojení dráhy nástroje na obrys. Zadá se pouze začátek (konec) obrysu a poloměr dráhy najetí (odjetí) a zbytek zařídí řídicí systém. ITNC 530 dokáže vypočítat dopředu 99 NC bloků s korekcí poloměru nástroje a zamezit tak podfrézování resp. poškození obrysu. Takový případ by mohl nastat při hrubování větším průměrem nástroje. (3)

Funkce APPR (angl. approach = najetí) a DEP (angl. departure = odjezd) se aktivují klávesou . Potom lze zvolit pomocí softkláves následující tvary drah:

Tab. 1.3 Tvary drah APPR a DEP

Přímka s tangenciálním napojením		
Přímka kolmo k bodu obrysu		
Kruhová dráha s tangenciálním napojením		
Kruhová dráha s tangenciálním napojením na obrys, najetí a odjetí do/z pomocného bodu mimo obrys po tangenciálně napojeném přímkovém úseku		

1.4 Cykly

Často se opakující obrábění, která obsahují více obráběcích operací, se v TNC ukládají do paměti jako cykly. Také jsou ve formě cyklů k dispozici přepočty souřadnic a některé speciální funkce.

Definování cyklu pomocí softkláves

Na liště softkláves jsou zobrazeny různé skupiny cyklů.

Vrtání/ závit	Kapsy/ ostrůvky/ drážky	Transfor. souřadnic	SL CYKLY	Rastr bodů	Řádkování	Speciální cykly	END
------------------	-------------------------------	------------------------	-------------	---------------	-----------	--------------------	-----

- Cykly hlubokého vrtání, vystružování, vyvrtávání, zahlubování, vrtání závitů, řezání závitů a frézování závitů
- Cykly k frézování kapes, ostrůvků a drážek
- Cykly k vytváření bodových rastrů (vzorů), např. díry na kružnici nebo na ploše
- SL-cykly, jimiž lze obrábět souběžně s obrysem složitější obrysy, které se skládají z více navazujících dílčích obrysů, interpolace na plášti válce
- Cykly k plošnému frézování rovinných nebo vzájemně se pronikajících ploch
- Cykly pro transformaci (přepočet) souřadnic, jimiž lze libovolné obrysy posouvat, natáčet, zrcadlit, zvětšovat a zmenšovat
- Speciální cykly časové prodlevy, vyvolání programu, orientace vřetena, tolerance

Po zvolení skupiny cyklů, například Vrtací cykly cyklus Vrtání. TNC zahájí dialog a dotazuje se na všechny zadávané hodnoty, současně TNC zobrazí v pravé polovině obrazovky grafiku, ve které je každý zadávaný parametr zvýrazněn. Po zadání všech parametrů, které TNC požaduje TNC dialog ukončí.

2 KONZOLOVÁ VERTIKÁLNÍ FRÉZKA FV 25 CNC A

Stroj FV 25 CNC A je souvisle řízená konzolová vertikální frézka s pevným vřeteníkem, svislým vřetenem, číslíkovým řízeným podélným i příčným posuvem (Obr. 2.1). Výhody tohoto stroje jsou především při obrábění středních a malých součástí s velkým podílem vrtacích operací. Pohon a rozsah otáček vřetena umožňuje efektivní obrábění všech druhů kovů, od nástrojařských ocelí až po slitiny lehkých kovů. (6)



Obr. 2.1 Konzolová vertikální frézka FV 25 CNC A (6)

2.1 Technické parametry

STŮL

rozměr pracovní plochy	350 x 1300 mm
upínací drážky - počet	5
- šířka a rozteč	14 x 50 mm
maximální zatížení stolu	200 kg
pracovní zdvih - podélný (X)	760 mm
- příčný (Y)	355 mm
- svislý (Z)	152 mm
svislé přestavení konzoly	420 mm
posuvy - plynule X,Y,Z	2,5 - 3000 mm/min
- rychloposuv X,Y,Z	9000 mm/min

VŘETENO

ISO 40

vzdálenost osy vřetene od vedení stojanu 373 mm

otáčky - počet stupňů

2

- rozsah otáček (plynule)

50 - 6000 min⁻¹

výkon motoru

5,5 kW

STROJ

celkový příkon

22 kW

hmotnost

1500 kg

zastavěná plocha

2588 x 2750 mm

výška

2030 mm

2.2 Ovládací panel

Ovládací panel stroje TE 530 (Obr. 2.2) umožňuje komunikaci mezi programátorem a obráběcím strojem. Obsahuje tlačítka pro tvorbu a simulaci NC programů, ovládání stroje v ručním i automatickém režimu a ovládací prvky např. pro upínání nástroje, nebo spouštění kapaliny. Označení kláves zajišťuje dobrou orientaci obsluhy při zadávání programu. (3)



Obr. 2.2 Ovládací panel (3)

Zde jsou uvedeny některé vybrané funkční klávesy, které byly nejčastěji používány v této práci. Podrobný přehled všech funkčních kláves je uveden v příloze č. 1.

1 Abecední klávesnice pro zadávání textů, jmen souborů a programování

2 Správa souborů

	Volba a mazání programů/souborů, externí přenos dat
---	---

3 Programovací provozní režimy

	Program ZADAT/EDITOVAT		Test programu
---	------------------------	---	---------------

4 Strojní provozní režimy

5 Vytváření programovacích dialogů

	Najetí na obrys/opuštění obrysu		Zadání délky a rádiusu nástroje
	Volné programování obrysů FK		Vyvolání délky a rádiusu nástroje
	Přímka		Definice cyklů
	Střed kruhu/pól pro polární souřadnice		Vyvolání cyklů
	Kruhová dráha kolem středu kruhu		Zadávání programů a opakování části programu
	Kruhová dráha s rádiusem		Vyvolání programů a opakování části programu
	Zkosení		
	Zaoblení rohů		

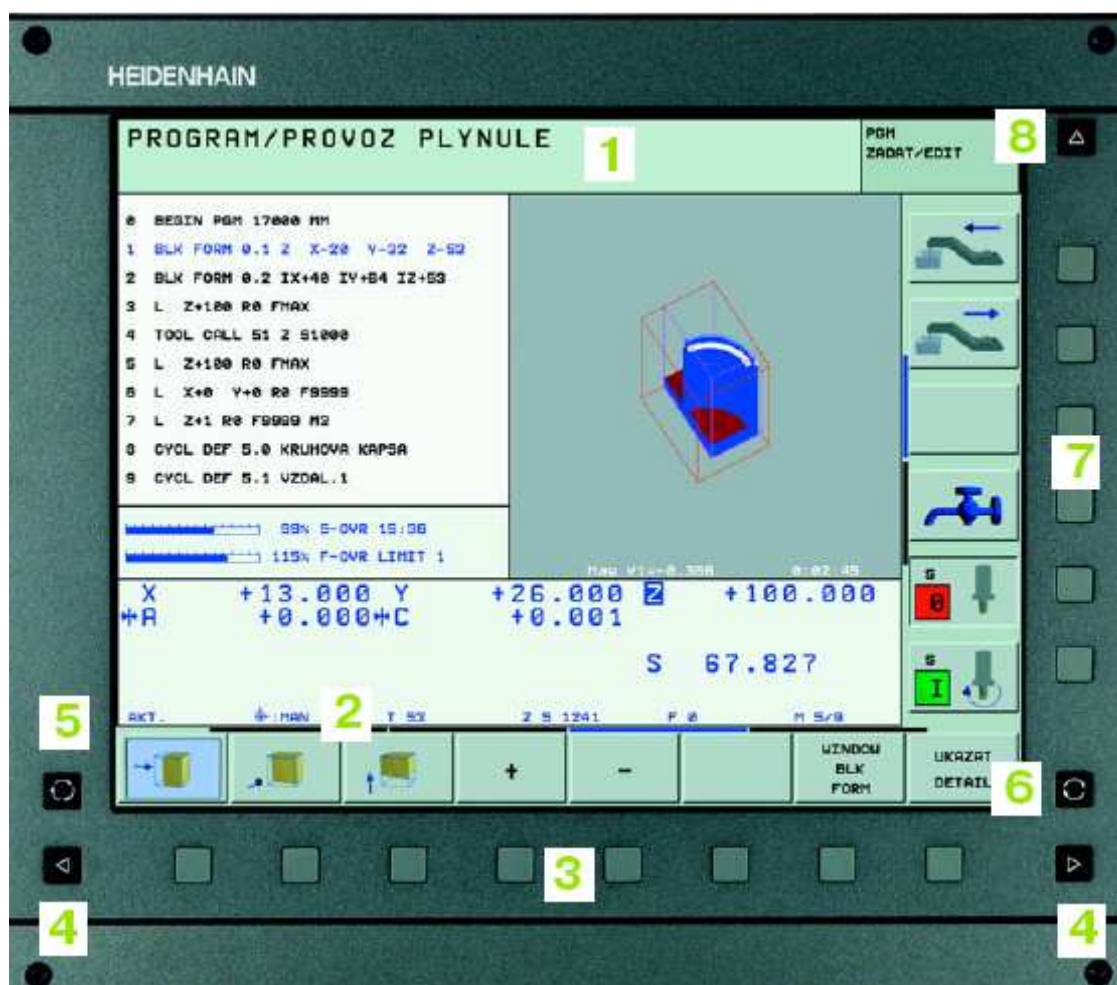
6 Klávesy se šipkou a příkaz skoku GOTO

7 Zadávání čísel a volba os

8 Touchpad (dotyková ploška)

2.3 Obrazovka

Obrazovka (Obr. 2.3) poskytuje informace potřebné pro účely programování, obrábění a kontrolu stavu CNC řízení a stroje: bloky NC programu, poznámky, chybová hlášení atd. Další informace nabízí grafická podpora při zadávání programu, grafickém testu a obrábění. Dělený obraz umožňuje sledovat v jedné části obrazovky NC bloky, tak jak jsou naprogramovány, a v druhé části grafický průběh obrábění nebo stavové záznamy. V průběhu zpracování programu jsou na obrazovce stále k dispozici stavové záznamy, které poskytují informaci o typu a poloze nástroje, aktuální části programu, aktivních cyklech obrábění a transformacích souřadnic atd. Zrovna tak je na iTNC 530 stále viditelný záznam výrobního času. (3)



Obr. 2.3 Obrazovka (3)

1 Záhloví

Při zapnutém systému TNC ukazuje obrazovka v záhlaví navolené provozní režimy. Vlevo strojní provozní režimy a vpravo programovací provozní režimy. Ve větším políčku záhlaví stojí aktuální provozní režim, na který je právě obrazovka přepnuta, tam se objevují otázky dialogu a texty hlášení.

2 Softklávesy

V řádku zápatí zobrazuje TNC v liště softkláves další funkce. Tyto funkce se volí pomocí tlačítek pod nimi. Pro orientaci ukazují úzké proužky nad lištou softkláves počet lišt softkláves, které lze navolit klávesami se šipkami uspořádanými na okraji. Aktivní lišta softkláves se zobrazuje jako prosvětlený proužek.

3 Tlačítka pro výběr softkláves**4 Přepínání lišt softkláves****5 Definování rozdělení obrazovky****6 Tlačítko přepínání obrazovky mezi strojními a programovacími provozními režimy****7 Tlačítka pro výběr softkláves výrobce stroje****8 Přepínání tlačítek pro výběr softkláves výrobce stroje****2.4 Příslušenství****3D-dotykové sondy**

3D-dotykovými sondami HEIDENHAIN lze:

- automaticky vyrovnávat obrobky
- rychle a přesně nastavovat vztažné body
- provádět měření na obrobku za chodu programu

Spínací dotykové sondy TS 220 a TS 640

Tyto dotykové sondy jsou zejména vhodné k automatickému vyrovnávání obrobků, nastavování vztažných bodů a k měření na obrobku. Sonda TS 220 přenáší spínací signály kabelem a kromě toho představuje nákladově výhodnou alternativu, je-li potřeba příležitostně digitalizovat. Speciálně pro stroje se zásobníkem nástrojů je vhodná sonda TS 640 (Obr. 2.4), která přenáší spínací signály bez kabelu po infračerveném paprsku. (3)



Obr. 2.4 Spínací dotyková sonda TS 640 (3)

Elektronické ruční kolečko HR 410

Elektronické ruční kolečko (Obr. 2.5) zjednodušuje přesné ruční pojíždění strojními saněmi. Dráha pojezdu na otáčku ručního kolečka je volitelná v širokém rozsahu. (3)



Obr. 2.5 Elektronické ruční kolečko HR 410 (3)

3 ZPRACOVÁNÍ TECHNICKÉ DOKUMENTACE PRO ZADANÉ SOUČÁSTI

Technická dokumentace je níže vyhotovena pro zvolené součástky vhodné pro řešení problému daného bakalářskou prací. Byly zvoleny 3 různé součástky tak, aby na ně bylo možné aplikovat co nejvíce funkcí s ohledem na jejich vyrobiteľnost na daném stroji. Pro součástky jsou v technické dokumentaci zpracovány technologické postupy, popisy rozměrů, řezné podmínky a nástrojové vybavení vhodné pro samotnou výrobu daných součástek.

3.1 Materiál obrobků

Název	Složení [%]	Hustota [kg·m ⁻³]	Teplota tání [°C]
Dural	93,7 Al, 4,3 Cu, 1,4 Mg, 0,6 Mn	2750 - 2870	650

Jako materiál vhodný na výrobu všech tří součástek byl zvolen dural. V praxi je často používán pro jeho vynikající mechanické vlastnosti ve spojení s nízkou měrnou hmotností, která je téměř třikrát nižší než u oceli. Je pevný, dobře obrobiteľný a svařitelný, má vysokou odolnost vůči korozi a v neposlední řadě ho lze dobře recyklovat. Nejčastější uplatnění je při stavbě jednoúčelových strojů, aut, lodí, prototypů automobilů, a hlavně v leteckém průmyslu.

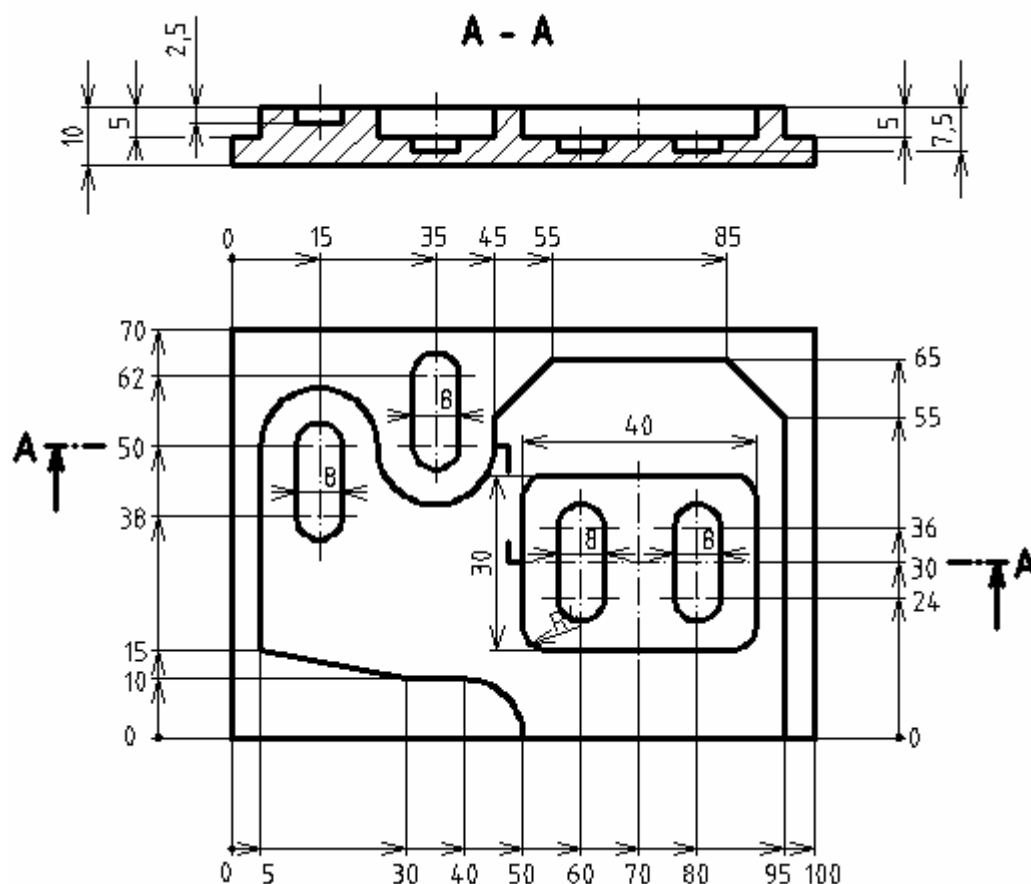
Hutní materiál je obdélníkového průřezu o rozměrech 100 x 70 a délce 3 metry. Bylo provedeno dělení materiálu a následně jeho zuhlování.

3.2 Nástrojové vybavení a řezné podmínky

Podrobné nástrojové vybavení pro výrobu součástek je uvedeno v příloze č. 2. Vzhledem k tomu, že se nezabýváme žádnou hromadnou výrobou, ale jen výukovou ukázkou obrábění byly zvoleny nástroje z rychlořezné oceli HSS. Je to rychlořezná ocel středního výkonu, vhodná z hlediska houževnatosti na frézování menších průměrů a frézování materiálů do pevnosti 900 MPa.

Řezné podmínky byly stanoveny z tabulek v příloze č. 2 a neuvedené hodnoty byly dopočítány pomocí následujících vzorců: $n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d}$ $f_{ot} = f_z \cdot z$ $f = f_{ot} \cdot n$

3.3 Součást 1



Výrobní výkres je vypracován v příloze č. 3.

Technologický postup

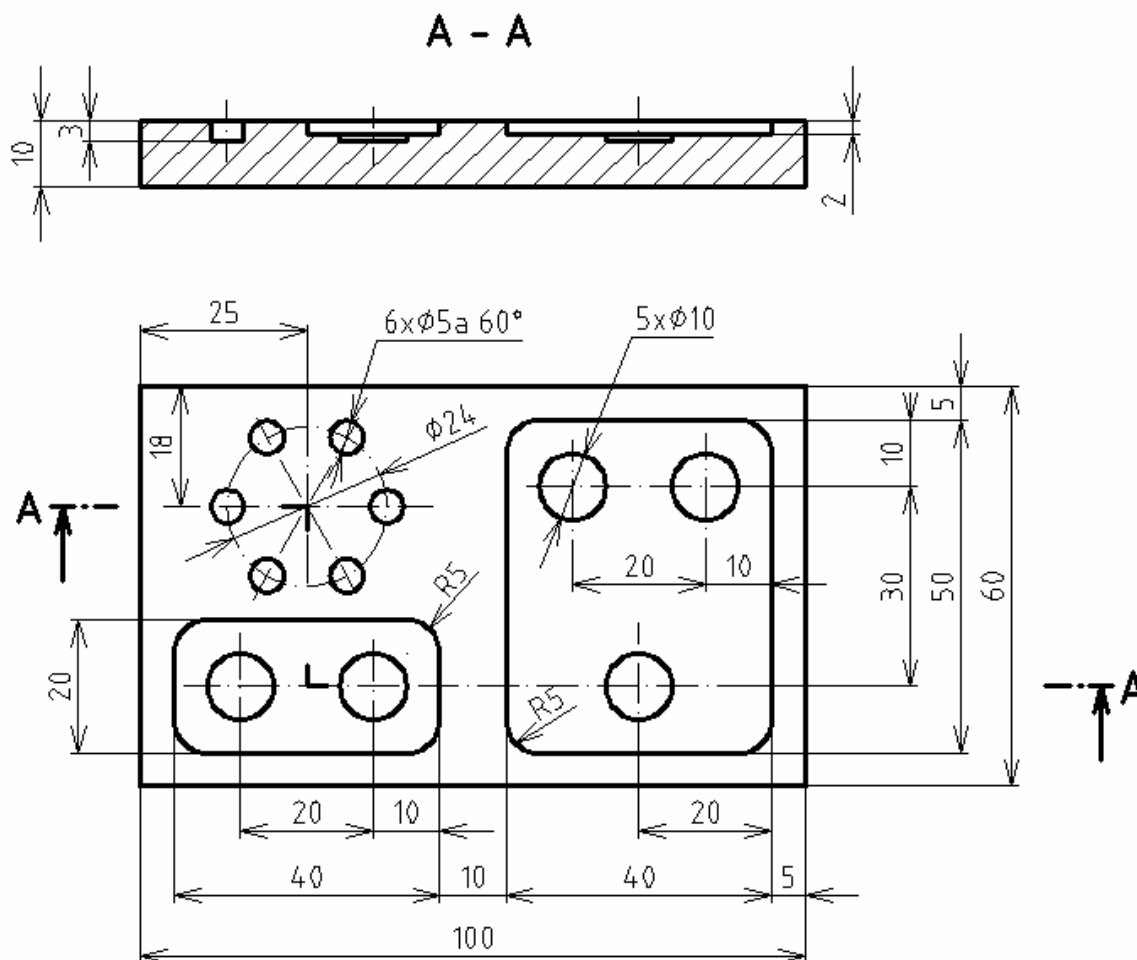
1. frézování kontury čelní vřetovitou frézou $\Phi 20$ mm, hloubka 5 mm
2. frézování kapsy 40×30 čelní vřetovitou frézou $\Phi 8$ mm, hloubka 5 mm
3. frézování 4 drážek čelní vřetovitou frézou $\Phi 8$ mm, hloubka 2,5 mm

Nástrojové vybavení a řezné podmínky

Nástroj	f [mm·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	v_c [m·min ⁻¹]
čelní vřetovitá fréza $\Phi 20$	550	2400	150
čelní vřetovitá fréza $\Phi 8$	550	4800	150

Nástroj	f [mm·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	v _c [m·min ⁻¹]
čelní válcová fréza Φ20	550	2400	150
drážkovací fréza Φ8	270	5400	150
vrták Φ8	398	1990	50
vrták Φ12	330	1325	50

3.5 Součást 3



Výrobní výkres je vypracován v příloze č. 5.

Technologický postup

1. frézování kapsy 40 x 50 čelní válcovou frézou $\Phi 10$ mm, hloubka 2 mm
2. frézování kapsy 40 x 20 čelní válcovou frézou $\Phi 10$ mm, hloubka 2 mm
3. frézování děr 5 x $\Phi 10$ mm do hloubky 3 mm
4. frézování děr 6 x $\Phi 5$ mm na roztečné kružnici do hloubky 3 mm

Nástrojové vybavení a řezné podmínky

Nástroj	f [mm·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	v_c [m·min ⁻¹]
čelní válcová fréza $\Phi 10$	650	4700	150
čelní válcová fréza $\Phi 5$	160	5000	150

4 ZPRACOVÁNÍ NC PROGRAMŮ PRO DANÉ SOUČÁSTI

V této kapitole jsou zpracovány programy tří zvolených součástí. Celé programy jsou zobrazeny v příloze č. 6, 7, 8.

Vytvoření programu je v následujících krocích:

1. Začátek programu
2. Definování polotovaru
3. Definování nástrojů
4. Volání nástroje
5. Vlastní program
6. Konec programu

4.1 Součást 1

Program je vytvořen s třemi podprogramy.

1. Začátek programu - Název součásti, jednotky.

0 BEGIN PGM SOUCAST1 MM

2. Definování polotovaru - Volí se osa vřetene a následně se zadávají souřadnice X, Y, Z MIN bodu a souřadnice X, Y, Z MAX bodu.

1 BLK FORM 0,1 Z X+0 Y+0 Z-10
2 BLK FORM 0,2 X+100 Y+70 Z+0

3. Definování nástrojů - Programuje se až přímo na stroji, po změření korekcí nástroje (délky a radiusu). Uvedeno v kapitole 6.

3 TOOL DEF 1 L116,327 R 10,021

4. Volání nástroje - Volá se číslo nástroje, které jsme předem nadefinovali, dále se zadává osa vřetene Z a otáčky vřetene.

4 TOOL CALL 1 Z S2400

5. Vlastní program - Programování obrysů
- Cykly

Programování obrysů

Obrys obrobku se skládá obvykle z více obrysových prvků, jako jsou přímky a kruhové oblouky. Pomocí dráhových funkcí se naprogramují pohyby nástroje pro přímky a kruhové oblouky.

Programování pohybu nástroje pro obrábění

Při vytváření programu obrábění, se postupně programují dráhové funkce pro jednotlivé prvky obrysu obrobku. K tomu se obvykle zadávají souřadnice koncových bodů prvků obrysu z kótovaného výkresu. Z těchto zadání souřadnic, nástrojových dat a korekce rádiusu zjistí TNC skutečnou dráhu pojezdu nástroje. TNC pojíždí současně všemi strojními osami, které byly naprogramovány v programovém bloku dráhové funkce. (3)

Přímka L



Aktivuje se klávesou . TNC přejíždí nástrojem po přímce ze své aktuální polohy do koncového bodu přímky. Bodem startu je koncový bod předchozího bloku.

Zadáva se - Souřadnice koncového bodu přímky

- Korekce rádiusu RL/RR/R0
- Posuv F
- Přídavné funkce M

Aby se nemusely do každé věty (řádku) opakovaně vypisovat hodnoty posuvů, korekcí a M funkcí, tak si TNC zadané hodnoty pamatuje a pracuje s nimi, až do té doby než jsou zadány jiné. U souřadnic koncových bodů je to podobné, když se nástroj posouvá např. jen v ose X nemusí se osa Y a Z již zadávat.

```
24 L Z+2 R0 FMAX
25 L X+60 Y-30
26 L Z-5 R0 F550
27 L Y+0 F550
28 L X+50
29 CR X+40 Y+10 R+10 DR+
30 L X+30
31 L X+5 Y+15
32 L Y+50
35 L Y+55
36 L X+55 Y+65
37 L X+95
```

Vložení zkosení CHF mezi dvě přímky

Klávesa  . Rohy obrysu, které vzniknou jako průsečík dvou přímek, lze opatřit zkosením. V přímkových blocích před a za blokem CHF je třeba naprogramovat pokaždé obě souřadnice roviny, ve které se má zkosení provést. Dále korekce rádiusu před a za blokem CHF musí být stejná. Zkosení musí být proveditelné aktuálním nástrojem. Posuv F je účinný jen v bloku CHF.

```
37 X+95 Y+65 RL
38 CHF 10
39 L X+95 Y+0 RL
```

Zaoblení rohů RND

Klávesa  . Funkce RND zaobluje rohy obrysu. Nástroj přejíždí po kruhové dráze, která se tangenciálně napojuje jak na předcházející, tak i na následující prvek obrysu. Kruh zaoblení musí být proveditelný vyvolaným nástrojem.

Kruhová dráha CR s definovaným rádiusem

Klávesa  . Nástroj přejíždí po kruhové dráze s rádiusem R.

Zadáva se - Souřadnice koncového bodu kruhového oblouku

- Rádus R znaménko definuje velikost kruhového oblouku
- Smysl otáčení DR znaménko definuje konkávní nebo konvexní zakřivení
- Přídavná funkce M a posuv F - je-li třeba

```
28 L X+50
29 CR X+40 Y+10 R+10 DR+
30 L X+30
31 L X+5 Y+15
32 L Y+50
33 CR X+25 Y+10 DR-
34 CR X+45 Y+10 DR+
35 L Y+55
```

Najetí a opuštění obrysu**Důležité polohy při najetí a odjetí (Obr. 4.1)**

- Výchozí bod Ps

Tato poloha se programuje bezprostředně před blokem APPR. Ps leží mimo obrys a najíždí se na ní bez korekce rádiusu (R0).

- Pomocný bod P_H

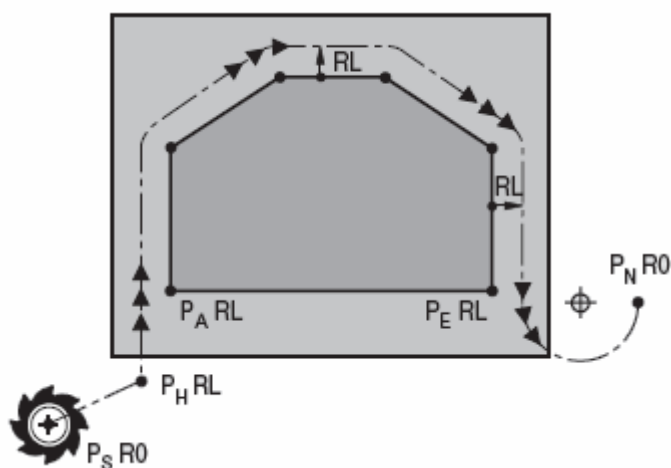
Najetí a odjetí probíhá u některých tvarů dráhy přes pomocný bod P_H , který TNC vypočítá z údajů v blocích APPR a DEP. TNC odjíždí z aktuální polohy do pomocného bodu P_H s naposledy naprogramovaným posuvem.

- První bod obrysu P_A a poslední bod obrysu P_E

První bod obrysu P_A se programuje v bloku APPR, poslední bod obrysu P_E se naprogramuje s libovolnou dráhovou funkcí

- Koncový bod P_N

Poloha P_N leží mimo obrys a vyplývá z vašeho zadání v bloku DEP. Obsahuje-li blok DEP též souřadnici Z, najede TNC nejdříve nástrojem v rovině obrábění na P_H a tam v ose nástroje na zadanou výšku.

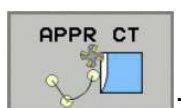


Obr. 4.1 Důležité polohy při najetí a odjetí (4)

Najetí po kruhové dráze s tangenciálním napojením: APPR CT (Obr. 4.2)

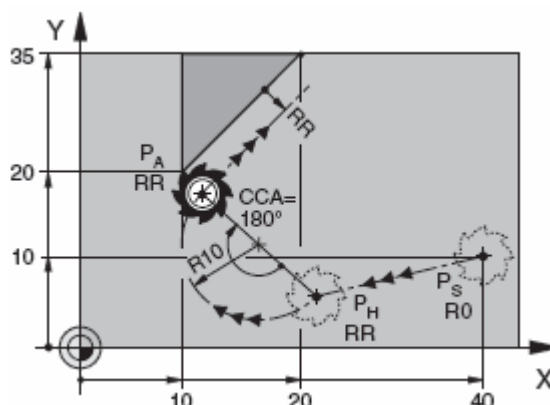
TNC najíždí nástrojem po přímce z výchozího bodu P_S na pomocný bod P_H . Odtud najíždí po kruhové dráze, která přechází tangenciálně do prvního obrysového prvku, na první bod obrysu P_A . Kruhová dráha z P_H do P_A je definována rádiusem R a úhlem středu CCA . Smysl otáčení kruhové dráhy je dán průběhem prvního prvku obrysu.

Zahájení dialogu stisknutím klávesy APPR/DEP  a softklávesy APPR CT



Zadáva se: - Souřadnice prvního bodu obrysu P_A

- Rádus R kruhové dráhy: $+R...$ Najetí na stranu obrobku, která je definovaná korekcí rádusu
- $R...$ Najetí ze strany obrobku
- Úhel středu CCA kruhové dráhy:
- Korekce rádusu RR/RL pro obrábění (3)



Obr. 4.2 Najetí po kruhové dráze s tangenciálním napojením (4)

16 L Z-10 R0 F550

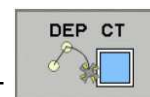
17 APPR CT X+50 Y+0 CCA90 R+20 RL F200

18 L X+0 F 550

Odjetí po kruhové dráze s tangenciálním napojením: DEP CT (Obr. 4.3)

TNC odjíždí nástrojem po kruhové dráze z posledního bodu obrysu P_E do koncového bodu P_N . Kruhová dráha se tangenciálně napojuje na poslední prvek obrysu.

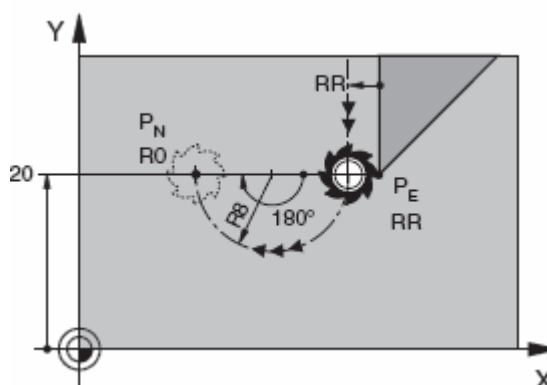
Naprogramování posledního obrysového prvku s koncovým bodem P_E a korekcí rádusu.



Zahájení dialogu stisknutím klávesy APPR/DEP a softklávesy DEP CT.

Zadáva se: - Úhel středu CCA kruhové dráhy

- Rádus R kruhové dráhy: $+R...$ Nástroj má opustit obrobek na té straně, která byla definována korekcí rádusu
- $R...$ Nástroj má opustit obrobek na protilehlé straně, než která byla definována korekcí rádusu (3)



Obr. 4.3 Odjetí po kruhové dráze s tangenciálním napojením (4)

```

22 L X+50
23 DEP CT CCA90 R+20
24 L Z+2 R0 FMAX

```

Cykly

Po zvolení skupiny cyklů, například frézování kapes, ostrůvků a drážek. Cyklus kapes. TNC zahájí dialog a dotazuje se na všechny zadávané hodnoty, současně TNC zobrazí v pravé polovině obrazovky grafiku, ve které je každý zadávaný parametr zvýrazněn. Po zadání všech parametrů, které TNC požaduje TNC dialog ukončí.

Kapsa

Nástroj se ve středu kapsy zanoří do obrobku a jede na první hloubku přísuvu. TNC vyhrubuje kapsu zevnitř ven s přihlédnutím ke koeficientu přesahu a přídavku na dokončení (pokud je zadán). Na konci obrábění odjede nástroj tangenciálně od stěny kapsy o bezpečnou vzdálenost nad aktuální hloubku přísuvu a odtud jede rychloposuvem zpět do středu kapsy. Tento postup se opakuje, až se dosáhne naprogramované hloubky.

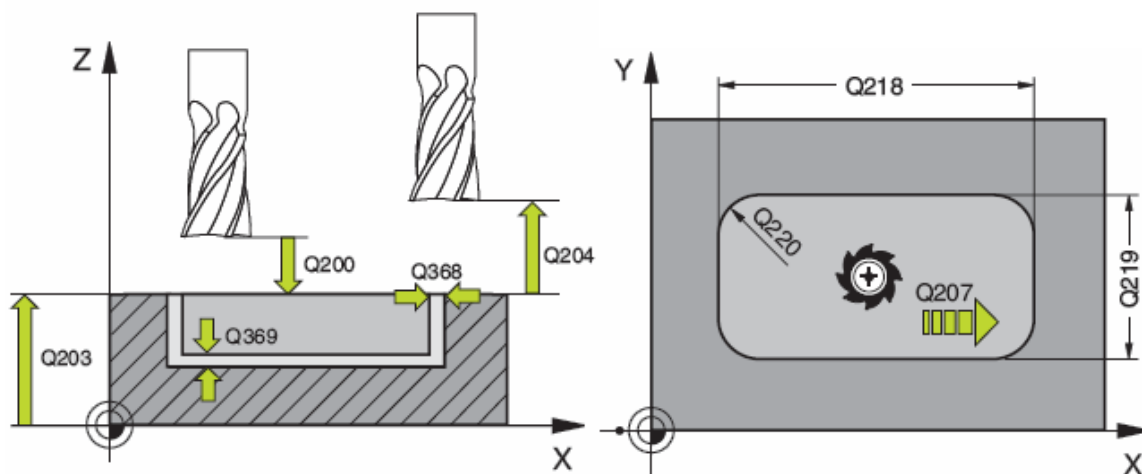
Pokud jsou zadány přídavky pro obrábění načisto, tak TNC nejdříve obrobí načisto stěny kapsy a poté dno kapsy zevnitř směrem ven. Na dno i stěny kapsy se přitom najíždí tangenciálně.

```

7 CYCL DEF 251 PRAVOUHLA KAPSA~
  Q 251=+0      ;ZPUSOB FREZOVANI~
  Q 218=+40     ;1. DELKA STRANY~
  Q 219=+30     ;2. DELKA STRANY~
  Q 220=+4      ;RADIUS V ROHU~
  Q 368=+0      ;PRIDAVEK PRO STRANU~
  Q 224=+0      ;UHEL NATOCENI~

```

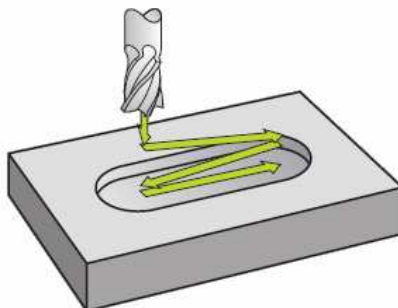

Q 367=+0 ;POLOHA KAPSY~
 Q 207=+550 ;FREZOVACI POSUV~
 Q 351=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI~
 Q 201=-5 ;HLOUBKA~
 Q 202=+5 ;HLOUBKA PRISUVU~
 Q 369=+0 ;PRIDAVEK PRO DNO~
 Q 206=+150 ;POSUV NA HLOUBKU~
 Q 338=+5 ;PLGNG. DEPTH FINIS.~
 Q 200=+2 ;BEZPEC. VZDALENOST~
 Q 203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU~
 Q 204=+50 ;2. BEZPEC. VZDALENOST~
 Q 370=+1 ;PREKRYTI DRAHY NASTROJE~
 Q 366=+0 ;PONOROVAT~
 Q 385=+500 ;POSUV NA CISTO



Obr. 4.4 Q parametry kapsy (4)

Drážka

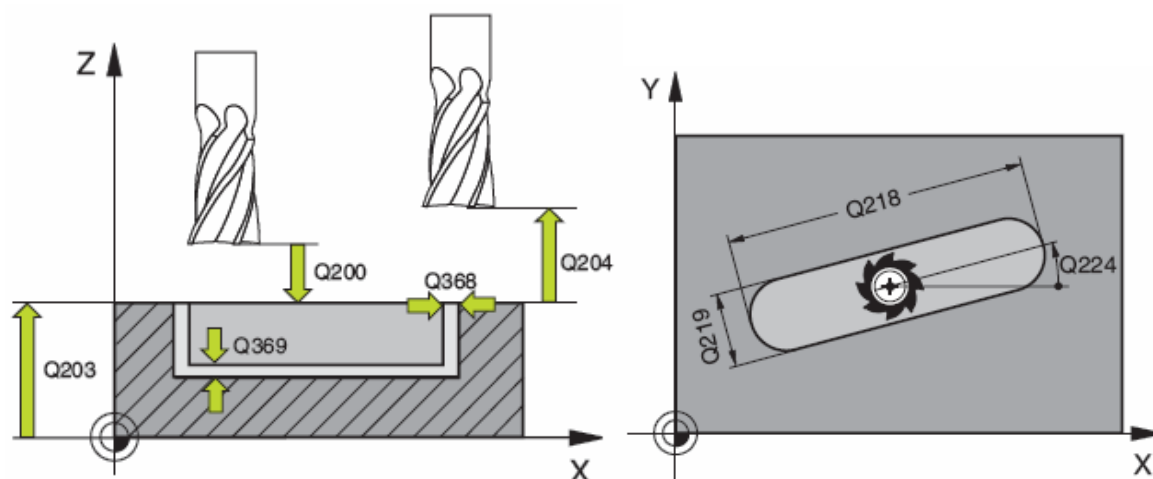
Nástroj je vykloněn a vychází z levého středu kruhu drážky pod úhlem zanoření, definovaným v tabulce nástrojů, do první hloubky přísuvu. TNC vyhrubuje drážku zevnitř ven s přihlédnutím k přídávku pro obrábění načisto. Tento postup se opakuje, až se dosáhne naprogramované hloubky drážky. Pokud jsou zadány přídavky pro obrábění načisto, tak TNC nejdříve obrobí načisto stěny drážky, a na závěr dno.



Obr. 4.5 Drážka (3)

10 CYCL DEF 253 FREZOVANI DRAZKY~

Q215=+0 ;ROZSAH OBRABENI~
 Q218=+20 ;DELKA DRAZKY~
 Q219=+8 ;SIRKA DRAZKY~
 Q368=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU~
 Q224=+90 ;UHEL NATOCENI~
 Q367=+0 ;POLOHA DRAZKY~
 Q207=+550 ;FREZOVACI POSUV~
 Q351=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI~
 Q201=-2,5 ;HLOUBKA~
 Q202=+3 ;HLOUBKA PRISUVU~
 Q369=+0 ;PŘÍDAVEK PRO DNO~
 Q206=+150 ;POSUV NA HLOUBKU~
 Q338=+3 ;PRISUV OBR. NACISTO~
 Q200=+2 ;BEZPC. VZDALENOST. ~
 Q203=-5 ;SOURADNICE POVRCHU~
 Q204=+50 ;2. BEZP. VZDALENOST~
 Q366=+0 ;PONOROVAT~
 Q385=+500 ;POSUV NA CISTO



Obr. 4.6 Q parametry drážky (4)

6. Konec programu - jeho název, jednotky

54 END PGM SOUCAST 1 MM

4.2 Součást 2

Při zpracování tohoto NC programu se postupovalo podobně jako u předchozí součásti. Vzhledem ke shodnosti některých zadaných funkcí, zde již nebudou tyto funkce znovu uvedeny.

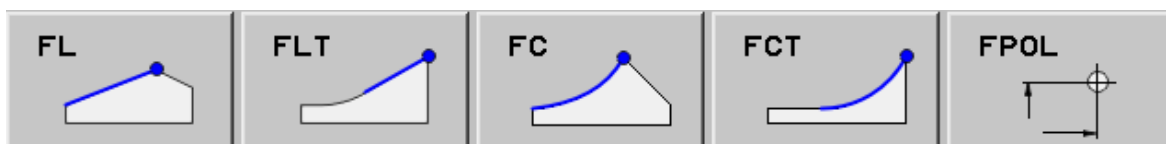
Při programování obrysu nešlo programovat pomocí dráhových funkcí, protože koncové body obrysu na výkrese nejsou plně okótovány a proto bylo zvoleno volné programování FK.

Volné programování kontur FK

Není-li výkres okótován tak, aby to vyhovovalo pro NC, a kóty jsou pro NC-program neúplné, pak lze naprogramovat obrys obrobku pomocí volného programování kontur dále jen FK. V těchto případech se jednoduše zadávají z klávesnice známá data aniž by se muselo něco přepočítávat nebo vypočítávat. Při tom mohou být jednotlivé prvky kontury neurčité, dokud není určena celková kontura sama o sobě. Vedou-li data k několika matematickým řešením, jsou nabídnuta užitečnou programovací grafikou systému iTNC 530 k rozhodnutí.

FK

Programování se začíná klávesou **FK**. Poté se zobrazí nabídka softkláves



ze které se volí: FL - Přímka bez tangenciálního napojení

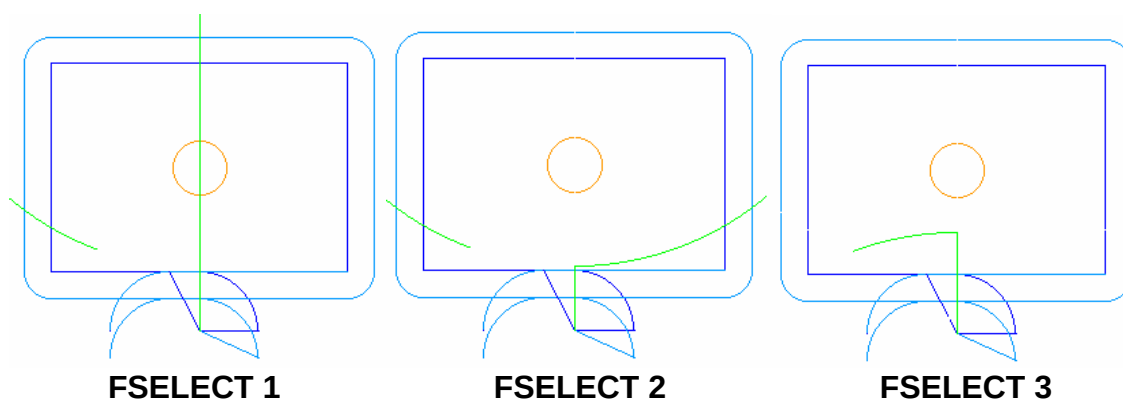
FLT - Přímka s tangenciálním napojením

FC - Kruhový oblouk bez tangenciálního napojení

FCT - Kruhový oblouk s tangenciálním napojením

FPOL - Pól pro FK programování

Po zadání všech známých veličin nabídlo iTNC 530 k rozhodnutí (Obr. 4.7). Směr obrysu pro výběr je nakreslen zeleně. Bylo zvoleno FSELECT 3.



Obr. 4.7 Matematická řešení na výběr

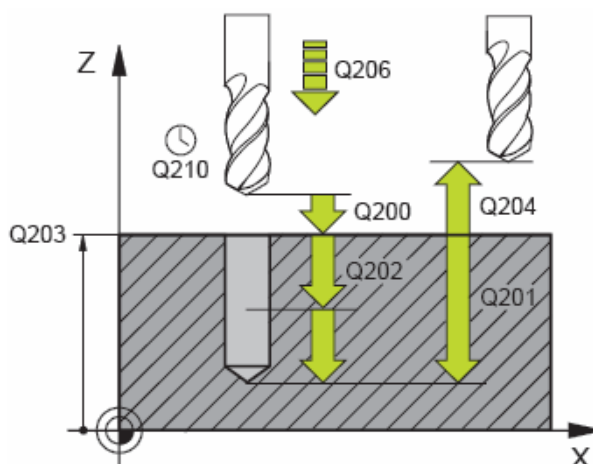
37 FL AN+90 RL F550
 38 FC X-35 Y-27.5 R100 DR+ CCX+0
 39 FSELECT 3
 40 FL AN+104.5 Y-20
 41 FL X-40 Y+20
 42 FL X+0 AN+7.5
 43 FL X+0 Y+50 R0
 44 L Z+2 RO FMAX

Vrtání

TNC napolohuje nástroj v ose vřetena rychloposuvem FMAX do bezpečné vzdálenosti nad povrchem obrobku. Nástroj vrtá programovaným posuvem F až do první hloubky přísuvu. TNC odjede nástrojem rychloposuvem FMAX zpět na bezpečnou vzdálenost a poté najede opět rychloposuvem až na bezpečnou vzdálenost nad první přísuvnou hloubku. Potom vrtá nástroj zadaným posuvem F o další hloubku přísuvu. TNC opakuje tento postup, až dosáhne zadané hloubky díry. Ze dna díry odjede nástroj rychloposuvem na bezpečnou vzdálenost.

19 CYCL DEF 200 VRTANI

Q200=+2 ;BEZPEC. VZDALENOST~
 Q201=-0.5 ;HLOUBKA~
 Q206=+330 ;POSUV NA HLOUBKU~
 Q202=+5 ;HLOUBKA PRISUVU~
 Q210=+0 ;CAS. PRODLEVA NAHORE~
 Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU~
 Q204=+50 ;2. BEZP. VZDALENOST~
 Q211=+0.25 ;CAS. PRODLEVA DOLE



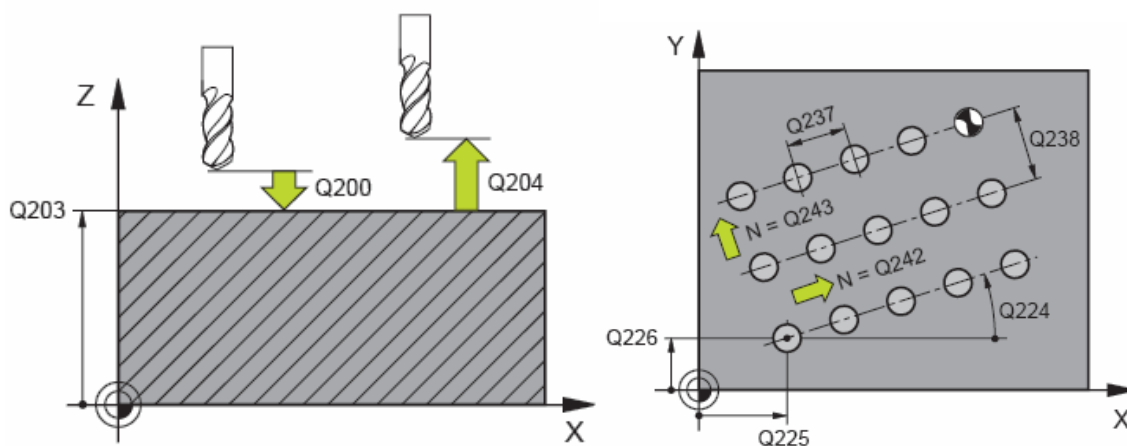
Obr. 4.8 Q parametry vrtání (4)

Rastr v řadě

Nástroj najede rychloposuvem z aktuální polohy do bodu startu prvního obrábění. Z této polohy provede TNC nadefinovaný obráběcí cyklus vrtání. Potom TNC napolohuje nástroj v kladném směru hlavní osy na bod startu další obráběcí operace, nástroj se přitom nachází na bezpečné vzdálenosti. Potom TNC přejede nástrojem na poslední bod druhého řádku a provede tam obráběcí operaci. Odtud polohuje TNC nástroj v záporném směru hlavní osy na bod startu další obráběcí operace.

57 CYCL DEF 221 RASTR V RADE

Q225=-15	;VYCHOZI BOD 1. OSY~
Q226=-15	;VYCHOZI BOD 2. OSY~
Q237=+30	;ROZTEC 1. OSY~
Q238=+30	;ROZTEC 2. OSY~
Q242=2	;POCET SLOUPCU~
Q243=2	;POCET RADKU~
Q224=+0	;NATOCENI~
Q200=2	;BEZPECNOSTNI VZDALENOST~
Q203=+0	;SOURADNICE POVRCHU~
Q204=+50	;2. BEZPECNOSTNI VZDALENOST~
Q301=+1	;POHYB DO BEZPECNE VYSKY

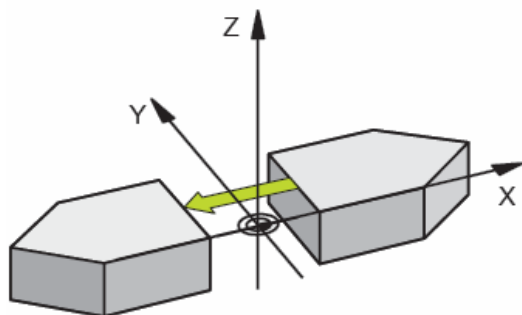


Obr. 4.9 Q parametry pro rastr bodů (4)

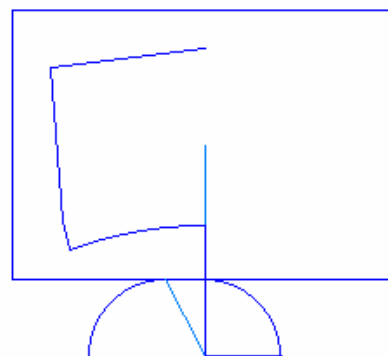
Zrcadlení

TNC může provádět v rovině obrábění zrcadlené obrábění. Zrcadlení je účinné od své definice v programu. Při zrcadlení podle jedné osy se změní smysl oběhu nástroje. V tomto případě leží nulový bod na obrysu, který se má zrcadlit, a proto se prvek zrcadlí přímo vůči tomuto nulovému bodu. Zadává se akorát osa v které se bude zrcadlit.

47 CYCL DEF 8.0 ZRCADLENÍ
48 CYCL DEF 8.1 X



Obr. 4.10 Zrcadlení (4)



Obr. 4.11 Obrys pro zrcadlení

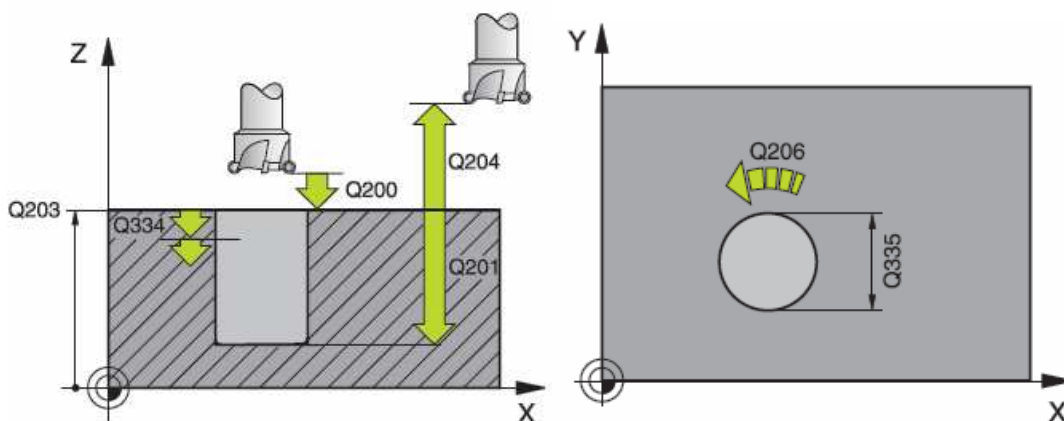
4.3 Součást 3

Při zpracování tohoto NC programu se postupovalo podobně jako u předchozích součástí. Vzhledem ke shodnosti některých zadaných funkcí, zde již nebudou tyto funkce znovu uvedeny.

Frézování díry

TNC napoložuje nástroj v ose vřetena rychloposuvem do zadané bezpečné vzdálenosti nad povrchem obrobku a najede kruhovým pohybem na zadaný průměr. Nástroj frézuje zadaným posuvem F po šroubovici až do zadané hloubky díry. Když se dosáhne hloubky díry, projede TNC ještě jednou úplný kruh, aby se odstranil materiál, který zůstal neodebrán při zanořování. Potom napoložuje TNC nástroj zpět do středu díry. Pak vyjede TNC rychloposuvem zpět do bezpečné vzdálenosti.

```
19 CYCL DEF 208 FREZOVANI DIRY~
  Q 200=+2    ;BEZPEC. VZDALENOST~
  Q 201=-3    ;HLOUBKA~
  Q 206=+150  ;POSUV NA HLOUBKU~
  Q 334=+0.25 ;HLOUBKA PRISUVU~
  Q 203=+0    ;SOURADNICE POVRCHU~
  Q 204=+50   ;2. BEZPEC. VZDALENOST~
  Q 335=+10   ;ZADANY PRUMER~
  Q 342=+0    ;PRUMER PREDVRTANI
```



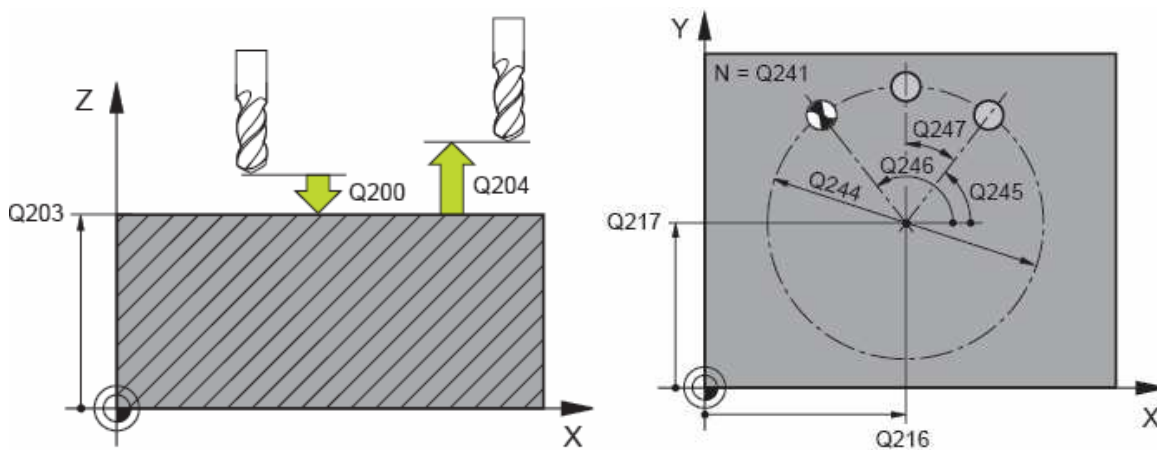
Obr. 4.12 Q parametry cyklu frézování děr (4)

Rastr bodů na kruhu

Nástroj najede rychloposuvem z aktuální polohy do bodu startu prvního obrábění. Z této polohy provede TNC naposledy definovaný obráběcí cyklus (vrtání). Potom TNC napoložuje nástroj kruhovým pohybem do bodu startu dalšího vrtání, nástroj se přitom nachází na bezpečné vzdálenosti. Tento postup se opakuje, až se provede všech šest vrtání.

29 CYCL DEF 220 RASTR NA KUH~

Q 216=+25	;SRTED 1. OSY~
Q 217=+42	;SRTED 2. OSY ~
Q 244=+24	;PRUMER ROZTEC. KRUHU~
Q 245=+0	;START. UHEL~
Q 346=+360	;KONC. UHEL~
Q 247=+60	;UHLOVA ROZTEC~
Q 341=+6	;POCET OBRABENI~
Q 200=+2	;BEZPEC. VZDALENOST ~
Q 203=+0	;SOURADNICE POVRCHU~
Q 204=+50	;2. BEZPEC. VZDALENOST~
Q 301=+1	;NAJET BEZPEC. VYSKU~
Q 265=+1	;ZPUSOB POHYBU

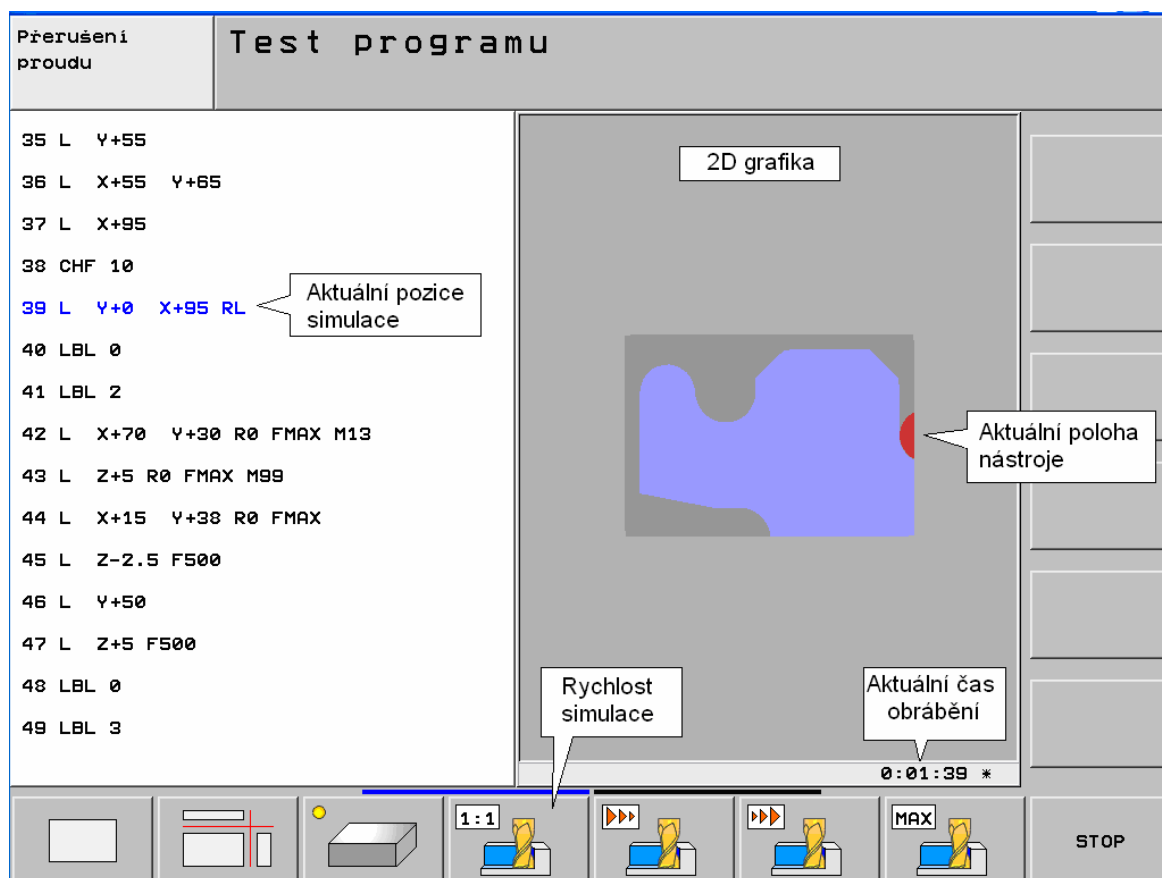


Obr. 4.13 Q parametry pro rastr bodů na kruhu (4)

5 EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ NC PROGRAMŮ

Ověření NC programu se provádí v provozním režimu TEST. Simulaci je možno ovládat pomocí softkláves na spodní liště obrazovky (Obr. 5.1). Lze přitom řešit jednotlivé náhledy, rychlost zobrazení simulace, viditelnost nástroje atd. Dále je vidět aktuální pohyb nástroje po obrobku, který je charakterizován vysvíceným řádkem v programu, takže vidíme kde se právě v programu nacházíme a v jaké fázi simulace je.

5.1 Součást 1

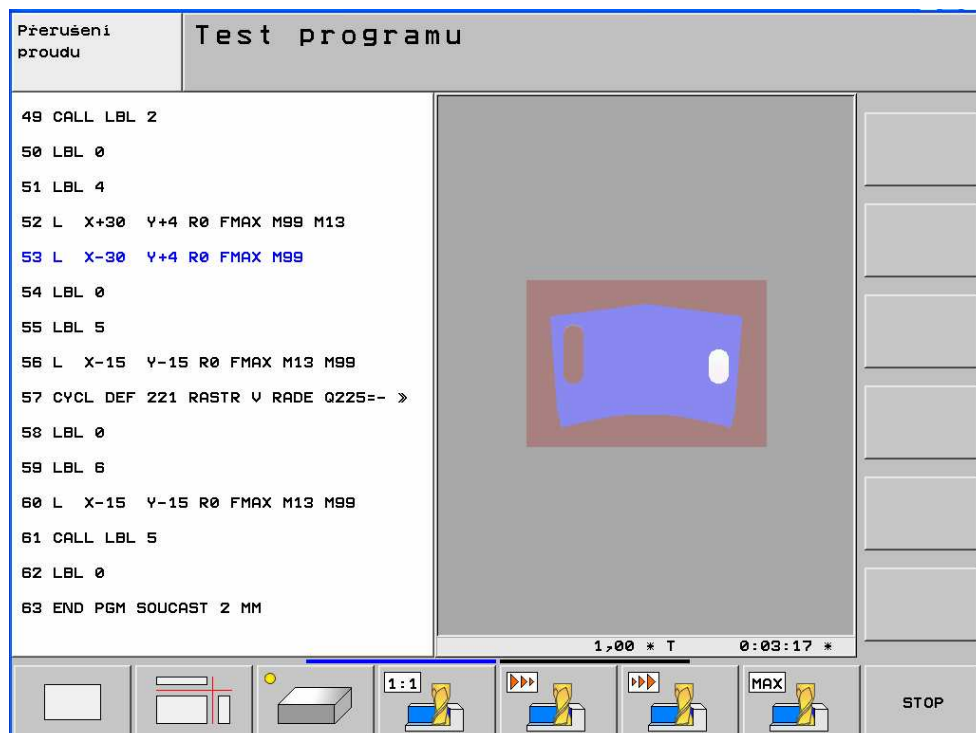


Obr. 5.1 Test programu součásti 1

Celkový čas simulace obrábění: 3 min 25 s

Celkový čas simulace nemusí vždy odpovídat reálnému času obrábění, protože na stroji jsme schopni provádět ruční korekce, případně se nám zde může projevit zpomalení nebo zrychlení pohybu nástroje.

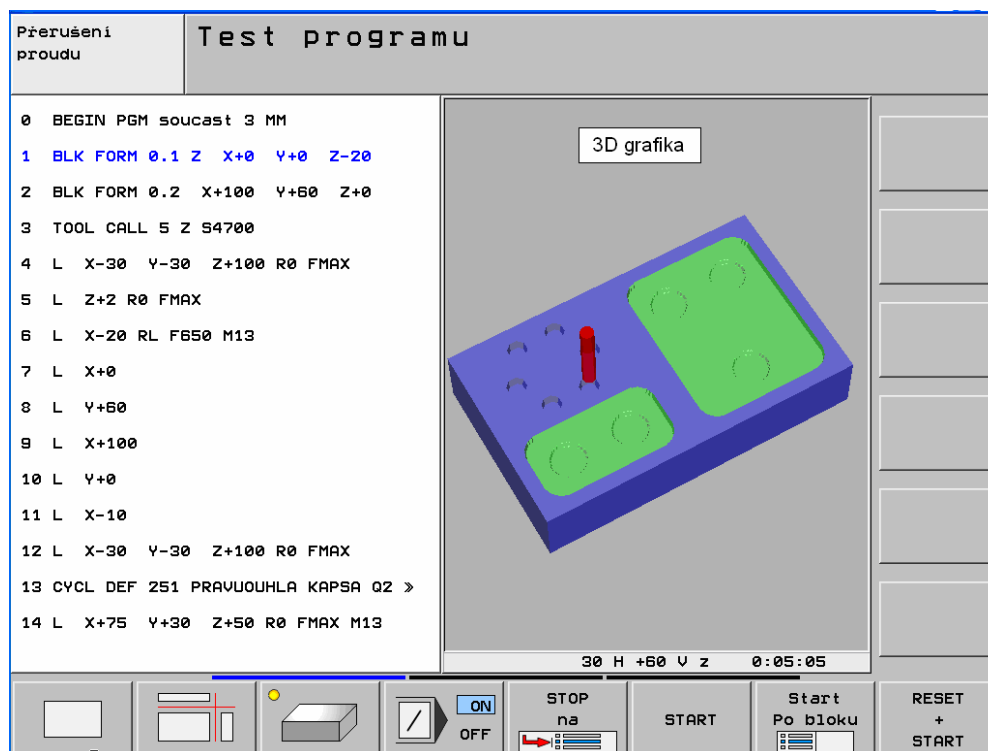
5.2 Součást 2



Obr. 5.2 Test programu součásti 2

Celkový čas simulace obrábění: 4 min 54 s

5.3 Součást 3



Obr. 5.3 Test programu součásti 3

Celkový čas simulace obrábění: 5 min 5 s

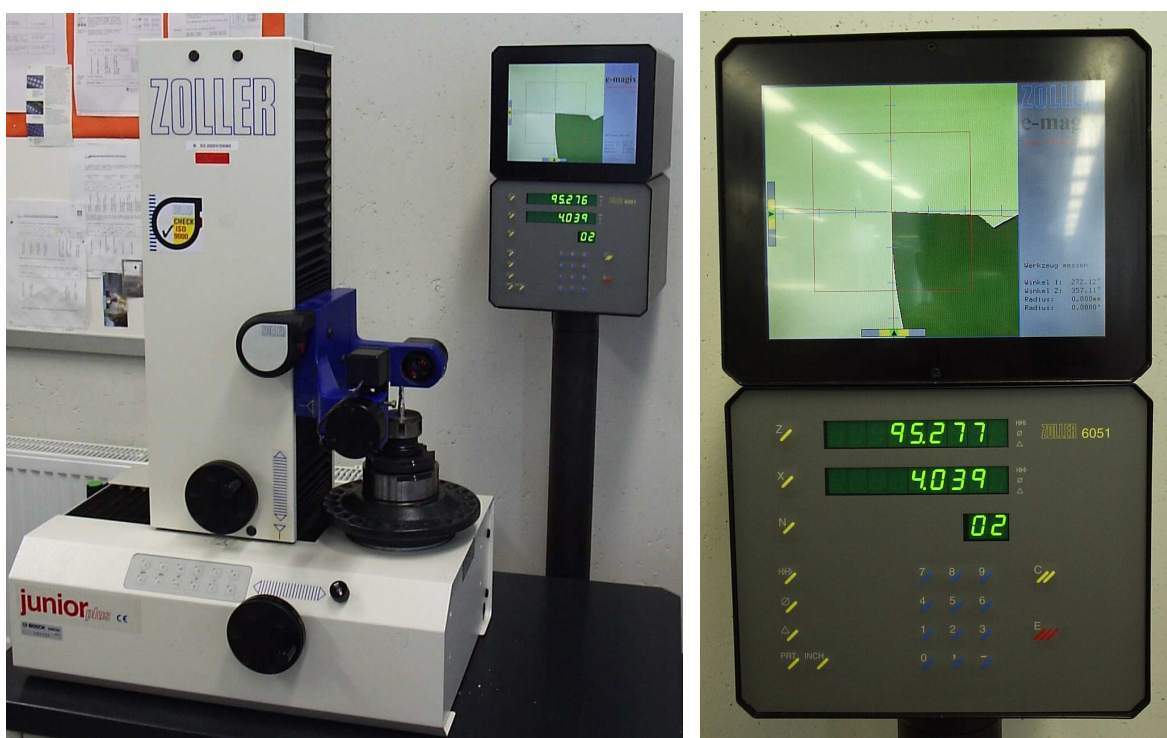
6 OBRÁBĚNÍ NA STROJI

V této kapitole je popsáno obrábění na frézce FV25 A podle předem vytvořeného programu. Obrábění bylo provedeno na součástce 1, která byla naprogramována na externím pracovišti a následně odsimulována. Veškeré nástrojové vybavení a zvolené řezné podmínky jsou zpracovány v 3. kapitole.

6.1 Měření korekce nástrojů

Na měření korekcí byl použit přístroj ZOLLER (Obr.6.1). Tento přístroj pracuje na bázi optického měření.

Nástroj v upínacím trnu se vloží do magnetického upínače měřicího přístroje. Pomocí optického hledáčku se najede na maximální hodnotu špičky zubu frézy a z digitálního displeje se odečte hodnota poloměru a délky nástroje. Tyto hodnoty jsou poté zadány do NC programu.



Obr. 6.1 Přístroj ZOLLER

6.2 Příprava stroje

Po zapnutí konzolové frézky bylo provedeno najetí do referenčních bodů. Materiál byl upnut do pneumatického svěráku a následně bylo najeto na nulový bod obrobku. Přes port PS2 se nahrála všech dat do stroje a byla provedena ještě jednou simulace v TNC 530. Nebyly zjištěny žádné kolize.

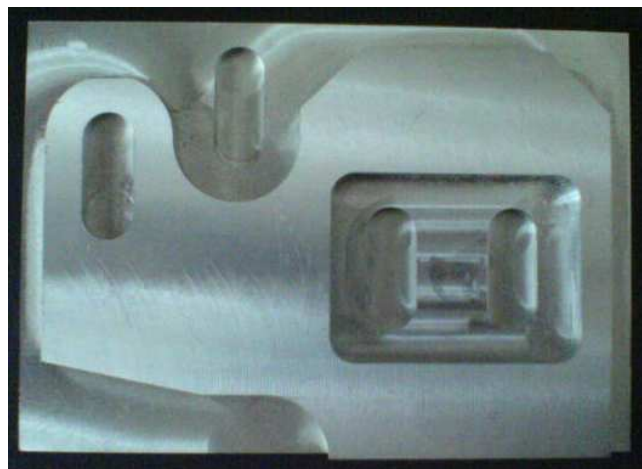
6.3 Samotné obrábění

Obrábění proběhlo v pořádku a nedošlo k žádnému koliznímu stavu. Při obrábění byla pořízena tato fotografie (Obr. 6.1).



Obr. 6.1 Obrábění na frézce

Obrobená součástka 1



Obr. 6.2 Obrobená součást 1

ZÁVĚR

Předložená práce zahrnuje základní informace o operačním systému Heidenhain iTNC 530, ve kterém jsem vytvořil programy pro výrobu tří různých součástí. Tvorbou programů jsem se seznámil s jeho ovládáním a naučil jsem se s tímto systémem pracovat.

První část práce se zabývá teoretickým popisem základních informací o operačním systému Heidenhain iTNC 530, způsobem programování na programovací stanici a jsou zde popsány i základní informace o frézce FV 25 CNC A.

V druhé části bylo při praktické realizaci provedeno:

- volba řezných nástrojů a výpočet řezných podmínek
- stanovení technologických postupů obrábění
- vytvoření programů obrábění
- simulace obrábění
- měření korekcí nástrojů a příprava stroje
- obrábění na stroji

Vytvořené programy jsem odsimuloval, tím zjistil jejich funkčnost a předešel případné kolizi při obrábění, která by mohla vést ke zničení nástroje nebo i stroje. Simulace mi potvrdila bezproblémový chod programu a tím jeho správnost. Při následném obrábění nedošlo k žádnému koliznímu stavu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, 1997. 857 s. Přel. z: *Modern Metal Cuttig - A Practical Handbook*. ISBN 91-97 22 99-4-6
2. HEIDENHAIN /On - line/ dostupné na www.heidenhain.cz
3. HEIDENHAIN: *Průvodce Popisný dialog iTNC 530*. 9/2006, Německo, Traunreut, 1.vyd., 126 s.
4. HEIDENHAIN: *Příručka uživatele Popisný dialog HEIDENHAIN iTNC 530*. 9/2006, Německo, Traunreut, 1.vyd., 751 s.
5. HEIDENHAIN: *Návod k obsluze Programovací pracoviště iTNC 530*. 9/2005, Německo, Traunreut, 1.vyd., 48 s.
6. OBRÁBĚCÍ STROJE OLOMOUC s.r.o.: *Návod pro obsluhu stroje FV 25 CNC A*. Olomouc: Obráběcí stroje Olomouc. <http://www.oso-olomouc.cz>
7. JAROMÍR VALOUCH. *iTNC 530: Reprezentant řídicích systémů třetího tisíciletí* 1/2007 dostupné na <http://www.kovotech.kvalitne.cz>
8. ZPS – FRÉZOVACÍ STROJE. *Katalog frézy, Katalog vrtáky*. 2/2007 dostupné na www.zps-fn.cz

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

v_c	$[m \cdot min^{-1}]$	řezná rychlost
f_z	$[mm]$	posuv na zub
f	$[mm \cdot min^{-1}]$	posuv
n	$[min^{-1}]$	otáčky vřetena
z		počet zubů
d	$[mm]$	průměr frézy, vrtáku
FV	Frézka vertikální	
CNC	Počítačově číslicové řízení (Computer Numerical Control)	
NC	Číslicové řízení (Numerical Control)	
TNC	Číslicové řízení firmy Heidenhain (Numerical Control)	
iTNC	Číslicové řízení firmy Heidenhain (s procesorem Intel)	
LAN	Místní počítačová síť (Local Area Network)	

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Funkční klávesy na ovládacím panelu
- Příloha 2 Nástrojové vybavení a řezné podmínky
- Příloha 3 Výrobní výkres součásti 1
- Příloha 4 Výrobní výkres součásti 2
- Příloha 5 Výrobní výkres součásti 3
- Příloha 6 Program součásti 1
- Příloha 7 Program součásti 2
- Příloha 8 Program součásti 3

