



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

DESKRIPCE MOŽNOSTÍ ČÍSLICOVÉHO ŘÍZENÍ OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

DESCRIPTION OF POSSIBILITIES OF NUMERICAL CONTROL IN MACHINE TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

FILIP NEZBEDA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR BLECHA, Ph.D.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Filip Nezbeda

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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:

Deskripce možností číslicového řízení obráběcích strojů

v anglickém jazyce:

Description of possibilities of numerical control in machine tools

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše a popis možností číslicového řízení obráběcích strojů.

Cíle bakalářské práce:

Provést rešerši možností číslicového řízení obráběcích strojů.

Provést popis číslicového řízení obráběcích strojů.

Posoudit vliv požadavků na bezpečnost obráběcích strojů v oblasti jejich číslicového řízení.

Seznam odborné literatury:

Marek, J.; Konstrukce CNC obráběcích strojů, ISSN 1212-2572

Borský, V.; Obráběcí stroje, ISBN 80-214-0470-1

Borský, V.; Základy stavby obráběcích strojů, VUT Brno

Breník, Píč a kol.; Obráběcí stroje - konstrukce a výpočty, Technický průvodce 59, SNTL Praha 1982

www stránky výrobců vrtacích strojů

www.mmspektrum.com

www.infozdroje.cz

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.


Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Abstrakt

Tato práce obsahuje možnosti a popis číslicového řízení obráběcích strojů. Je zde zmíněna historie a vývoj číslicového řízení a popis některých řídicích systémů. Zabývá se také bezpečností v oblasti jejich číslicového řízení.

Klíčová slova

Číslicové řízení obráběcích strojů, bezpečnost v oblasti číslicového řízení, řídicí systémy.

Abstract


This work contains potential and description numerical control in machine tools. There are history and development of numerical control and description same control systems. It is concerned with safety in areas of numerical control.

Key words

Numerical control in machine tools, safety in areas of numerical control, control systems.

Bibliografická citace:

NEZBEDA, F. Deskripce možností číslicového řízení obráběcích strojů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Blecha, Ph.D

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

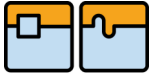
Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Deskripce možností číslicového řízení obráběcích strojů vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 28. 5. 2010

.....

Filip Nezbeda

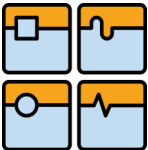
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 9
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Blechovi, Ph.D., za rady a vedení při tvorbě této bakalářské práce.

Obsah

Abstrakt.....	5
Abstract.....	5
Čestné prohlášení.....	7
Poděkování.....	9
Obsah.....	11
1 Úvod.....	12
2 Historie a vývoj číslicového řízení obráběcích strojů.....	14
2.1 Důvody vzniku NC strojů.....	14
2.2 Historie číslicově řízených obráběcích strojů.....	14
2.3 Vývoj číslicově řízených strojů rozdělený na jednotlivé generace.....	15
3 Rozdělení číslicově řízených strojů podle řídicího systému.....	16
3.1 NC stroj.....	16
3.2 CNC stroj.....	16
4 Číslicové řízení obráběcích strojů.....	17
4.1 Řízení pohybu stroje.....	17
4.2 Pohybová geometrie nástroje.....	19
4.3 Pohyb nástroje polohováním.....	19
4.4 Interpolace.....	19
4.4.1 Lineární interpolace.....	19
4.4.2 Kruhová interpolace.....	19
4.4.3 Křivková interpolace.....	19
4.5 Souřadnicový systém stroje.....	20
4.6 Body na CNC stroji.....	21
4.6.1 Referenční bod stroje.....	21
4.6.2 Nulový bod stroje.....	21
4.6.3 Nulový bod obrobku.....	21
4.6.4 Vztažný bod suportu nebo vřetene.....	21
4.6.5 Bod nastavení nástroje.....	21
4.7 Korekce nástroje.....	22
4.7.1 Délková korekce.....	22
4.7.2 Rádiusová korekce.....	22
5 Programování.....	23
5.1 On-line programování.....	23
5.1.1 Programování podle norem DIN/ISO.....	25
5.1.2 Programování pomocí uživatelského popisného dialogu.....	26
5.2 Off-line programování.....	27
6 Nejpoužívanější řídicí systémy CNC obráběcích strojů v České republice.....	28
7 Bezpečnost obráběcích strojů v oblasti jejich číslicového řízení.....	30
7.1 Definice podle normy IEC 61800-5-2.....	30
7.2 Popis některých bezpečnostních řešení řídicích systémů CNC obráběcích strojů.....	31
8 Závěr.....	32
9 Seznam použitých zdrojů.....	33
10 Seznam použitých zkratk a symbolů.....	36

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

1 Úvod

Velké požadavky zákazníků vedou k neustálému vývoji ve všech směrech lidské činnosti. Díky tomu automatizace pronikla do každého odvětví a zaujala tam významnou pozici. Jedna z těchto činností je výroba.

Cesta ke konkurenceschopnosti vede přes automatizaci výroby a tím ke snižování nákladů vynaložených na výrobu jednoho kusu výrobku. Úspora času má za následek vyšší produktivitu a tím zvládnutí zakázek v kratším čase.

Hlavním směrem automatizace je číslicové řízení (NC). Jedná se o řízení pomocí signálu tvořeného jedničkami a nulami, který ovládá silové prvky stroje. Toto představuje pružnou automatizaci, která je dnes nepostradatelným atributem v jakékoliv výrobě či provozu.

S číslicově řízenými stroji se v dnešní době setkáváme téměř v každém výrobním procesu, nikoli jen ve strojírenství. Číslicové řízení u těchto strojů umožňuje plné vytížení během směny a snížení času odstávky stroje na minimum.

Ve strojírenství, kde tyto stroje zastávají nenahraditelnou úlohu, to pak jsou především obráběcí a tvářecí stroje. Dovolují výrobu tvarově i technologicky složitých součástí. Zpřesňují, urychlují a usnadňují pracovní proces. Umožňují větší flexibilitu projevující se v rychlém přeorientování na jiný problém a pružně se přizpůsobit daným požadavkům.

V této práci se budu zabývat popisem možností číslicového řízení obráběcích strojů a popisem tohoto řízení. Na závěr se zmíním o vlivu požadavků a jejich následné realizaci na bezpečnost obráběcích strojů v oblasti číslicového řízení.

Obráběcí stroje dělíme podle rozsáhlosti jejich technologie obrábění při výrobě na jednoprofesní obráběcí stroje, obráběcí centra a univerzální obráběcí centra, jak je znázorněno na Obr. 1. (na obrázku nejsou znázorněny všechny technologie a jejich možné kombinace).

Jednoprofesní obráběcí stroje

Vyznačují se (jsou charakterizovány) tím, že používají pouze jednu technologii obrábění. Např.:

- broušení – rotační plochy
- soustružení
- frézování
- vrtání
- vyvrtávání
- broušení – rovinné plochy
- výroba ozubení

**Obráběcí centra**

Dělí se na:

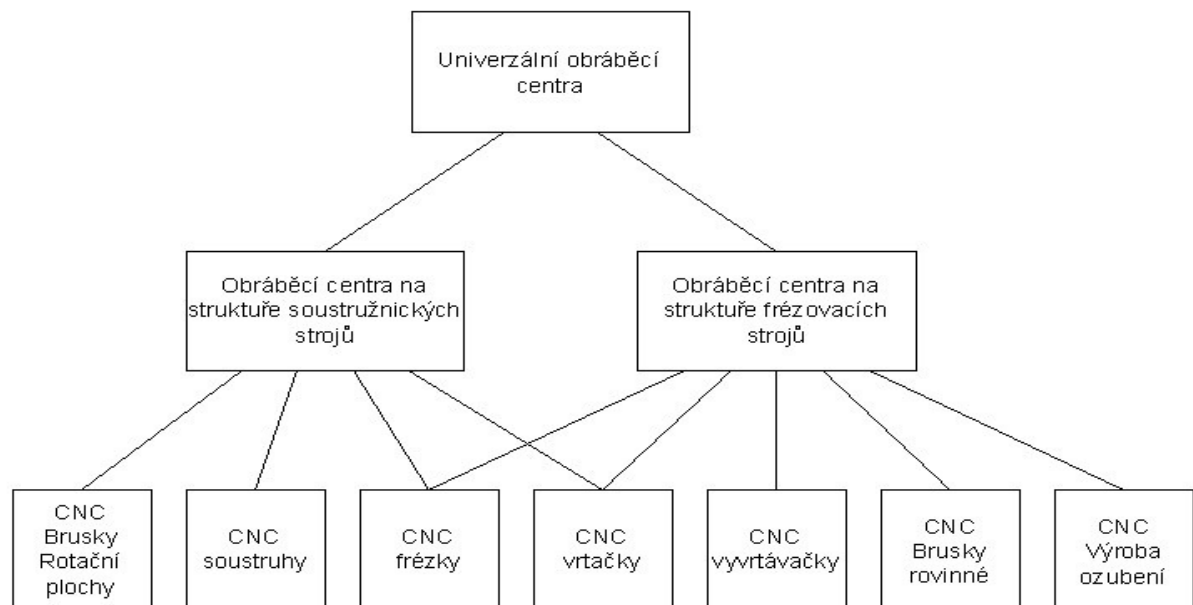
- obráběcí centra na struktuře soustružnických strojů
- obráběcí centra na struktuře frézovacích strojů

Vyznačují se tím, že:

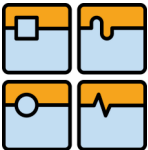
- mohou provádět různé technologie obrábění
- pracují v automatickém obráběcím cyklu
- umožňují automatickou výměnu nástroje
- mohou být vybaveny automatickou výměnou obrobku
- lze je provozovat v bezobslužném provozu
- vlastní diagnostické a monitorovací prvky

Univerzální obráběcí centra

Tyto stroje splňují vlastnosti jednoprofesních obráběcích strojů a obráběcích center. Jsou vybavena soustružnickými i frézovacími vřeteny s integrovaným elektromotorem.



Obr. 1. Jednotlivé stupně obráběcích strojů

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 14
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

2 Historie a vývoj číslicového řízení obráběcích strojů

2.1 Důvody vzniku NC strojů

Číslicově řízené stroje vznikají jako odezva na požadavky výroby složitých součástí především pro letecký průmysl. Byla zde potřeba přesnosti a možnosti kdykoli vyrobit součást se stejnými parametry. V malosériové výrobě to byla potřeba flexibility a možnost rychle se přeorientovat, kterou jednoúčelové stroje nesplňovaly.

2.2 Historie číslicově řízených obráběcích strojů

Jejich vývoj probíhal souběžně v několika směrech a to ve stavebních komponentech, vlastních strojích, řídicích systémech a výrobních soustavách.

V 50. letech 20. století to byly konvenční stroje přizpůsobené číslicovému řízení. K pohonu jsou zde elektricky řízené hydromotory později elektricky řízené motory. Odměřování zde bylo prováděno optickými snímači. NC systémy jsou řízené programovacím kolíčkovým panelem, děrnou kartou, děrnou páskou a magnetofonovou páskou. Je zde pravouhlé řízení. Jako první stroje byly číslicově řízené konzolové frézky Parson-USA a Feranti-Skotsko.


V 60. letech se objevují tranzistorové NC systémy, které jsou postupně nahrazovány v USA integrovanými obvody včetně parabolických a splineových interpolací. Vznikají výrobní linky osazené NC stoji a první víceprofesní stroj, tzv. obráběcí centrum.

V 70. letech se do strojů dostávají kuličkové šrouby valivé pro lineární pohon a hydrostatické vedení. Aplikuje už se zde inprocesní měření. NC systémy dostávají paměť a možnost editace programů. Minipočítače začínají zasahovat do ovládání NC strojů, vznikají CNC systémy.

V 80. letech se do konstrukce zabudovávají senzory pro rozlišení a kontrolu pohybu mechanických částí stroje. Stroje dostávají zásobníky na nástroje a na obrobky. Řídicí systémy jsou na bázi CNC nebo PLC multiprocesorových mikropočítačových struktur.

V 90. letech dosahují NC stroje vysoké přesnosti a mají vysokou produktivitu práce. CNC systémy mají zabudované CAD, CAM systémy v přizpůsobených osobních počítačích a velké množství technologického vybavení. Zásobníky obrobků a nástrojů jsou již velkokapacitní.

Dnes se vyrábí nové generace obráběcích center. Zapojování různých technologických operací vede ke vzniku multifunkčních strojů. Vznikají nové konstrukce strojů spojené s výrobní technologií HSC. Silové obrábění začíná ustupovat.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 15
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

2.3 Vývoj číslicově řízených strojů rozdělený na jednotlivé generace

První vývojový stupeň (generace)

Tento stupeň se vyznačoval tím, že mechanická část stroje byla stejná jako u konvenčních strojů, ale stroj byl přizpůsoben pro samostatný řídicí systém NC.

Druhá vývojový stupeň (generace)

Stroje této generace se přizpůsobují konstrukcí požadavkům číslicového řízení.

Třetí vývojový stupeň (generace)

Stroje jsou částečně koncipované jako stavebnicové, což umožňuje zde automatizovat další funkce jako např. výměnu obrobku nebo zvýšit kapacitu zásobníku nástrojů.

Čtvrtý vývojový stupeň (generace)

Je zde už plně automatizovaná výměna opotřebovaných nástrojů, manipulace s odpadem a obrobkem mezi jednotlivými mezioperacemi. Jedná se zde o vysoký stupeň automatizace. Stroje jsou stavebnicové.

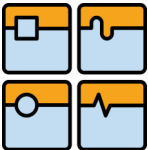
Pátý vývojový stupeň (generace)

Do konstrukce zasahují mechatronické prvky, které mohou elektronicky kompenzovat chybu polohování. Je zde zavedena inprocesní kontrola – měření obrobku během obrábění měřicími sondami. Objevuje se laserové odměřování polohy a optimalizace rezných podmínek.

Šestý vývojový stupeň (generace)

Konstrukce je zaměřená na snižování času výměny nástroje a obrobku. Koncepce stroje je individuálně řešená. Stroje je možno skládat z komponent podle požadavků zákazníka. Výrobní technologie HSC zahrnuje vysokorychlostní obrábění a také technologii suchého a tvrdého obrábění. Víceosé obrábění umožňuje zhotovení složitých tvarů na jedno upnutí. Je zde také ultrapřesné obrábění. Dálková diagnostika umožňuje sledování aktuálního stavu stroje a náhled do jeho historie provozních stavů.

Dálkovou diagnostiku by bylo možné také použít při konzultaci poruchy nebo problému se strojem s daným servisním střediskem na dálku bez nutnosti přítomnosti servisního technika u konkrétního stroje a tím zabránit větším výkyvům stroje v jeho činnosti. To by mělo vliv na zvýšení produktivity a snížení doby odstavení stroje.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 16
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

3 Rozdělení číslicově řízených strojů podle řídicího systému

3.1 NC stroj

Je to stroj ovládaný NC (Numerical Control – číslicové řízení) řídicím systémem. Do registru se načítá vždy jen jeden řádek (věta), který se pokaždé přemaže novým. Jedná se o přímé programování (řízení). Programování je přírůstkové. Vstup informací do stroje je realizován pomocí kolíčkového panelu, děrné karty, děrné pásky, magnetofonové pásky nebo klávesnice. Tyto stroje dokážou výrobu součástí s požadovanou opakovanou přesností i tvarově složitější součásti. Změnou dat lze okamžitě přizpůsobit stroj k výrobě jiné součásti.

3.2 CNC stroj

Je to stroj ovládaný CNC (Computer Numerical Control – počítačové číslicové řízení) řídicím systémem. Je to NC stroj rozšířený o počítač s pamětí, v níž řídicí systém pomocí vytvořeného programu ovládá pracovní funkce stroje. Program je uložen pomocí alfanumerických znaků, které jsou dávány do tzv. bloků (vět), jejichž posloupností je dán vlastní program. Věty se skládají z jednotlivých slov, která stroj převádí na elektrické impulzy nebo na další výstupní signál.



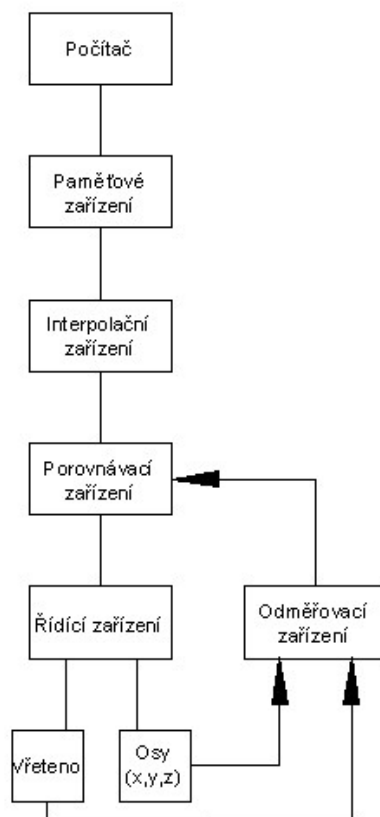
4 Číslicové řízení obráběcích strojů

S nástupem počítačů vzrostl výkon a rozšířily se možnosti číslicového řízení. Díky tomu mohlo být realizováno zjednodušování řízení pomocí funkcí G a M. Přehled některých funkcí je uveden v následující tabulce.

Funkce	Její význam
G00	Přímková interpolace, kartézský souřadný systém, během rychloposuvu
G01	Přímková interpolace, kartézský souřadný systém
G02	Kruhová interpolace, kartézský souřadný systém, ve směru hodinových ručiček
G03	Kruhová interpolace, kartézský souřadný systém, proti směru hodinových ručiček
G17	Rovina X/Y, osa nástroje Z
G18	Rovina Z/X, osa nástroje Y
G19	Rovina Y/Z, osa nástroje X
G40	Bez korekce rádiusu nástroje
G41	Korekce dráhy nástroje, vlevo od obrysu
G42	Korekce dráhy nástroje, vpravo od obrysu
G54-G59	Posuny nulového bodu
G90	Absolutní programování
G91	Přírůstkové programování
M03	Otáčky vřetene levotočivé
M04	Otáčky vřetene pravotočivé
M05	Zastavení vřetene
M06	Výměna nástroje

4.1 Řízení pohybu stroje

Pohyb stroje je řízen pomocí programu. Program vložený do řídicího systému v počítači se uloží do paměti, ze které se následně načítají jednotlivá data do interpolátoru. Z něj jsou data načtena do porovnávacího zařízení, to je pošle do řídicího zařízení, které ovládá pohony. Odměřovací zařízení načte hodnoty stroje (např. poloha suportu, otáčky vřetene a pomocné funkce), které posílá zpět do porovnávacího zařízení, kde jsou tyto údaje porovnávány se zadanými hodnotami. Zjednodušeně znázorněno na Obr. 2.



Obr. 2. Blokové schéma řízení pohybu CNC stroje

Počítač – Jedná se o průmyslový počítač pro správu a uchování programů a výpočtů drah vřetena. Průmyslový počítač je počítač uzpůsobený pro práci v nepříznivých podmínkách a nepřetržitém provozu, proto jsou na něj kladny velké požadavky na spolehlivost. Je přizpůsoben k práci při teplotách 0 °C až +45 °C. Tyto počítače mohou být jednoprocesorové i dvouprocesorové.

Paměťové zařízení – Je zde určeno pro ukládání jednotlivých programů k pozdějšímu načtení nebo editaci.

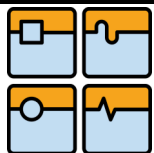
Interpolační zařízení – Vypočítává dráhu zadanou geometricky a vypočítává korekce nástrojů z délky a radiusu. To představuje výpočet skutečné dráhy nástroje. Dráha je upravena o korekce nástroje vzhledem zadanému geometrickému obrysu.

Porovnávací zařízení – Neustále porovná souřadnice jednotlivých bodů dráhy pohybu zadaných hodnotou interpolátoru se skutečnou hodnotou naměřenou odměřovacími zařízeními. Dokud nedojde k rovnosti hodnoty naměřené a zadané, pohony posuvů pokračují v pohybu, dokud nenastane shoda. Nastane-li shoda obou hodnot, vyšle se signál a načte se další bod dráhy. Stejně funguje i porovnávání otáček vřetena se zadanými otáčkami v programu.

Řídicí zařízení – Převaděč signálu, který převedené informace rozděljuje na jednotlivé zařízení stroje ovládající vřeteno, posuvy atd.

Řídí pracovní pohyby stroje v jednotlivých osách a změnu rychlosti těchto pohybů. Ovládá také pomocné funkce stroje, jako jsou otáčky vřetene a manipulace se zásobníkem. Řídí také mazání stroje a práci chladicí kapaliny.

Odměřovací zařízení – Jeho úlohou je pomocí veličin vyjádřit aktuální polohu suportu v jednotlivých osách nebo slouží k snímání otáček vřetene.



4.2 Pohybová geometrie nástroje

Představuje pohyb po skutečné vypočtené dráze nástroje pro zhotovení požadovaného tvaru obrobku a jeho kvality.

4.3 Pohyb nástroje polohováním

Nástroj najede rychloposuvem do zadaného konečného bodu a v něm realizuje pracovní úkon např. vrtání; zde si dráhu najetí stroj volí sám.

4.4 Interpolace

Interpolace se využívá na výrobu obrysů a realizaci nejrůznějších povrchů v určité povrchové přesnosti.

Existuje několik druhů interpolace používaných v číslicově řízeních obráběcích strojích. Ty se rozlišují svojí náročností na výpočet a řídicí systém stroje a na přesnost, která vznikne proložením zadané geometrie dráhou nástroje. Jsou to lineární, kruhové a křivkové interpolace.

4.4.1 Lineární interpolace

Lineární interpolace je nejrozšířenější díky své jednoduchosti, proto je realizována v nižších verzích řídicích systémů. Geometrie povrchu obrobku se aproximuje v dvojrozměrné dráze (obrys) úsečkou, v třírozměrné dráze (povrch) rovinnou plochou (funkce G01).

Tento druh interpolace má však značné nevýhody u složitějších povrchů. Vzniká zde chyba linearizací povrchu, která se zvětšuje se složitostí obráběného povrchu. Na povrchu jsou znatelné přechody (zlomové body) jednotlivých elementů lineární interpolace. Lineární interpolace vyžaduje vyšší nároky na výpočetní výkon stroje při generování a následném zpracování velkého množství bloků. Vznikají zde také značné skokové změny zrychlení mezi bloky a to má za důsledek vznik rázů ve stroji.

4.4.2 Kruhová interpolace

Geometrie povrchu obrobku se prokládá kruhovými oblouky (funkce G02, G03). Kruhovou interpolací se lze vyhnout přechodům (zlomovým bodům) vznikajícím u lineární interpolace. Použití je možné jak v dvojrozměrné dráze (obrys) tak v třírozměrné dráze (povrch).

Jsou zde menší nároky na výkon výpočtového zařízení než u křivkové interpolace. Eliminuje zastavení nebo zpomalení nástroje při přechodu mezi bloky. Obsahuje menší počet generovaných a následně prováděných bloků.

4.4.3 Křivková interpolace

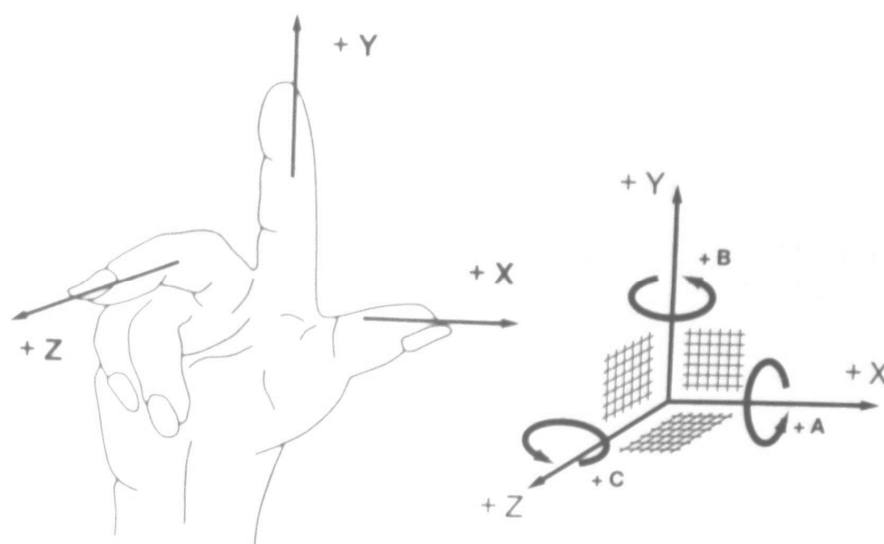
Geometrie povrchu obrobku se prokládá křivkou (spline). Jsou zde odbourány nevýhody lineární interpolace nahrazením několika lineárních bloků jedním blokem spline. Křivky jsou zde popsány polynomem dosahujícím pátého řádu. Křivková interpolace dosahuje vysokých kvalit povrchů obrobků.

4.5 Souřadnicový systém stroje

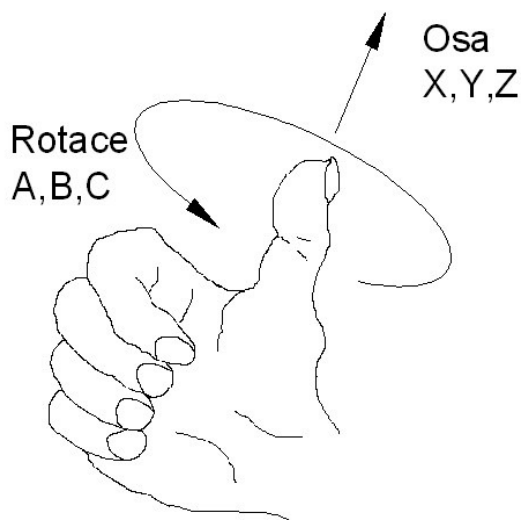
Obráběcí stroje pracují v kartézském souřadnicovém systému podle norem ISO. Jsou zde osy X, Y, Z v pravouhlém uspořádání a rovnoběžné s vodíci plochami stroje (Obr. 3.). Osa Z je rovnoběžná s osou rotace a kladných hodnot nabývá od obrobku směrem k nástroji. Rotační pohyby jsou označeny A, B, C a kladný směr otáčení je dán pravidlem pravé ruky (Obr. 4.)

Pro určování polohy v kartézské souřadnicové soustavě jsou na stroji dány určité body. Poloha obrobku a nástroje se určuje od těchto vztažných bodů.


Programovat v kartézském souřadnicovém systému lze absolutně, přírůstkově - inkrementálně (nulový bod je vždy vložen do koncového bodu daného), pomocí polárních souřadnic (zadáním délky a úhlu natočení daného úseku od posledního bodu) a parametricky (nastavením vstupních hodnot do tabulky, která není součástí programu). Čtený program si vloží hodnoty předvolených parametrů a ty pak využívá pro polohování nástroje.



Obr. 3. Pravidlo pravé ruky a kartézský souřadný systém. [3]



Obr. 4. Pravidlo pravé ruky pro rotační pohyby.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 21
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

4.6 Body na CNC stroji

Obrázek znázorňující body na CNC stroji u soustruhu - Obr. 5.

4.6.1 Referenční bod stroje

Tento bod si každý výrobce strojů volí sám. Používá se pro kalibraci suportů stroje, které mohou být rozhozené opotřebením vzniklým při používání stroje nebo při interpolaci. Osově vzdálenosti referenčního bodu stroje od nulového bodu stroje jsou přesně dány výrobcem. Při najetí na referenční bod stroje zná stroj přesnou hodnotu bodu v osách v absolutních souřadnicích.

4.6.2 Nulový bod stroje

Tento bod si každý výrobce strojů volí sám. Je to počátek souřadnicového systému stroje, který je pevně dán a neměnný. Všechny ostatní vztažné body a souřadnicové systémy jsou k němu vázány.

4.6.3 Nulový bod obrobku

Tento bod si volí programátor na ploše polotovaru pro usnadnění programování výsledného tvaru obrobku. Lze jej vytvořit posunutím souřadnicového systému. Posun lze realizovat funkcí G54 až G57 zadávanou absolutně nebo funkcí G58 a G59 zadávanou relativně. Programátor může funkce použít kdykoli během programování pro usnadnění zadávání programu.

Dalším způsobem zadání nulového bodu je určením polohy nástroje. To se provádí pomocí naškrábnutí obrobku. Naškrábnutí u soustružení znamená, že se s nástrojem přibližujeme k obrobku, dokud nenastane jejich vzájemný kontakt a následně vynulujeme souřadnici Z.

U frézek se po najetí a doteku ještě musí počítat s rádiusovou korekcí nástroje v osách X a Y. V ose Z najetím a naškrábnutím získáme přímo hodnotu souřadnice povrchu obrobku.

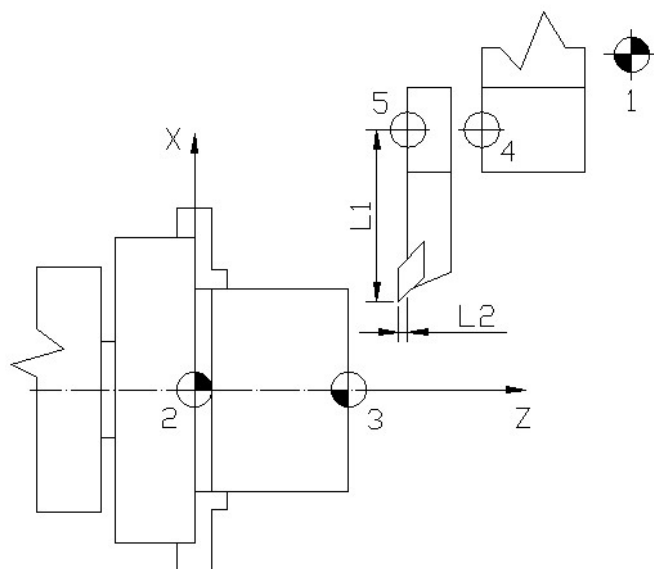
Nastavení lze provádět také pomocí dotkových sond, kdy sonda najede na obrobek a dotkne se ho v osách stroje; tyto se pak vynulují a získá se tak nastavení nulového bodu obrobku.

4.6.4 Vztažný bod suportu nebo vřetene

K tomuto bodu se zjišťují délkové korekce nástroje. Je umístěn na vřetenu stroje v jeho ose nebo v upínací hlavě nástroje.

4.6.5 Bod nastavení nástroje

Ten se nalézá na upínacím zařízení nástroje a je na ose otáčení. Od tohoto bodu se na měřicích zařízeních definují korekce daného nástroje. Po upnutí nástroje do vřetena nebo suportu se tento bod musí překrývat s vztažným bodem vřetene nebo suportu.



Obr. 5. Body CNC soustruhu.

1. Referenční bod stroje, 2. Nulový bod stroje, 3. Nulový bod obrobku, 4. Vztažný bod suportu nebo vřetene, 5. Bod nastavení nástroje

4.7 Korekce nástroje

Vymezuje nám tvar jednotlivých nástrojů v řídicím systému stroje. Jeho použití nám umožní, aby se při výměně nástroje nemusel přepisovat celý program a nebylo nutné zadávat obrys obrobku větší o hodnotu délky a rádiusu nástroje. U nástroje se zjišťuje jeho délka, hodnota rádiusu tak i teoretická špička ostří.

4.7.1 Délková korekce

Délka nástroje se měří vzhledem k souřadnému systému stroje. U soustružnického nástroje v osách X a Z je to vzdálenost vztažného bodu suportu a teoretické špičky ostří nástroje. U rotačního nástroje je délková korekce v ose Z vzdáleností vztažného bodu vřetene od čela frézy.

4.7.2 Rádiusová korekce

Hodnota rádiusu nástroje se zjišťuje jak u rotačního nástroje, tak u soustružnických nástrojů, jelikož žádný nástroj nemá ostré pracovní hrany, ale hrany zaoblené pod určitým radiusem kvůli dosažení lepšího povrchu obráběné plochy tak i lepším pracovním podmínkám.



5 Programování

Program obsahuje tři druhy informací:

- **Geometrické** – popis dráhy nástroje
- **Technologické** – řezné podmínky
- **Pomocné** – pomocné funkce

Způsob programování:

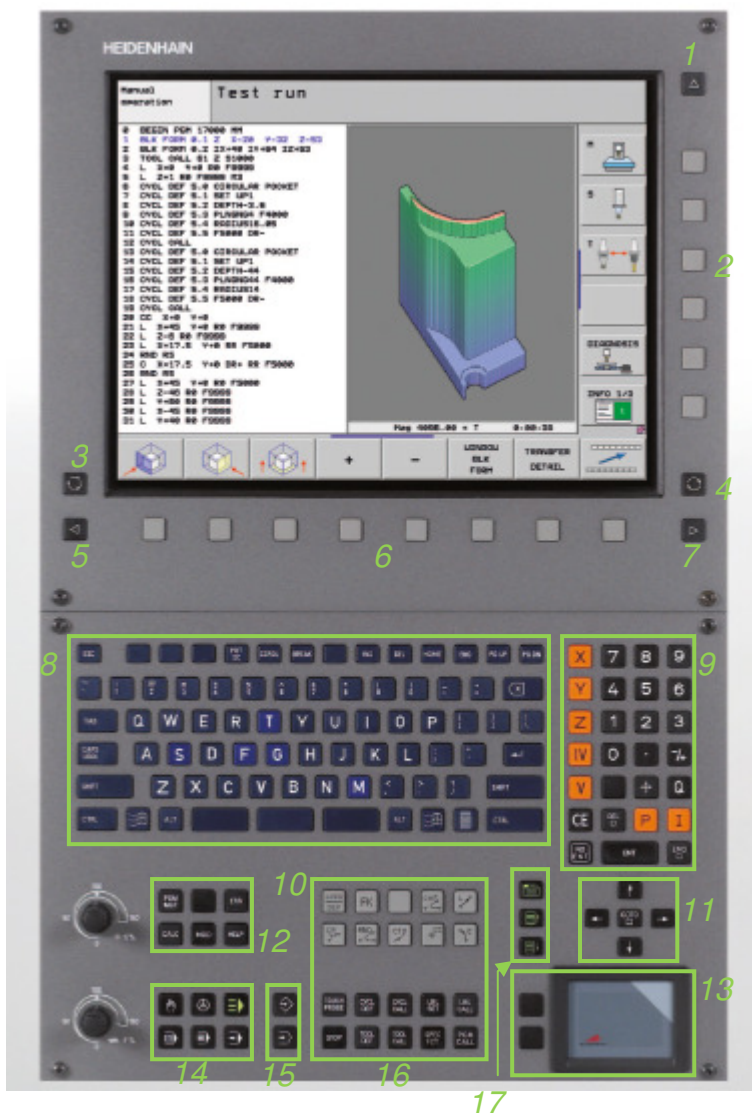
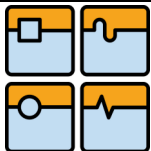
- On-line
- Off-line

5.1 On-line programování

Tvorba programu se odehrává přímo na stroji za pomoci řídicího panelu CNC stroje (Obr. 6.). Ten se skládá z obrazovky, ovládacího panelu, jehož součástí je klávesnice a ovládací prvky, průmyslového PC a přenosného panelu (elektronické ruční kolečko, Obr. 7.).

Dělí se na:

- programování podle norem DIN/ISO
- programování pomocí uživatelského popisného dialogu



Obr. 6. Řídicí panel CNC stroje – jedna z variant od firmy HEIDENHAIN [16]:

1. Přepínání lišt softtlačítek výrobce stroje
2. Softklávesy pro výběr softtlačítek výrobce stroje
3. Definování rozdělení obrazovky
4. Tlačítko přepínání obrazovky mezi strojními a programovacími provozními režimy
5. Přepínání lišt softtlačítek
6. Softklávesy pro výběr softtlačítek
7. Přepínání lišt softtlačítek
8. Abecední klávesnice pro zadávání textů, jmen souborů a programování DIN/ISO
9. Zadávání čísel a volba os
10. Vytváření programovacích dialogů
11. Směrové klávesy a příkaz skoku GOTO
12. Další klávesy pro ovládání Windows
13. Touchpad (dotyková ploška); pouze pro ovládání dvouprocesorové verze, softtlačítek a smarT.NC
14. Strojní provozní režimy
15. Programovací provozní režimy
16. Vytváření programovacích dialogů
17. Navigační klávesy smarT.NC



Obr. 7. Přenosný panel CNC stroje – jedna z variant od firmy HEIDENHAIN [16]

1. Tlačítko Nouzového vypnutí
2. Ruční kolečko
3. Uvolňovací tlačítka
4. Tlačítka pro volbu os
5. Tlačítko k převzetí aktuální polohy
6. Tlačítka pro definování posuvu (pomalu, středně, rychle; posuvy jsou definovány výrobcem stroje)
7. Směr, ve kterém TNC zvolenou osou pojíždí
8. Funkce stroje (definuje výrobce stroje)

5.1.1 Programování podle norem DIN/ISO

Program se skládá z bloků (vět), jejichž posloupností je dán vlastní program. Věty se skládají z jednotlivých slov, a ty se skládají z písmen a čísel (Obr. 9.). První blok programu má na svém začátku znak %, za ním je uveden název nebo číslo programu. Informace před tímto znakem stroj nečte. Písmeno je adresa dané informace. Následuje přehled adres a jejich význam.

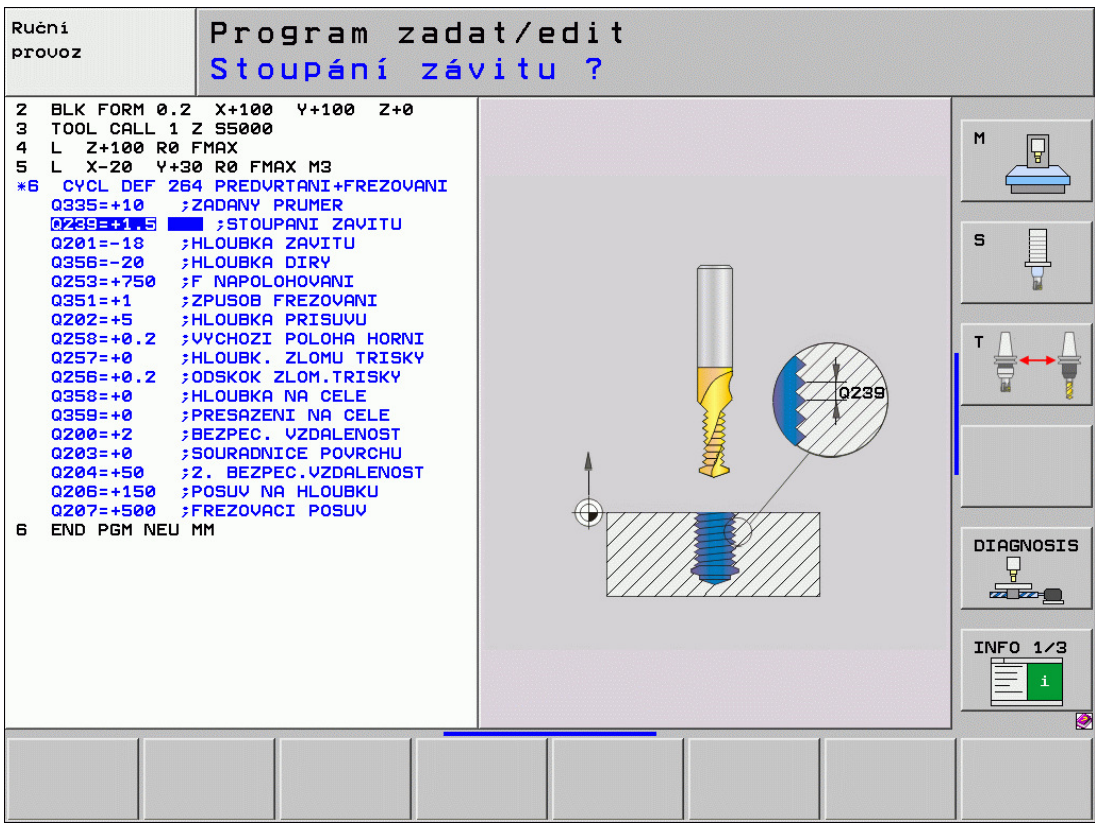
- N – číslo bloku (věty)
- G – podmínka pohybu
- X, Y, Z – souřadnice koncového bodu
- F – velikost posuvu
- S – velikost otáček vřetena
- T – číslo nástroje
- M – doplňková funkce

N10 G00 X120 Y45 F120 T01 M3

Obr. 9. Ukázka prvků bloku v DIN/ISO

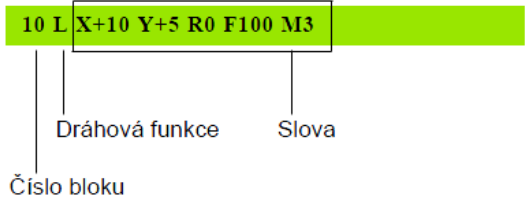
5.1.2 Programování pomocí uživatelského popisného dialogu

Každý řídicí systém má svůj specifický uživatelský popisný dialog. Ten je zde pro usnadnění a zjednodušení práce obsluhy při vytváření nového programu nebo kontroly stávajícího programu. Možnost simulace jak před samotným obráběním, tak i při samotném obrábění umožňuje kontrolu pohybu stroje a správnost programu. Navzájem se liší jak grafickým zpracováním systémů, tak i jeho uživatelskou podporou. Jsou zde předdefinovány podprogramy usnadňující a urychlující práci při tvorbě nových programů a v pokročilejších uživatelských prostředích dokonce celé programy.

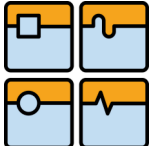


Obr. 10. Ukázka programování v popisném dialogu Heidenhain [16]

Blok



Obr. 11. Ukázka prvků bloku v popisném dialogu Heidenhain [16]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 27
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

5.2 Off-line programování

Off-line programování se provádí pomocí CAD/CAM systémů a odehrává se mimo vlastní stroj.

Pomocí počítače se realizuje návrh součásti v systému CAD (Computer Aided Design – Počítačem podporované navrhování), kde se vytvoří trojrozměrný model.

Dále je pomocí počítače vytvořena simulace výroby v systému CAM (Computer Aided Manufacturing – Počítačem podporovaná výroba) se všemi podmínkami jako u obráběcího stroje. Zvolí se technologie obrábění. Pak se nadefinuje polotovar, ze kterého se bude odebírat materiál a bezpečné roviny, což jsou roviny, kde nemůže dojít ke kolizi nástroje s obrobkem.

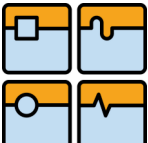
Poté vyhodnotíme nejvhodnější strategii obrábění příslušného obrobku. To je zvolení ploch, jejich pořadí a přiřazení jednotlivých operací obrábění.

Dále se zvolí příslušné nástroje podle tvaru a rozměrů. Zvolí se bod nájezdu a výměny nástroje.

Následují podmínky individuálního obrábění, v nichž se volí poloha nástroje při obrábění vzhledem ke kontuře obrobku, způsob odebírání materiálu nástrojem, jeho dráha, možnosti chlazení nástroje atd. a ochrana proti kolizi nástroje.

Po naprogramování se provede simulace podle vytvořených dat, pro kontrolu zda v programu nejsou chyby a jestli program plní požadavky programátora.

Pro správnou funkci programu na příslušném CNC stroji se musí vybrat postprocesor pro řídicí systém daného CNC stroje, který následně automaticky vyhotoví program CNC v modulu CAM, ten je zapsán v ISO kódu s prvky daného systému stroje. Výsledný program se nahraje do systému stroje, který jej pak provede.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 28
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

6 Nejpoužívanější řídicí systémy CNC obráběcích strojů v České republice.

V České republice jsou nejčastěji používány řídicí systémy od firem Siemens, Fanuc a Heidenhain. Jsou zde používány řídicí systémy i od jiných firem, ale jejich podíl na trhu není tak velký jako u výše uvedených. Každá z firem se zaměřuje jiným směrem a pokrývá tak o něco odlišný trh s číslicovým řízením. Někteří výrobci obráběcích strojů nabízejí možnost výběru mezi několika řídicími systémy od různých výrobců.

Siemens

Řídicí systémy od této společnosti jsou asi nejpoužívanější. Velcí čeští výrobci CNC obráběcích strojů používají převážně řídicí systémy od této firmy. Mezi ně patří: TOS KUŘIM, TAJMAC-ZPS, ŠKODA, KOVOSVIT MAS. Předností tohoto výrobce je použití na složitější a náročnější aplikace.

Komplexní systémy Sinumerik 840D a Sinumerik 840D SL jsou zaměřeny na technologie:

- Soustružení
- Vrtání
- Frézování
- Broušení
- Lasery
- Děrování
- Zpracování dřeva a skla
- a mnoho dalších

Sinumerik 840D SL – nová vývojová řada navazující na 840D; je zde možnost dvou provedení, první je 6 os nebo vřeten, druhé 31 os nebo vřeten. Je určen pro střední a vysoké požadavky.

Sinumerik 840D – nabízeno ve třech variantách: 2, 6 nebo 31 řízených os nebo vřeten.

Fanuc

Další z často používaných řídicích systémů je od firmy Fanuc, jeden z největších světových výrobců. Velice rozšířený hlavně na jednoprofesních strojích.

Fanuc Série 30i/31i/32i – tato řada této společnosti je zaměřená na nové technologie a výkon.

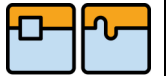

Série 30i – 48 os plus 8 vřeten je nejvýkonnější od daného výrobce. Systém je určen pro pětiosé obrábění, vícekanálové řízení a vysokorychlostní obrábění.

Série 31i – 20 os plus 6 vřeten

Série 32i – 9 os plus 2 vřeten

Fanuc série 0i-D je ideální pro základní až středně složitě aplikace:

- Soustruhy
- Frézky
- Obráběcí centra
- Vrtačky

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 29
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

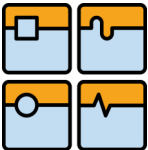
Oi-MD – 5 os plus 2 vřeten – frézování
 Oi-TD – 11 os plus 4 vřeten – soustružení
 Oi Mate-MD – 3 os plus 1 vřeten – frézování
 Oi Mate-TD – 3 os plus 1 vřeten – soustružení

Heidenhain

O něco méně používaný řídicí systém u nás je od firmy Heidenhain. Zaměřuje se na odměřovací prvky, absolutní a inkrementální rotační snímače, lineární a úhlové snímače a na řídicí systémy obráběcích strojů. Předností řídicího systému od této firmy je dílenské programování vlídné k operátorovi.

Heidenhain iTNC 530 CNC – univerzální CNC řízení pro frézky, vyvrtávačky a obráběcí centra. Má integrované digitální řízení pohonů s integrovaným měničem. Dokáže řídit až 13 os plus vřeten. Základní provedení má jen tři osy plus vřeten. Ve své dvouprocesorové verzi je iTNC 530 doplněna uživatelským rozhraním s Windows XP. To uživateli umožňuje pracovat současně se standardními Windows aplikacemi. [20]

MANUALplus 620 – konstruován pro soustruhy s vřetenem, jedním suportem (X a Z osou), C osou nebo polohovatelným vřetenem a naháněnými nástroji. Je určen pro horizontální i vertikální soustruhy a to jak s jednoduchými držáky nástrojů, tak i s revolverovou hlavou. [19]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 30
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

7 Bezpečnost obráběcích strojů v oblasti jejich číslicového řízení

Požadavky na bezpečnost obráběcích strojů vedly k zavedení bezpečnostních prvků nejen na fyzické konstrukci stroje, ale také v jeho číslicovém řízení. Tyto prvky mají sloužit jak k ochraně samotného stroje při provádění pracovního procesu, tak i k ochraně operátora pracujícího na tomto stroji. Jsou dány bezpečnostní normy, které musí každý obráběcí stroj splňovat. U nových strojů se dnes požadavky na bezpečnost pohybují v kategorii 3 dle normy ISO 13849-1, která definuje bezpečnostní faktory a omezené rychlosti vřetena a pohybu os během doby, kdy obsluha seřizuje stroj.

V posledních letech se práce pasivních bezpečnostních prvků mechanických a elektronických, jako jsou ochranné kryty a bezpečnostní vypínače, postupně integrovala do řídicího systému obráběcího stroje. Jedná se o takzvané aktivní bezpečnostní prvky - bezpečnostní snímání prostoru obráběcího stroje pomocí světelných závor, detektorů pohybu laserových skenerů, snímání polohy a rychlosti os a otáček vřetena. Data jsou vyhodnocena v řídicím systému a následuje příslušná reakce na daný vzniklý problém. Reakce může spočívat v zastavení nebo omezení pohybu vřetena a jeho otáček, popřípadě může dojít k úplnému vypnutí stroje. Jedná se o integrovanou bezpečnost v řídicím systému. Každý výrobce řídicích systémů pro obráběcí stroje řeší tyto požadavky na bezpečnost, ale realizuje je trochu odlišnou cestou.

7.1 Definice podle normy IEC 61800-5-2

Produktově specifická norma pro elektrické pohony s integrovanými bezpečnostními funkcemi. [27]

Funkce pro zastavení pohonu:


- Safe Torque Off (STO) – bezpečné odpojení momentu (Stop-Kat. 0)
- Safe Stop 1 (SS1) – aktivní zastavení, pak odpojení momentu (Stop-Kat. 1)
- Safe Stop 2 (SS2) – aktivní zastavení, pak moment zachován (Stop-Kat. 2)
- Safe Brake Control (SBC) – bezpečné řízení brzdy

Funkce pro hlídání otáček:

- Safe Operating Stop (SOS) – bezpečné držení pozice
- Safely-Limited Speed (SLS) – bezpečné limitované otáčky
- Safe Speed Monitor (SSM) – signál, pokud jsou otáčky pod definovanou hranicí

Další funkce:

- Safely-Limited Position (SLP) – bezpečná oblast pojezdu
- Safe Direction (SDI) – bezpečný směr otáčení

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 31
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

7.2 Popis některých bezpečnostních řešení řídicích systémů CNC obráběcích strojů

Firma Fanuc

Dual Check Safety (DCS)

Přes čidla je monitorován jak přístup ke stroji tak i jeho pohyby. Informace z čidel o stavu stroje jsou posílány přes dva samostatné kanály do dvou procesorů. Jeden je procesor řídicího systému a druhý procesor monitorování. Porovnáváním dat procesorů navzájem je dosaženo vysoké bezpečnosti. Bezpečnostní kryty, jako například vstupní dveře do pracovního prostoru stroje, mají propojení s oběma procesory a tak může docházet k nezávislému dvojímu vyhodnocování dané situace (např. zda jsou dveře otevřené nebo zavřené).

3D interference check

Přes geometrické tvary se definuje oblast obrábění. Výpočet pohybu stroje je doplňován o prostorové informace a nástrojová data. Tím zamezuje kolizi a stroj je ihned zastaven. Jedná se o čistě výpočtovou záležitost. Před obráběním lze provést kontrolu naprázdno.

Firma Siemens

Safety Integrated

Jedná se o funkční bezpečnost strojů, ve kterých jsou standardní automatizační komponenty nahrazeny bezpečnostními automatizačními komponenty.

Jedním z nich je programovatelný PLC automat, na kterém mohou běžet nejednou standardní a bezpečnostní program. Jeho konfigurace a programování je prováděno ve vývojovém prostředí Step 7 a za použití standardních bloků je programován a nastavován

Firma Heidenhain

Dynamic Collision Monitoring (DCM)

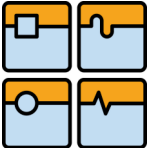
Může být realizováno pouze u logické jednotky MC 422 B/C. Ta je vybavena dvěma nezávislými procesory. Číslicové řízení stroje přeruší obrábění, pokud hrozí kolize.

DCM pracuje jak v režimu automatického obrábění, tak i v ručním provozu.

Zobrazí části stroje, které mohou narazit, pomocí chybových hlášení nebo graficky.

Pracovní prostor a kolizní objekty jsou definovány pomocí geometrických těles.

Kolize nejde simulovat v testovacím režimu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 32
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

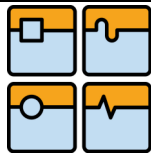
Závěr

V této práci jsme se seznámili s číslicovým řízením obráběcích strojů a jejich vývojem. Jsou zde zmíněny některé firmy zabývající se řídicími systémy pro obráběcí stroje, které zde jsou popsány.

Číslicové řízení obráběcích strojů a automatizování dalších pracovních úkonů obsluhy obráběcího stroje, to jest řízení pracovních cyklů a pomocných cyklů stroje, výměna obrobku a jeho upnutí, manipulace s nástrojem (výměna, upnutí tak i jeho kontrola) a diagnostika stroje, způsobilo potlačení nutnosti přítomnosti obsluhy stroje a linky se tak staly bezobslužná technologická pracoviště. Díky všem těmto vlastnostem zvyšují číslicově řízené stroje výkon celého procesu a tím produktivitu celého provozu.

Vzhledem k nově se prosazující výrobní technologii obrábění HSC (High Speed Cutting) – vysokorychlostní obrábění, kde se stroj pohybuje ve vysokých pojezdových rychlostech, jsou zvyšovány jak požadavky na přesnost, které se projevují v číslicovém řízení obráběcího stroje, tak i požadavky na bezpečnost stroje.

To spolu s celosvětovým trendem směřujícím k bezpečnosti obráběcích strojů vede k dalšímu rozvoji v této oblasti. Se zvyšující se produktivitou se musí úměrně zvyšovat i bezpečnost stroje, aby se udržel nebo i zvýšil jeho bezpečnostní standart. Toho lze dosáhnout pouze inovacemi v oblasti bezpečnosti. V dnešní době je tendence směřovat k integraci bezpečnostních prvků přímo do řídicího systému stroje a tak redukovat množství zařízení na stroji a zvýšit jejich spolehlivost.

**Seznam použitých zdrojů:**

- [1] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů* [online]. Praha : MM publishing s.r.o., 2006 [cit. 2010-05-23]. Dostupné z WWW:
<<http://www.mmspektrum.com/special-konstrukce-cnc-obrabcich-stroju>>. ISBN 1212-2572.
- [2] KVAPIL, Vítězslav. *NC stroje a řízení výroby*. Praha : VUSTE, 1973. 192 s.
- [3] ŠTULPA, Miroslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha : Ben - technická literatura, 2006. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
- [4] FABIAN, Michal; SPIŠÁK, Emil. *Navrhování a výroba s pomocí CA.. technologií*. Brno : CCB spol. s. r.o., 2009. 399 s. ISBN 978-80-85825-65-7.
- [5] POLZER, Aleš. *Akademie CNC obrábění (1)* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Technický týdeník. Dostupné z WWW:
<<http://www.techtydenik.cz/akademie.php?part=1>>.
- [6] POLZER, Aleš. *Akademie CNC obrábění (3)* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Technický týdeník. Dostupné z WWW:
<<http://www.techtydenik.cz/akademie.php?part=3>>.
- [7] POLZER, Aleš. *Akademie CNC obrábění (4)* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Technický týdeník. Dostupné z WWW:
<<http://www.techtydenik.cz/akademie.php?part=4>>.
- [8] Řídicí systémy pro každou technologii. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 17. dubna 2002, č. 4, [cit. 2010-05-22]. Dostupný z WWW:
<<http://www.mmspektrum.com/clanek/ridici-systemy-pro-kazdou-technologie>>.
- [9] Řídicí systém a výroba forem a nástrojů technologií HSC. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 10. prosince 2003, č. 12, [cit. 2010-05-22]. Dostupný z WWW:
<<http://www.mmspektrum.com/clanek/ridici-system-a-vyroba-forem-a-nastroju-technologie-hsc>>.
- [10] Bezpečnost obráběcích strojů. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 8. října 2003, č. 10, [cit. 2010-05-22]. Dostupný z WWW:
<<http://www.mmspektrum.com/clanek/bezpecnost-obrabcich-stroju>>.
- [11] Pracovat rychle a bezpečně. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 14. března 2007, č. 3, [cit. 2010-05-22]. Dostupný z WWW:
<<http://www.mmspektrum.com/clanek/pracovat-rychle-a-bezpecne>>.
- [12] Velmi rychlé a přesné řízení. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 23. května 2007, č. 5, [cit. 2010-05-22]. Dostupný z WWW:
<<http://www.mmspektrum.com/clanek/velmi-rychle-a-presne-rizeni>>.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

[13] SLÁMA, Josef. Jistota kvalitního obrobku. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 18. prosince 2007, č. 12, [cit. 2010-05-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/jistota-kvalitniho-obrobku>>.

[14] KOSEK, Rostislav. Co se skrývá pod názvem Safety Integrated. *Automatizace* [online]. Květen 2006, č. 5, [cit. 2010-05-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=1258>>.

[15] URBAN, Jiří; BARTOŠÍK, Petr. Metody interpolace, přesnost a produktivita. *Automa* [online]. 2006, č. 8, [cit. 2010-05-22]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=32505>.

[16] *Heidenhain* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Příručka uživatele Popisný dialog HEIDENHAIN. Dostupné z WWW: <http://www.heidenhain.de/doku/tnc_guide/pdf_files/iTNC530/34049x-05/bhb/670_387-C0.pdf>.

[17] *Heidenhain* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Příručka uživatele DIN/ISO Programování. Dostupné z WWW: <http://www.heidenhain.de/doku/tnc_guide/pdf_files/iTNC530/34049x-05/diniso/670_391-C0.pdf>.

[18] *Heidenhain* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Víceúčelové CNC řízení pro obráběcí centra, frézky a vyvrtávačky. Dostupné z WWW: <http://www.heidenhain.cz/fileadmin/pdb/media/img/363_807-C2.pdf>.

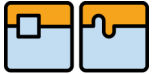

[19] *Heidenhain* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. MANUALplus 620 – CNC řízení pro soustruhy. Dostupné z WWW: <http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/produkty_a_pouziti/rizeni_obrabcich_stroju/soustruzeni/>.

[20] *Heidenhain* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. iTNC 530 - výkonné souvislé řízení HEIDENHAIN. Dostupné z WWW: <http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/produkty_a_pouziti/rizeni_obrabcich_stroju/frezovani/itnc_530/>.

[21] *FANUC CNC EUROPE* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. Série 30i/31i/32i. Dostupné z WWW: <http://www.fanuccnc.cz/mastercz_cz/broker?uMen=4fc3e416-c564-01e5-945c-c948b7234fed>.

[22] *FANUC CNC EUROPE* [online]. 2010 [cit. 2010-05-23]. Řídicí systémy CNC. Dostupné z WWW: <http://www.fanuccnc.cz/mastercz_cz/broker?uMen=58c3e416-c564-01e5-945c-c948b7234fed>.

[23] *FANUC CNC EUROPE* [online]. 2010 [cit. 2010-05-23]. Série 0i/0i Mate-Model D. Dostupné z WWW: <http://www.fanuccnc.cz/mastercz_cz/broker?uMen=9cb404de-a439-7b11-a468-451c948b7234>.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 35
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [24] *Siemens* [online]. 04.12.2009 [cit. 2010-05-23]. Catalog NC 60. Dostupné z WWW:
 <<http://www1.siemens.cz/ad/current/file.php?fh=df95e80d4c&aid=2160699&PHPSESSID=77959c9284e99bff2238cd96219c809c>>.
- [25] *Siemens* [online]. 2010 [cit. 2010-05-23]. SINUMERIK 840D. Dostupné z WWW:
 <<http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=0788019ba8&ctxp=home>>.
- [26] *Siemens* [online]. 2010 [cit. 2010-05-23]. SINUMERIK 840D sl. Dostupné z WWW:
 <<http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=8af9163077&ctxp=home>>.
- [27] NOVOTNÝ, Radek. *Siemens* [online]. 16.03.2009 [cit. 2010-05-23]. Safety Integrated obecné zásady versus použitelné komponenty. Dostupné z WWW:
 <<http://www1.siemens.cz/ad/current/file.php?fh=582ed315f6&aid=2160707>>.
- [28] NOVOTNÝ, Radek. *Siemens* [online]. 2009 [cit. 2010-05-23]. TIA Safety Integrated. Dostupné z WWW:
 <[http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/55350_prez\\$tia\\$si\\$uvod\\$normy\\$2009\\$09\\$cz.pdf](http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/55350_preztiasi$uvod$normy$2009$09$cz.pdf)>.

10 Seznam použitých zkratk a symbolů

obr.	obrázek
tzv.	tak zvané
např.	například
PC	(Personal Computer) osobní počítač
NC	(Numerical Control) číslicové řízení
CNC	(Computer Numerical Control) počítačové číslicové řízení
CAD	(Computer Aided Design) počítačem podporované navrhování
CAM	(Computer Aided Manufacturing) počítačem podporovaná výroba
PLC	(Programmable Logic Controller) programovatelný logický automat
DCS	(Dual Check Safety) bezpečnost s dvojitou kontrolou
DCM	(Dynamic Collision Monitoring) dynamická kolizní kontrola
HSC	(High Speed Cutting) vysokorychlostní obrábění
DIN	(Deutsche Industrie-Norm) německá národní norma
ISO	(International Organization for Standardization) mezinárodní organizace pro normalizaci
STO	(Safe Torque Off) bezpečné odpojení momentu (Stop-Kat. 0)
SS1	(Safe Stop 1) aktivní zastavení, pak odpojení momentu (Stop-Kat. 1)
SS2	(Safe Stop 2) aktivní zastavení, pak moment zachován (Stop-Kat. 2)
SBC	(Safe Brake Control) bezpečné řízení brzdy
SOS	(Safe Operating Stop) bezpečné držení pozice
SLS	(Safely-Limited Speed) bezpečné limitované otáčky
SSM	(Safe Speed Monitor) signál, pokud jsou otáčky pod definovanou hranicí
SLP	(Safely-Limited Position) bezpečná oblast pojezdu
SDI	(Safe Direction) bezpečný směr otáčení