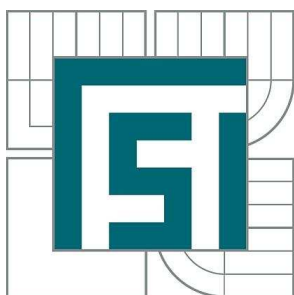


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

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

ČÍSLICOVÉ ŘÍZENÍ OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

NUMERICAL CONTROL OF MACHINE TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ROSTISLAV DLOUHÝ

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): Rostislav Dlouhý

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:

Číslicové řízení obráběcích strojů

v anglickém jazyce:

Numerical control of machine tools

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše dostupných systémů číslicového řízení obráběcích strojů.

Výběr vhodného systému číslicového řízení pro zvolený obráběcí stroj.

Cíle bakalářské práce:

Provést rešerši dostupných systémů číslicového řízení obráběcích strojů.

Výběr vhodného systému číslicového řízení pro zvolený obráběcí stroj a zdůvodnění výběru.

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

www.infozdroje.cz

www.mmspektrum.com

[www stránky výrobců CNC systémů](http://www.stranky.vyrobcu-cnc-systemu.cz)

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

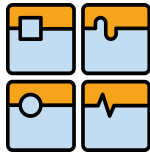
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 19.11.2009

L.S.

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

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty



Abstrakt

Tato práce je zaměřena na číslíkové řízení obráběcích strojů. Jsou zde stručně porovnány řídicí systémy tří největších výrobců: Siemens, Fanuc a Heidenhain. Zhodnoceny jsou především výhody pro uživatele a možnosti dílenského programování.

Druhá část práce je zaměřena na výběr řídicího systému pro zvolený obráběcí stroj. Zde uplatňuji poznatky a závěry, ke kterým jsem došel při porovnání jednotlivých řídicích systémů. Ke zvolenému obráběcímu stroji jsem zvolil dvě alternativní možnosti řídicího systému, které vychází ze zadaných požadavků.

Klíčová slova

číslíkové řízení počítačem (CNC), řídicí systém, dílenské programování, obráběcí stroj, Siemens, Fanuc, Heidenhain

Abstract

This thesis is focused on numerical control of machine tools. Control systems are shortly compared. There are three biggest manufacturers: Siemens, Fanuc and Heidenhain. Especially user benefits and opportunities of workshop programming are compared.

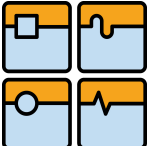
The second part is focused on the choice of control system for the selected machine tool. I am applying the knowledge and the conclusions which I have reached in comparing different control systems. I chose two alternatives of the control system based from entered requests for the chosen machine tool.

Keywords

computer numerical control (CNC), control system, shop floor programming, machine tool, Siemens, Fanuc, Heidenhain

Bibliografická citace

DLOUHÝ, R. *Číslíkové řízení obráběcích strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 25 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

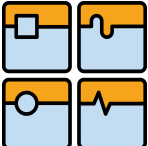
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Číslicové řízení obráběcích strojů* vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Petra Blechy, Ph.D. a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 26. května 2010

vlastnoruční podpis autora

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

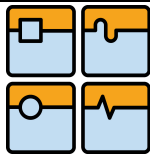
Poděkování

Děkuji tímto doc. Ing. Petru Blechovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Obsah

1 Úvod	3
1.1 Cíle.....	3
2 Rozdělení číslicově řízených obráběcích strojů.....	3
2.1 Systémy číslicového řízení.....	3
2.1.1 NC řídicí systémy	3
2.1.2 CNC řídicí systémy	4
2.2 Řízení dráhy nástroje vůči obrobku.....	4
2.2.1 Systémy s přetržitým řízením	4
2.2.2 Systémy se souvislým řízením	4
3 Nejrozšířenější řídicí systémy	5
3.1 Siemens	6
3.1.1 Globální zastoupení.....	6
3.1.1 Nabízené řídicí systémy.....	6
3.1.2 Přednosti řízení Siemens	7
3.1.3 Podpora dílenského programování.....	8
3.2 Fanuc	9
3.2.1 Globální zastoupení.....	9
3.2.2 Nabízené řídicí systémy.....	9
3.2.3 Přednosti řízení Fanuc	10
3.2.4 Možnosti pro obsluhu	13
3.3 Heidenhain	14
3.3.1 Globální zastoupení.....	14
3.3.2 Nabízené řídicí systémy.....	14
3.3.3 Přednosti řízení Heidenhain	15
3.3.4 Podpora dílenského programování.....	16
3.4 Porovnání	17
3.5 Předpokládaný vývoj a trendy do budoucna	18
4 Výběr řídicího systému pro výrobní stroj.....	19
4.1 Modelový provoz	19
4.2 Vybraný výrobní stroj:.....	19
4.3 Výběr řídicího systému.....	20
4.3.1 Návrh řídicího systému	21

4.3.2 Alternativní návrh řídicího systému.....	21
5 Závěr	22
6 Zdroje.....	23
7 Seznam použitých zkratk	24
9 Seznam obrázků.....	25



1 Úvod

Výrobní stroje a systémy prodělaly v poslední době poměrně zásadní vývoj. V padesátých letech minulého století se začaly ve větší míře používat číslicově řízené obráběcí stroje. Spolu s nimi se rozvíjely i řídicí systémy od reléově řízených NC až po dnešní počítačem řízené CNC řídicí systémy. Tyto systémy se neustále vyvíjejí a přizpůsobují novým konstrukčním prvkům a požadavkům zákazníků. Při vývoji obráběcích strojů stále více nabývají na významu řídicí systémy a jejich funkce.

Číslicové řízení obráběcích strojů zvyšuje zásadním způsobem možnosti a produktivitu stroje a také zvyšuje kvalitu obrobenej součásti. CNC stroje navzdory vyšším nákladům vytlačují konvenční obráběcí stroje. Díky větší produktivitě se snižuje počet pracovníků a dochází k úspoře výrobních ploch.

Protože se CNC technika neustále rozvíjí, nelze závěry vyplývající z této práce považovat za konečné. Pro aktuální zhodnocení situace na trhu je nutné neustále sledovat vývoj v dané oblasti.

1.1 Cíle

Hlavním cílem práce je rešerše dostupných systémů číslicového řízení obráběcích strojů. Jde o porovnání konkurenčních výrobců a také pokus o odhadnutí budoucího trendu vývoje v této oblasti.

Další cíl práce je výběr vhodného řídicího systému pro zvolený obráběcí stroj. Tento systém je zvolen na základě poznatků a závěrů vyplývajících z předchozí rešerše.

2 Rozdělení číslicově řízených obráběcích strojů

2.1 Systémy číslicového řízení

Číslicové řídicí systémy je možné rozdělit do dvou základních skupin:

2.1.1 NC řídicí systémy

Jsou to nejstarší číslicově řízené systémy. NC řídicí systémy byly nasazovány na obráběcí stroje s maximálně třemi řízenými osami. Dnes jsou tyto systémy jak technicky, tak morálně zastaralé a jsou užívány jen do vyčerpání jejich životnosti.

Základní vlastnosti NC systémů:

- informace je zadaná ve formě programu na děrné pásce nebo ručně z klávesnice
- do paměti systému se načítá jen jedna věta, která se vykoná
- po provedení věty se načte nová
- při načtení nové věty se stávající obsah paměti přemaže
- jakákoli úprava programu je možná pouze úpravou děrné pásky
- program na děrné pásce se znovu a znovu čte při výrobě dalších kusů
- pro zhotovení dalšího kusu se musí páska přetočit na začátek
- v programu nelze používat parametry a uživatelské podprogramy
- program nelze větvit [1]



2.1.2 CNC řídicí systémy

Počítačem řízené systémy (CNC) díky svým výhodám úplně vytlačily NC systémy. Program pro CNC je možné napsat přímo na stroji, nebo na počítači v textovém editoru, nebo použitím dalších programů pro tvorbu NC kódu. S výhodou využívají rychlý rozvoj výpočetní techniky pro stavbu hardwaru i softwaru řídicího systému stroje.

Základní vlastnosti CNC systémů:

- program se dá snadno editovat a je možné ho větvit
- program se načítá do paměti stroje
- CNC systémy využívají grafickou podporu programování a simulaci obrábění
- program je možné přenášet na paměťových médiích nebo po síti
- používají se podprogramy
- lze zadávat v parametrech
- je možné zadávat přímý matematický popis a vytvářet paraboly a křivky vyšších řádů
- kompenzují nepřesnosti strojních částí
- lze používat diagnostické programy [1]

2.2 Řízení dráhy nástroje vůči obrobku

2.2.1 Systémy s přetržitým řízením

Systémy s přetržitým řízením lze rozdělit do následujících dvou skupin:

Systémy stavění souřadnic

- chybí interpolace
- nástroj se pohybuje rychloposuvem na programovaný bod, nezáleží na vykonané dráze
- po najetí do programovaného bodu se provede pohyb v další ose
- vhodné například pro vrtačky, tvářecí stroje

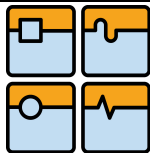
Pravouhlá řízení

- přestavování nástroje je prováděno rovnoběžně se souřadnými osami
- po dokončení pohybu v jedné souřadnici nastává pohyb ve druhé
- použití u vrtaček, tvářecích strojů, soustruhů [1]

2.2.2 Systémy se souvislým řízením

Tyto systémy umožňují výpočet korekcí a geometrie. U soustruhu se nástroj pohybuje v rovině X-Z. Stroj pracuje současně ve dvou osách, tzv. 2D řízení.

U frézky se používá několik způsobů souvislého řízení. 2,5D řízení je takové, u kterého je možné provádět lineární interpolace volitelně vždy v jedné rovině X-Y, X-Z, Y-Z. 3D řízení umožňuje interpolovat nástroj ve všech třech osách současně, tím lze vyrábět libovolné obrysy a prostorové plochy. Jestliže jsou vedle pohybů v osách (x, y, z) možné ještě rotace kolem těchto os (a, b, c) mluvíme o 4D a 5D řízení. [1]



3 Nejrozšířenější řídicí systémy


Ze všech dříve jmenovaných způsobů a rozdělí se dnes u obráběcích strojů používají téměř výhradně CNC systémy se souvislým řízením (přetržité pravouhlé řízení se používá pouze u jednodušších strojů, jako jsou například vrtačky). Tyto způsoby se dále rozvíjejí, proto zde uvádím největší současné výrobce řídicích systémů, a to co nabízejí na trh.

Moderním trendem je obrábění ve více osách, integrace návrhu s výrobou (tj. výrobního stroje s počítačem), používání univerzálních strojů, jako jsou například obráběcí centra, stále dokonalejší interpolace, větší nároky na přesnost, ale i rychlost výroby, a mnoho dalších technických, ekonomických, bezpečnostních a ekologických požadavků.

Siemens, FANUC a Heidenhain jsou největší světoví výrobci řídicích systémů pro obráběcí stroje. Tito tři výrobci mají tak velký podíl na trhu, že se zde prakticky nedá mluvit o žádné další konkurenci.

V této části je shrnuto to, čím se od sebe liší jednotliví výrobci, na co se zaměřují a co pokládají za hlavní výhody svých řídicích systémů.

Internetové stránky výrobců:

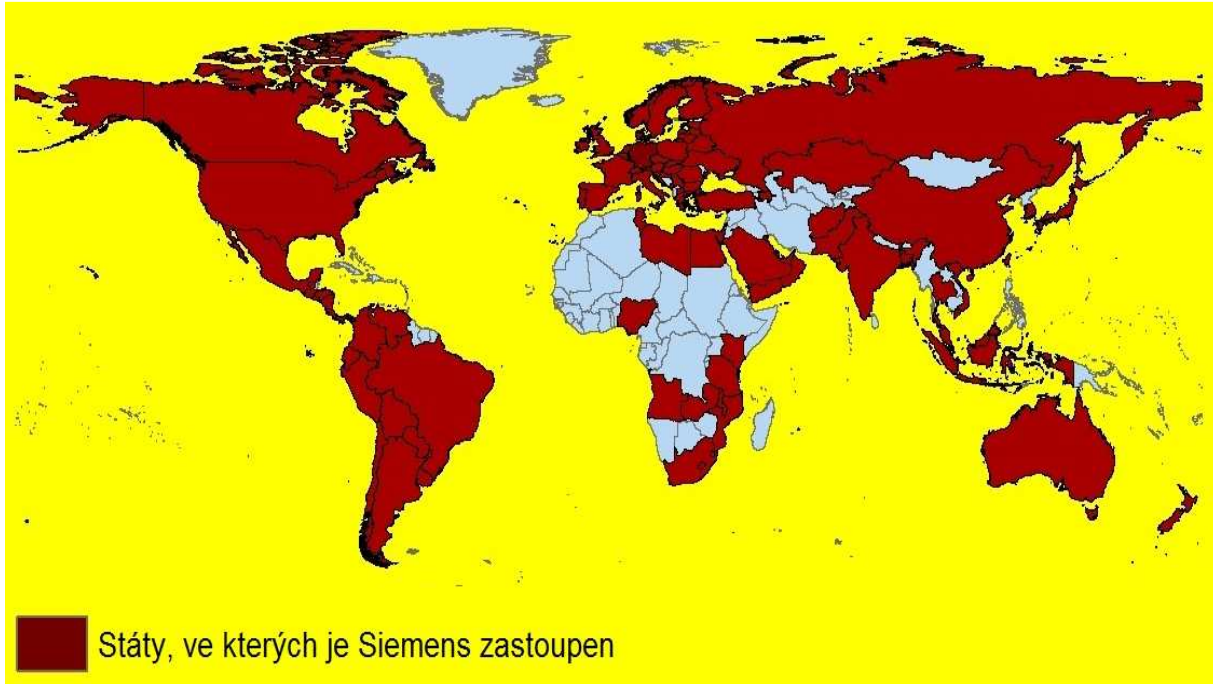
	Oficiální stránky společnosti	Oficiální české stránky
	http://www.fanuc.co.jp	http://www.gefanuc.cz
	http://www.heidenhain.com	http://www.heidenhain.cz
	http://www.siemens.com	http://www.siemens.com/answers/cz/cz



3.1 Siemens

3.1.1 Globální zastoupení

Firma Siemens je jedním z největších světových elektronických, elektro-technických a strojírenských koncernů na světě. Jako výrobce řídicích systémů je nejrozšířenější vůbec, má pobočky ve 190 zemích světa.



Obr. č. 1 Zastoupení firmy Siemens ve světě.

3.1.1 Nabízené řídicí systémy

Nabídka řídicích systémů Siemens Sinumerik obsahuje jednodušší systémy pro vrtačky a frézky 802 a 802D sl vhodné pro řízení tří až pěti os obráběcích strojů. A také složitější systémy pro řízení až 31 os, jako jsou 810D, 840Di a 840D ze staré vývojové řady a 840Di sl a 840D sl z nové vývojové řady s označením sl (solution line). [2]



Obr. č. 2 Ovládací panel Sinumerik 840D sl. [2]



3.1.2 Přednosti řízení Siemens

- nižší cena konfigurace a kratší čas projektování
- provozní spolehlivost snížením množství kabeláže
- kratší čas nastartování díky zdokonalenému spuštění a spouštění menších jednotek paralelně pro větší přehlednost
- široká použitelnost
- rozložená konfigurace dovoluje významný nárůst dosažitelnosti a produktivity výrobní linky, a tudíž zvyšuje její účinnost
- rychlá lokalizace původu chyby
- snadný servis a údržba pomocí jednoduchých periodických programů
- krátký čas k zaškolení na strojích
- virtuální analýza nových nápadů a realizovatelnosti nových strojních konceptů
- virtuální optimalizace strojních konceptů
- integrovaná bezpečnost
- zlepšení produktivity a přesnosti stávajících výrobních strojů

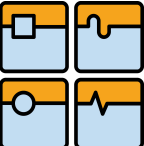
Nejvýkonnějším řídicím systémem společnosti Siemens je Sinumerik 840D. Je to systém pro všeobecné použití, který je schopen optimálně plnit požadavky zařízení. Díky své modularitě je vhodný pro téměř všechny technologie. Tento systém je nasazován na obráběcí stroje různých technologií, jako jsou soustružení, frézování, broušení, také se používá pro řízení laserových dřevoobráběcích a skloobráběcích strojů. Uplatňuje se ve velkosériových linkách i v kusové výrobě.

Tento systém umožňuje řízení maximálně v 31 osách. Počet řízených souřadnic lze dále rozšiřovat spojením několika řídicích jednotek pomocí Link-modulů. Tím vznikne supervýkonný řídicí systém.

Společně s dalšími systémy společnosti Siemens vytváří Sinumerik 840D kompletní digitální systém. Konkrétně jsou to pohony Simodrive 611D a moduly programovatelného automatu Simatic S7-300. Sinumerik 840D umožňuje uživateli vložit do systému vlastní know-how díky otevřenosti v CNC, HMI i PLC. Tímto způsobem mohou být řešeny téměř všechny požadavky uživatele.

Pro zvýšení přesnosti v maximální možné míře je možné použít prostorovou kompenzaci. Ta má za úkol eliminovat fyzikální vlivy a výrobní tolerance. Stroj je nutné napřed pečlivě proměřit a potom je možné definovat kompenzační tabulky, kterými se zajišťuje prostorová kompenzace. Prostorová kompenzace je funkce, jejíž rozsah u Sinumeriku 840D nemá ekvivalent u žádného jiného výrobce CNC systémů.

Řada Solution Line je navíc vhodná pro modernizaci současných obráběcích strojů, tzv. retrofit. Kde se konvenční obráběcí stroje, nebo staré NC stroje renovují a pomocí menších úprav se přepracují na CNC stroje. Jestliže daný stroj používá řídicí systém Sinumerik, může být použit i jeho aplikační software při nasazení nového řídicího systému. Přičemž se uživatelské programy PLC, technologické programy, uživatelské obrazovky a složky nezmění. [3]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Přímo do řídicího systému a do pohonů je možné integrovat bezpečnostní funkce. Těmito systémy lze realizovat vysoce účinnou ochranu osob a strojů. Toto řízení je označováno jako Sinumerik Safety Integrated. Bezpečnostní funkce obsažené v tomto systému splňují požadavky bezpečnostní kategorie 3 podle normy EN 954-1 (Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části řídicích systémů).

Bezpečnostní funkce, jako jsou zamezení vyšším než povoleným otáčkám, kontrola kolizí, aj., většinou bývají zapojeny samostatně a používají z části vlastní měřicí prvky a z části data z řídicího systému.

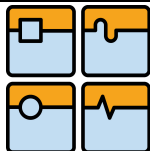
Integrace těchto funkcí do řídicího systému má několik výhod. Řídicí systém není nutno doplňovat dalšími vyhodnocovacími a snímacími prvky. Díky velmi krátké datové cestě od zjištění nebezpečné situace k jejímu vyhodnocení lze dosáhnout velmi krátké reakční doby. Integrovaná bezpečnostní technika může působit přímo na výkonové členy v pohonovém regulátoru bez použití mechanických spínacích prvků. Navíc se tímto způsobem dají odhalit chyby, které jsou běžným měřením nezjistitelné. Například při naměření špatné frekvenční charakteristiky řídicí systém vyhodnotí, že tyto špatné parametry jsou zapříčiněny například volným ložiskem na hřídeli. [4]

3.1.3 Podpora dílenského programování

Pro podporu dílenského programování vyvinula firma Siemens balík softwarových opcí pod obchodním názvem JobShop. Základní verze jsou ShopMill (pro frézovací stroje a obráběcí centra) a ShopTurn (pro soustružení). Tyto opce se používají při tvorbě programu relativně jednodušších výrobků s nízkou náročností na obsluhu. Samotné programování je založeno na bázi „grafického“ programování.

Použitím softwarových balíčků ShopMill a ShopTurn se významně zjednodušuje psaní technologických programů pro obrábění. Pomocí těchto programů je možné na základě dialogového programování vytvořit technologický program obrobku, a to bez znalosti zákonitostí pro tvorbu takového programu.

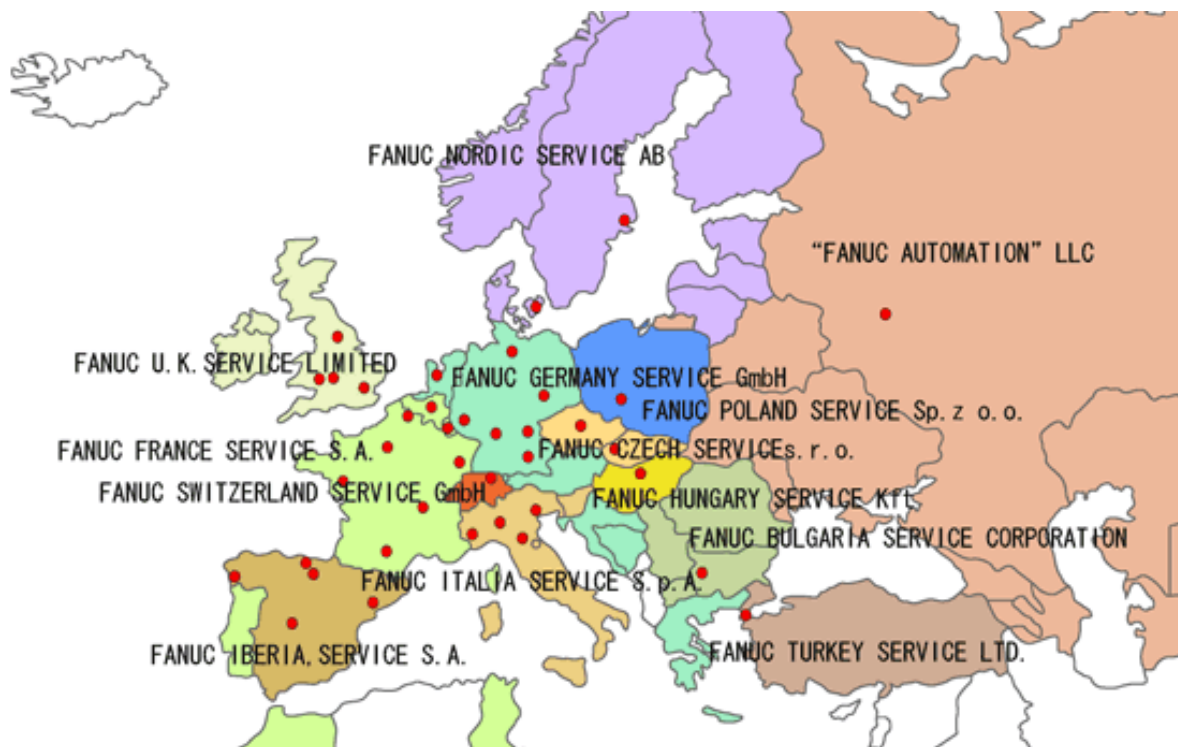
Programy sady ShopMill mají mnoho zjednodušujících funkcí pro podporu dílenského programování. Je možné zadávat část nekompletně zadané kontury a její tvar si systém sám dopočítá. Je zde k dispozici řada cyklů pro vrtání a frézování. Pomocí cyklů se dá řešit vrtání hlubokých děr, frézování rovinných ploch, pozicování nástroje po přímce, mřížce a po kruhu a vícenásobné upnutí obrobků. Cykly pro optimalizaci obráběcích časů, především při frézování kapsy bez nutnosti obrobit celou konturu. Dále jsou k dispozici seřizovací funkce jednak pro měření obrobku, jednak pro měření nástroje a kalibraci 3D čidel nebo měrek. Grafické znázornění pro zobrazení obrobku a simulace stopy nástroje v materiálu jsou samozřejmostí. Během obrábění jsou zobrazovány skutečné hodnoty pohybu nástroje a obrobku ve skutečném čase. [5]



3.2 Fanuc

3.2.1 Globální zastoupení

Firma Fanuc je druhý světově nejrozšířenější výrobce řídicích systémů. Je to japonská značka a proto má široké zastoupení v jižní a jihovýchodní Asii, dále je také velice rozšířená v Evropě a USA. Je zastoupena také v Austrálii, jižní Africe a Jižní Americe.



Obr. č. 3 Zastoupení firmy Fanuc v Evropě. [6]

3.2.2 Nabízené řídicí systémy

CNC	Počet řízených os	Počet řízených vřeten	Současně řízené osy	Poznámka
32i	9	2	4	
31i	20	6	4	Univerzální CNC pro moderní a vysoce výkonné stroje
31i-A5	20	6	5	
30i	48	8	24	Nejvýkonnější řídicí systém
0i-MD	5	2	4	
0i-TD	11 (max. 7 pro každý kanál)	4	4	Základní úroveň CNC (jednodušší stroje)
0i Mate-MD	3	1	3	
0i Mate-TD	3	1	3	
0i-TTC	7	3	4 osy pro každý kanál	
Power Mate i-H	8	0	4 osy pro každý kanál	Řešení pro aplikace s více polohovanými osami
Power Mate i-D	2	2	1 osa pro každý kanál	Analogová nebo sériová vřetena

Obr. č. 4 Tabulka řídicích systémů firmy Fanuc. [7]



Obr. č. 5 Ovládací panel Fanuc 18i - MB. [8]

3.2.3 Přednosti řízení Fanuc

Špičková technologie CNC systémů řady *i* představuje výhody pro výrobce obráběcích strojů i koncové uživatele. Díky integrovanému displeji LCD jsou modulární řídicí systémy vysoce kompaktní a ploché. Všechny CNC systémy jsou vybaveny rozhraním Ethernet a mají mnoho volitelných funkcí.

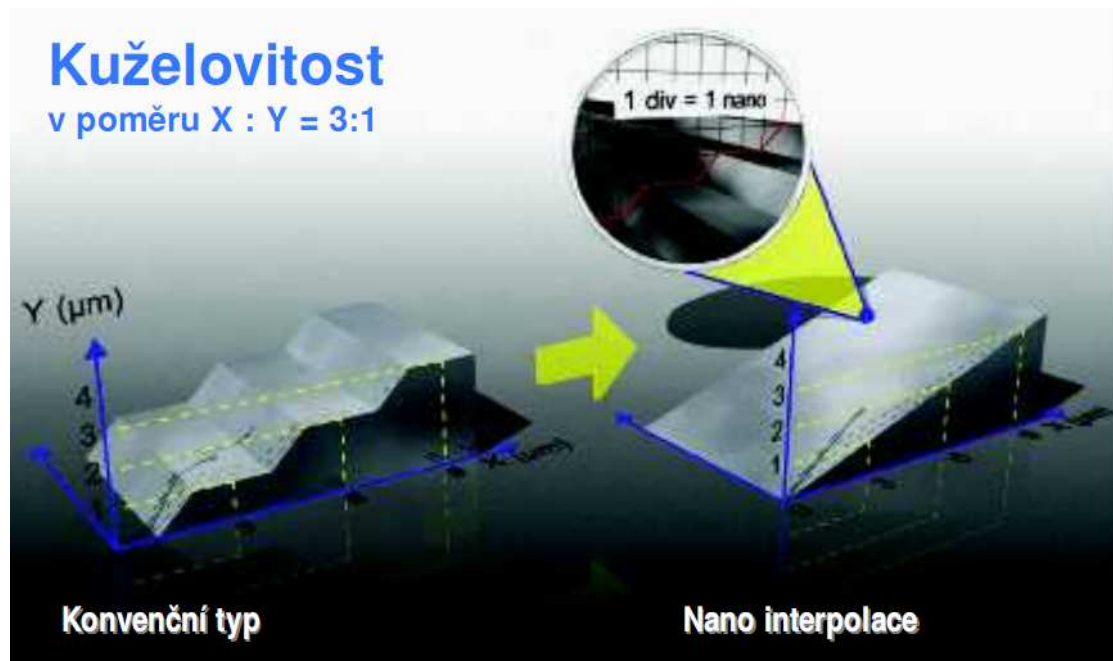
Výhody:

- rychlost a přesnost
- nano interpolace
- vysokorychlostní přesné obrábění
- obrábění v pěti osách
- podpora křivek NURBS
- snadná obsluha a dílenské programování
- otevřenost a modularita
- snadná údržba
- individuální konfigurace
- spolehlivost
- možnost použít komponenty jiných výrobců
- návaznost ve vývoji produktů
- ergonomická konfigurace menu



V systémech Fanuc je možné měnit důraz buď na rychlost, nebo na přesnost obrábění podle podmínek obrábění. Obsluha má na výběr deset úrovní přesnosti, kde stupeň 1 představuje nejvyšší rychlost s minimální dosaženou přesností a úroveň 10 znamená maximální přesnost při minimální rychlosti. Toho se dá využít například pro hrubování obrobku, kde může uživatel zvolit nižší úroveň přesnosti při vyšší rychlosti obrábění a následně při dokončování, kde použije vyšší úroveň přesnosti. Při používání této funkce je možné zkrátit dobu obrábění až o 30%.

Nano interpolace je hlavní předností CNC systémů řady 16i/18i/18i-MB5. Tato funkce počítá polohovací příkazy pro digitální přesný servosystém s rozlišením na nanometry. Interpolace probíhá bez zaokrouhlení nanohodnoty, díky tomu může digitální systém sledovat dráhu nástroje velice přesně a hladce. Tím je zajištěna velmi vysoká kvalita povrchu.



Obr. č. 6 Rozdíl mezi konvenčním typem interpolace a nano interpolací. [8]

K dosažení vysoké kvality povrchu je také potřeba hladkého pohybu nástroje. Hladkého pohybu je dosaženo aplikací nano interpolace společně se specifickým servořízením. Toto řízení obsahuje filtr, který potlačuje mechanické rezonance a zajišťuje stabilitu servosystému s vysokým zesílením. V případě velkých rezonancí je možné zablokovat několik rezonančních frekvencí. Díky tomu jsou omezeny mechanické rázy, je zajištěn hladký a stejnorodý povrch a může se prodloužit životnost nástroje a stroje.

Pro správnou funkci nano interpolace systém využívá strukturu servomotoru, přesné měření proudu, čidlo polohy s vysokým rozlišením (16 000 000/ot.) a servořízení s rychlou odezvou. Rychlý digitální signálový procesor a pokročilé algoritmy pro automatické řízení proudu zajišťují rychlou odezvu a stabilitu obvodu pro řízení proudu. Kratší vzorkování regulační smyčky a detektor s vysokým rozlišením přispívají k citlivosti a přesnosti řídicího systému.

Pro dosažení přesného obrábění při vysokých rychlostech je zapotřebí správná součinnost mnoha systémů. Především důležitý je rychlý procesor RISC, který umožňuje obrábění s nano interpolací při optimální rychlosti posuvu.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

V rámci funkce Nano řízení lze nastavit samostatné hodnoty zrychlení jednotlivých os, protože každá osa má jiný moment setrvačnosti. Hlavním důvodem je vyhlazení profilu zrychlení a zpomalení, což značně snižuje chybu polohy. Podle naprogramovaného obrysu se přizpůsobuje rychlost posunu, ale zrychlení přitom stále zůstává v dovolených mezích pro každou osu.

Nejen při pohybu v osách, ale i při náhlých změnách směru vznikají velká zrychlení, která způsobují mechanické rázy. Funkce omezení rázů omezuje tyto náhlé přechody vyhlazením profilu zrychlení. Tyto dvě funkce jednak snižují chyby polohy, jednak zvyšují kvalitu povrchu a mají také kladný vliv na opotřebování nástroje a celkovou životnost stroje.

Další důležitou funkcí pro velmi rychlé obrábění je načítání bloků dopředu. Tato funkce je důležitá především při obrábění složitě tvarovaných povrchů, kde program s lineárními bloky generuje malé bloky vykonávaných povelů. V případě že by bloky nebyly načteny v paměti stroje, mohlo by dojít k situaci, že stroj bude muset „čekat“ na následující dávku dat. To by mohlo negativně ovlivnit kvalitu i dobu obrábění. Řídicí systémy Fanuc mohou načítat dopředu až 1000 bloků.

K vysoké rychlosti se vztahuje i programovatelná řídicí logika PMC. V systémech Fanuc se používá specifický PMC procesor, který bleskově zpracovává i rozsáhlé řídicí sekvence, doba zpracování základního příkazu PMC je 0,033 μ s na instrukci. Systémy CNC a PMC si vyměňují data prostřednictvím vysokorychlostního rozhraní. Do tohoto rozhraní lze zabudovat další funkce.

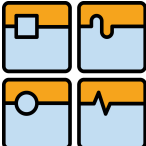
Řídicí systémy řady 16i/18i/18i-MB5 umožňují použití křivek NURBS. Tyto křivky velmi přesně zobrazují tvar součásti s využitím matematického popisu tvarů. Klasickým příkladem použití jsou plynulé přechody mezi bloky. Takto zadaný program je mnohem menší než CNC program složený z malých bloků, a proto není zapotřebí vysoké přenosové rychlosti. Křivky NURBS využívá většina CAD systémů a je možno je využívat i pro pětiosé obrábění a jiné složité operace.

Společnost Fanuc umožňuje použít komponenty jiných výrobců a dále nabízí výrobcům obráběcích strojů možnost nakonfigurovat operátorské rozhraní řídicího systému podle vlastních potřeb a použít vlastní funkce. Výrobci obráběcích strojů mohou vygenerovat vlastní knihovnu maker, která používají M a G kódy. Tímto způsobem mohou uživatelům poskytnout pevné cykly, které lze vyvolat stisknutím tlačítka.

Systémy Fanuc jsou vysoce spolehlivé, především z důvodů nízkého počtu komponentů. Vysoce integrované obvody přispívají k miniaturizaci a tím se počet komponentů snižuje. Proto je možné použití zjednodušené skříně řídicího systému a minimálního počtu vodičů.

Digitální technologie, použitá v rámci všech zařízení, zajišťuje rychlý a bezztrátový přenos dat. CNC programy vytvořené v CAD/CAM systémech se dají přenést do řídicí jednotky pomocí různých datových rozhraní. K dispozici je rychlý datový server GE Fanuc. Interní paměť řídicí jednotky je až 8 MB a paměť harddisku je nejméně 40 GB.

Systémy Fanuc mají také mnoho funkcí a nástrojů pro servis, jako třeba možnost vzdáleného monitorování. Při poruše stroje mohou odborníci v servisním středisku provést analýzu problému na dálku, za předpokladu, že je řídicí systém připojen k internetu. Pokud je nutný servisní zásah, pak servisní technik obdrží všechny důležité informace, aby mohl vybrat správné náhradní díly a připravit se na návštěvu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

V případě, že je řídicí systém oddělen od monitoru, používá se k přenosu dat optické spojení až do vzdálenosti 100m. Podobné optické spojení lze také použít mezi řídicím systémem a pohony.

Řídicí systémy Fanuc jsou vhodné i pro inovaci starých strojů a tím i prodloužení jejich životnosti, tzv. retrofit. Systémy Fanuc jsou vybaveny mnoha funkcemi, které se dají s výhodou použít u retrofitů. Snadné připojení řídicího systému přes rozhraní Ethernet, rychlé automatizované seřízení s využitím měřicích sond, snadné programování, rozšíření systému pomocí volitelných doplňků, snadná údržba a zaškolení. [8]

3.2.4 Možnosti pro obsluhu

Systémy Fanuc zjednodušují kromě samotného obrábění i přípravu stroje před obráběním. Nastavení parametrů pro obrábění se provádí na jediném obrazovce, kde obsluha volí poměr rychlost a přesnost v závislosti na konfiguraci příslušného stroje. Pro nastavení obrobku je k dispozici obrazovka s jednoduchými pokyny, kde se kalibruje měřicí čidlo. Po kalibraci může uživatel změřit polohu, povrchy, úhel a další údaje týkající se součástky.

Po nastavení stroje je potřeba vytvořit program. Jednoduché NC programy lze vygenerovat prostřednictvím standardních obrazovek. Tato operátorská rozhraní jsou také vhodná pro snadnou a rychlou kontrolu a úpravu existujících programů. Program je také možné psát v G kódu, nebo ho generovat pomocí CAM systémů, nebo použít dílenské programování.

Pro dílenské programování využívá Fanuc software *Manual Guide i*. Je to programovací prostředí, ve kterém se provádí kompletní práce od výkresu po obrobek. Pomocí *Manual Guide i* lze velice snadno a rychle naprogramovat CNC na soustružení, frézování nebo kombinované obrábění.

Výhody *Manual Guide i* pro programování:

- Veškeré podstatné informace se zobrazují na jedné obrazovce, není potřeba neustále přepínat mezi několika různými obrazovkami.
- Popisné ikony zajišťují, že uživatelé mohou pracovat intuitivně. I obsluha, která nemá praxi v programování CNC, může vytvořit program bez podpory dokumentace.
- Vytvořené NC programy lze editovat jako při používání textového editoru. Části programu lze vyjmát či vkládat podle potřeby
- Veškeré opracovávané obrobky lze graficky vytvořit na obrazovce a simulovat pomocí pevného modelu.
- Před začátkem obrábění proběhne v CNC několik testů proveditelnosti. Tyto testy zahrnují kontrolu zadání obsluhy i stavu programu a stroje (ochrana proti chybám v ovládání a v zadání). [8]



3.3 Heidenhain

3.3.1 Globální zastoupení

Heidenhain je třetí nejrozšířenější výrobce řídicích systémů pro obráběcí stroje. Je zastoupen na všech kontinentech, ale především v Evropě.

Argentina	Finland	Macedonia	Slovakia
Australia	France	Malaysia	Slovenia
Austria	Germany	Mexico	South Africa
Belarus	Great Britain	Montenegro	Spain
Belgium	Greece	Netherlands	Sweden
Bosnia and Herzegovina	Hong Kong	Norway	Switzerland
Brazil	Hungary	Philippines	Taiwan
Bulgaria	India	Poland	Thailand
Canada	Indonesia	Portugal	Turkey
China	Israel	Romania	USA
Croatia	Italy	Russia	Ukraine
Czech Republic	Japan	Serbia	Venezuela
Denmark	Korea	Singapore	Vietnam

Obr. č. 7 Seznam států, ve kterých je firma Heidenhain zastoupena. [9]

3.3.2 Nabízené řídicí systémy

TNC souvislé řízení pro frézky a frézovací centra tvoří celistvou řadu produktů:

- TNC 124 – pravouhlé řízení (především pro vrtání)
- TNC 320 – 3 řízené osy
- TNC 620 – 5 řízených os
- iTNC 530 - 13 řízených os

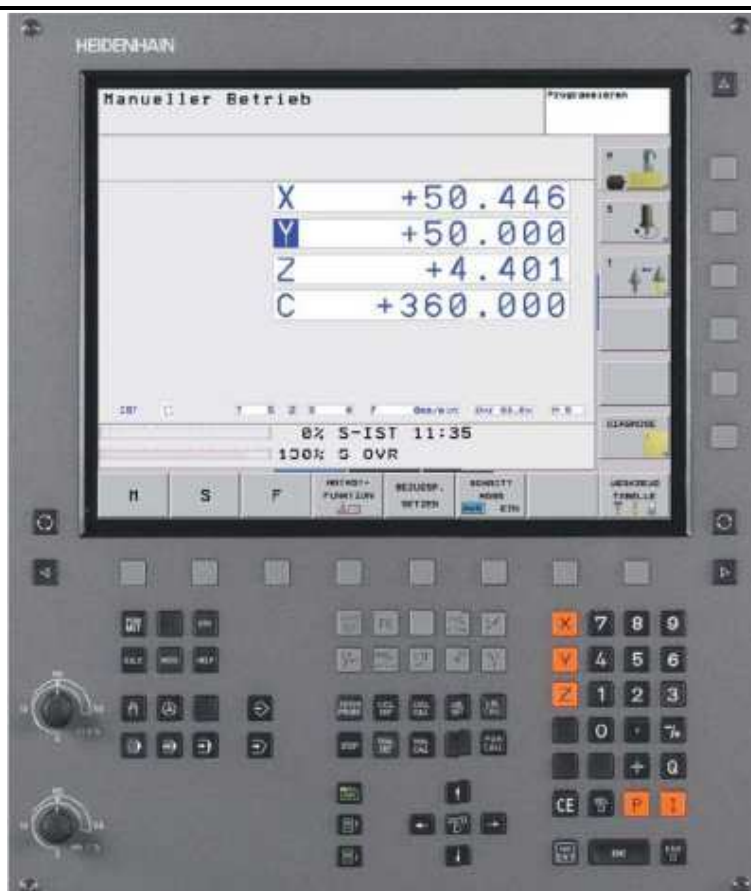
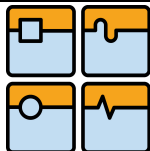
Výhody řídicích systémů skupiny TNC:

- dílenské programování
- možnost externího programování
- vhodné také pro automatizovanou výrobu
- vhodné pro všechny aplikace od jednoduchého frézování až po vysokorychlostní obrábění

MANUALplus 620 je víceúčelové CNC řízení pro soustruhy.

Výhody MANUALplus 620:

- umožňuje ruční obrábění jednoduchých dílců
- je vybaveno bohatou nabídkou cyklů pro cyklové programování
- nabízí formulářové zadání a grafickou podporu programování
- provádí také frézovací a vrtací operace na jedno upnutí
- je možné ho používat s digitálními i analogovými pohony
- podporuje i vertikální soustruhy [9]



Obr. č. 8 Ovládací panel Heidenhain iTNC 530. [10]

3.3.3 Přednosti řízení Heidenhain

Další výhody řídicích systémů Heidenhain:

- digitální koncept řízení
- vysoká přesnost obrysu
- maximální věrnost kontur a rychlost opracování
- pětiosé obrábění
- ruční kolečko
- inteligentní obrábění
- měření automatickými sondami

V řídicím systému jsou integrovány regulátor polohy, regulátor otáček a regulátor proudu. Díky digitální regulaci pohonů lze realizovat maximální posuvy. Pro dosažení potřebných rezných rychlostí jsou otáčky vřetena regulovány digitálně až do $60\,000\text{ min}^{-1}$. V celkovém digitálním konceptu řízení jsou všechny komponenty vzájemně propojeny výlučně digitálním rozhraním s použitím protokolu reálného času.

Řízení je široce použitelné také díky diagnostice a citlivosti vůči poruchám, od procesoru až po snímač. Celkový digitální koncept zaručuje vysokou přesnost a jakost povrchu při vysokých pojezdových rychlostech a širokou použitelnost celého systému.



Aby bylo možné dosahovat maximální rychlosti opracování a zároveň i maximální věrnosti kontur, používají systémy Heidenhain následující metody.

Počítání kontur dopředu, až 1 024 bloků. To umožňuje řídicímu systému přizpůsobit rychlost posuvů mezi konturami. Rychlost a zrychlení v jednotlivých osách se řídí speciálními algoritmy, díky kterým nedochází k trhavým pohybům při změně rychlosti a zrychlení. Navíc integrované filtry potlačují negativní dynamické vlastnosti stroje.

Rychlost zpracování NC bloku je $0,5 \text{ ms}^{-1}$. Díky tomu je možné bez problémů obrobit i velmi přesné kontury s minimálními vzdálenostmi bodů. Je možné interpolovat až v pěti osách současně

Pro využití maximální rychlosti obrábění a při současném zachování dostatečné přesnosti je možné prostřednictvím jednoho cyklu zadat do řídicího systému maximální přípustné odchylky od ideální kontury. Řídicí systém automaticky přizpůsobí opracování zvolené toleranci tak, aby nedocházelo k poškození kontur.

Pro pětiosé obrábění lze vytvořit NC program pouze pomocí dílenského programování. Mnohé z pětiosých operací, které vypadají na první pohled komplexně lze redukovat na obvyklé 2D pohyby, které jsou pouze otočeny kolem jedné nebo několika rotačních os, příp. jsou vytvořeny na společné válcové ploše. Takové programy lze rychle vytvořit a editovat bez CAD/CAM systému.

Nástrojovou dotykovou sondou TT 140 je možno automaticky měřit nástroje upnuté ve vřetenu stroje. Kontrolou nástroje během opracování lze zjistit jeho opotřebení nebo zlomení. Zabrání se tak vzniku zmetků. Řídicí systém ukládá v paměti naměřené hodnoty. Zjistí-li odchylky mimo zadanou toleranci, automaticky vymění nástroj za sesterský. [10]

3.3.4 Podpora dílenského programování

Řízení Heidenhain jsou orientována na dílenské programování v dialogových oknech. Pro tento způsob psaní programu není potřebná znalost G kódu. Namísto toho se k programování používají speciální softklávesy.

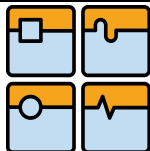
Všechny nezbytné údaje pro správné zadání si řízení vyžádá pomocí jasných instrukcí. Všechny tyto instrukce jsou k dispozici v mnoha národních jazycích, mezi kterými nechybí ani čeština.

Tyto systémy obsahují praktické seřizovací funkce, které pomáhají uživatelům redukovat ztrátové časy. Pomocí 3D dotykové sondy je možno seřadit jak obrobek, tak nástroj. Pro toto seřizování jsou nabízeny předem připravené cykly, například cykly pro ustavení obrobku, změření hotové součásti a změření nástroje.

Pro dílenské programování se s výhodou používá polohovací ruční kolečko.

Možnosti použití ručního kolečka:

- jemné pojiždění ve směru os
- při seřizování je možné osy stroje ovládat elektronickým ručním kolečkem
- při obrábění se třemi osami a šikmo nastaveným nástrojem je možné bez přerušování obrábění ručním kolečkem přestavit úhel nástroje. Řídicí systém se postará o to, aby nástroj zůstal na kontuře a obrobek nebyl poškozen.
- tři tlačítka pro funkce stroje, které stanoví výrobce stroje
- potvrzovací tlačítka
- tlačítko centrálního stopu



Obr. č. 9 Ruční kolečka Heidenhain. [10]

Pro programování a testování je k dispozici i grafické znázornění vykonávané funkce. Tato grafika velice zjednodušuje dílenské programování, kde je neustále při ruce náhled tvaru budoucí součásti, a také se zobrazují pomocná schémata při programování cyklů. Během programování je také možno nahlížet do grafické simulace právě probíhajícího programování. Přímé pozorování není kvůli chladicí kapalině a ochranným krytům většinou možné. [10]

3.4 Porovnání

Nelze obecně rozhodnout, který ze způsobů řízení je nejlepší. Každý ze zmíněných systémů má nějaké klady a zápory. Obecně lze říci, že jsou tyto řídicí systémy na vysoké technické úrovni a pokrývají požadavky zákazníků v rámci současných možností techniky. Všichni tito výrobci mají širokou škálu produktů, od jednoduchých systémů pro vrtačky až po velice složité systémy určené pro pěti- a víceosé obrábění v obráběcích centrech. Řídicí systémy všech tří výrobců je možné použít pro libovolné aplikace. Přesto jsou mezi řídicími systémy rozdíly, které je zvýhodňují pro konkrétní použití.

Výhoda řízení Siemens je v kombinaci s ostatními produkty Siemens a vytvoření souvislého výrobního systému plynule navazujícího na obráběcí stroj. Toho se úspěšně využívá při hromadné a sériové výrobě.

Systémy Fanuc mají velké množství nastavení, jak pro výrobce obráběcích strojů, tak pro obsluhu. Další velkou výhodou je nano interpolace, která zvyšuje kvalitu povrchu obráběných ploch.

Heidenhain vyniká především v podpoře dílenského programování. Již při programování je v náhledu zobrazován budoucí tvar obráběné součásti. Vysoká je i přesnost a dodržování kontury povrchu. A snadná je také obsluha a údržba strojů. K dispozici je také ruční kolečko, kterým se dají ovládat posuvy z libovolného místa stroje.

Systémy společností Siemens a Fanuc se kromě jiného zaměřují i na retrofit obráběcích strojů. Jejich komplexně řešené řídicí systémy spolu s odpovídajícími pohony jsou vhodné pro kompletní renovaci morálně zastaralých výrobních strojů.



3.5 Předpokládaný vývoj a trendy do budoucna

Budoucí vývoj lze jen těžko odhadovat, ale přesto se pokusím o určitý náhled do blízké budoucnosti. Řídicí systémy využívají technických možností stroje a zprostředkovávají komunikaci stroje s obsluhou. Od toho se odvíjejí požadavky na ně kladené, podle kterých lze v jisté míře odhadovat další směr vývoje.

V současné době je velmi rozšířené pětiosé obrábění a používání obráběcích center s mnoha řízenými osami. Tento trend se podle mého názoru bude prohlubovat a obráběcí stroje se budou sdružovat i s dalšími pomocnými operacemi. Snahou je minimalizovat podíl lidské práce ve výrobě. Toho je dosahováno použitím manipulačních technik a robotů, které jsou spolu s obráběcím strojem integrovány do výrobní linky. Tento trend naznačuje již množství os, které jsou jednotlivé řídicí systémy schopny ovládat. Pro ilustraci uvádím maximální počet os, které mohou jednotlivé systémy řídit: Heidenhain 13 os, Siemens 31 os a Fanuc 48 os. Systémy Siemens jsou dokonce modulární, dají se skládat, čímž je možné zvětšovat množství řízených os. Další náznak slučování obráběcích strojů s pomocnými operacemi je skutečnost, že mnohé řídicí systémy obráběcích strojů se dají používat také k řízení manipulátorů a jiných manipulačních prostředků.

Další vývojový směr, který lze pozorovat u současných výrobců řídicích systémů, je ve zjednodušování ovládání. Každý řídicí systém má svůj vlastní software pro dílenské programování. Tyto programy se vyznačují intuitivním a jednoduchým ovládáním. Uspadňují práci především uživatelům, kteří s CNC programováním nemají zkušenosti. ISO programování je samozřejmě stále používáno, v některých případech je možné při programování dráhy nástroje volně přecházet mezi dílenským a normalizovaným ISO programováním. Vývoj v této oblasti směřuje ke zjednodušení programování běžných obráběcích operací.

Rozšíření řídicích systémů také souvisí s rozšířením CNC strojů a jejich aplikací. Velice přesné obrábění nachází mnoho aplikací v jemné mechanice, leteckém průmyslu, lékařství a mnoha dalších odvětvích. Nahrazuje jiné dříve používané technologie, nebo dokonce umožňuje vytvářet součásti, které dříve nebylo možné vyrobit.

Integrovaní bezpečnostních funkcí přímo do pohonů a řídicích systémů je další možný směr vývoje. Toto propojení už používá na svých strojích společnost Siemens, lze proto očekávat, že ostatní výrobci se také pokusí o vložení podobných funkcí do svých řídicích systémů.

Konstrukce obráběcích strojů většinou vychází z jednoduché sériové kinematické struktury. Začínají se ale objevovat i stroje s paralelní kinematickou strukturou jako jsou tripody a hexapody. Tyto konstrukce kladou další požadavky na řídicí systém.



4 Výběr řídicího systému pro výrobní stroj

4.1 Modelový provoz

Pro výběr výrobního stroje a k němu vhodného řídicího systému je důležité znát informace o tom, jaké obrobky bude vyrábět a za jakých podmínek. Proto si zde zvolím modelovou firmu a její požadavky na výrobní stroj.

Požadovaný výrobní stroj je frézka. Ta bude vyrábět jednoduché obrobky středních rozměrů a hmotností nejčastěji z oceli a hliníku. Daná výroba bude kusová nebo malosériová. V provozu je již začleněn jeden CNC soustruh s řízením Fanuc. CNC soustruh je programován dílensky, ale je plánováno použití CAD/CAM systému při rozšiřování počtu CNC strojů.

4.2 Vybraný výrobní stroj:

Jako příklad výrobního stroje jsem si zvolil vertikální obráběcí centrum MCV 750 od firmy Kovosvit MAS.

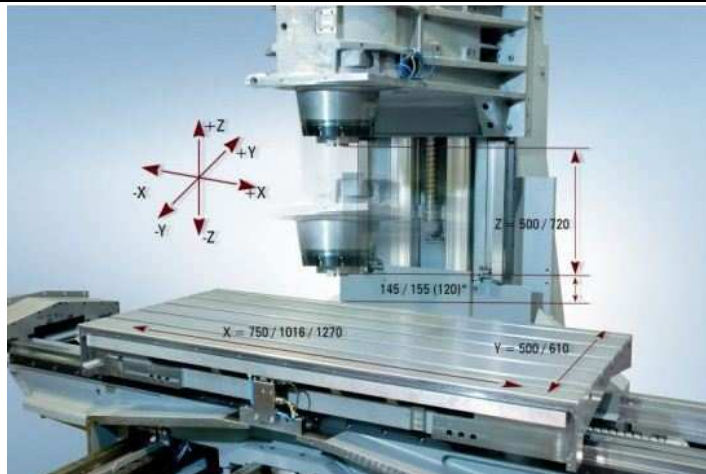
Je to klasické frézovací centrum s lineárním vedením ve všech osách. Je vybaveno třemi na sebe kolmými osami, které jsou ovládány digitálními pohony posuvů.

Pracovní rozsah v osách x,y,z je 750 x 500 x 500 mm. Velikost pracovní plochy je 1 000 x 640 mm, maximálním dovolené zatížení stolu je 650 kg. [11]

Tento stroj odpovídá daným požadavkům. Tři pohybové osy jsou dostačující pro základní frézovací, vrtací, vystružovací a zahlubovací operace, včetně řezání závitů.



Obr. č. 10 Obráběcí centrum MCV 750. [11]



Obr. č. 11 Pohybové osy obráběcího centra MCV 750. [11]

Při volbě velikosti pracovní plochy a možností stroje jsem vycházel z údajů o velikosti a složitosti obrobků, které budou na tomto stroji vyráběny. Vzhledem k jeho jednoduchosti je možné s výhodou používat dílenské programování.

V reálném provozu se zohledňují další stroje v podniku, především kvůli opravám, výměnám náhradních dílů a zaškolování obsluhy. Další rozhodující kritérium je samozřejmě cena stroje. Dále se hodnotí mnoho dalších věcí, jako například rychlosti pojezdových os, typ upínacího kužele, zástavbové prostory stroje, atd.

4.3 Výběr řídicího systému

Při výběru řídicího systému je třeba brát v úvahu několik kritérií. Podobně jako při výběru obráběcího stroje je důležité vědět, jaké součásti budou na obráběcím stroji vyráběny a jaké jsou další řídicí systémy na ostatních obráběcích strojích v podniku. Také je důležité určit, zda bude stroj programován dílensky, nebo bude CNC kód generován pomocí CAD/CAM programů. Dále lze vybírat řídicí systémy podle možností doplňkového vybavení, které je možno použít s jednotlivými řídicími systémy.

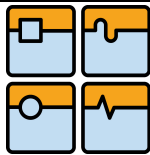
Vzhledem k vybranému obráběcímu stroji je několik hlavních kritérií, podle kterých lze vybrat řídicí systém. Pro frézovací obráběcí centra se obvykle generuje NC kód pomocí CAD/CAM systémů, ale vzhledem k jednoduchosti vybraného stroje, který má 3 řízené osy, je možno použít i vhodné dílenské programování.

Protože má tento stroj 3 posuvové osy, stačí použít jednodušší řídicí systém, který ovládá pouze tři osy a z toho dvě osy současně. Toto řízení bude plně dostačující pro výrobu většiny trojrozměrných součástí.

V případě výroby o něco složitějších obrobků, kdy bude potřeba současný pohyb ve třech osách, by bylo nutné použít řídicí systém, který ovládá všechny tři osy současně. Pro naprogramování dráhy nástroje by už bylo nutné použít CAM program.

Nejsložitější obrobky, které vyžadují obrábění ve více osách při současném natáčení obrobku, není možné na tomto stroji vyrobit.

Tyto nároky splňují všichni výrobci řídicích systémů, přesto bych volil v konkrétních případech různě.



4.3.1 Návrh řídicího systému

Vzhledem k tomu, že bude stroj používán v malé firmě s malým počtem CNC strojů, bylo by vhodné používat dílenské programování. Obsluha během dozoru u stroje připravuje program pro výrobu dalšího dílce.

Pro tento způsob programování bych zvolil některý z řídicích systémů Heidenhain. Firma Heidenhain klade velký důraz na dílenské programování a díky tomu si získala i mnoho uživatelů.

Pro řízení zvoleného obráběcího stroje, který má tři pohybové osy, je dostačující nejjednodušší řídicí systém firmy Heidenhain TNC 320. Přesto ale zvolím jiný řídicí systém, konkrétně volím **Heidenhain iTNC 530**. Výhody tohoto systému jsou především v integrovaném digitálním řízení pohonů s integrovaným měničem. Tím se sníží počet použitých komponent a ovládání pohonů je přesnější. Tento systém má také vysoký výpočetní výkon a řadu softwarových funkcí pro řízení drah nástroje. Kontury obrobku si zachovávají vysokou přesnost i při vysokorychlostním obrábění.

Stejně jako všechny systémy Heidenhain je i tento dílensky orientovaný. Výhodný je 15" monitor, který zobrazuje všechny informace potřebné k programování, obsluze a kontrole řídicího systému a stroje. Dílenské programování Heidenhain obsahuje soustavu pokročilých funkcí pro inteligentní obrábění. Jednou z nich je dynamická kontrola kolizí.

Samozřejmě je také možné používat tento systém společně s CAD/CAM řízením. Pro toto využití má řídicí systém řadu vstupů jak pro paměťová zařízení, tak pro síťová připojení.

4.3.2 Alternativní návrh řídicího systému

S důrazem na plánované použití CAD/CAM systémů bych zvolil některý ze systémů Siemens nebo Fanuc. Toto sestavení je vhodné především pro provoz, ve kterém je začleněn větší počet CNC obráběcích strojů nebo pro výrobu tvarově složitých obrobků. Při použití CAM systému by se dalo uvažovat o dokoupení otočného stolu, který je součástí volitelné výbavy. Tím by počet řízených os stoupl na 4 a zvýšili by se možnosti stroje.

Pro tuto možnost je potřeba zakoupit ještě výkonný počítač s vhodným CAM programem. Tím by vzniklo další pracoviště, ve kterém by se ze zadaných výkresů, nebo 3D modelů generoval NC kód pro obráběcí stroje. Dále je také nutné zaškolení pracovníků v ovládání nejen stroje, ale i daného CAM programu. Vhodné je také zajištění datových přenosů po dílně k jednotlivým strojům, tím se urychlí přesun informací od CAM systému do obráběcího stroje.

V tomto případě volím řídicí systém **Fanuc Oi - MD**. Hlavním důvodem je, že systémem Fanuc je vybaven CNC soustruh, který již v dílně pracuje. Systémy Fanuc mají dále mnoho funkcí pro přenos dat. Podporují technologie používané většinou CAD/CAM systémů, například křivky NURBS. Jsou vybaveny rychlým datovým serverem a mají velkou kapacitu paměti. Díky těmto vlastnostem je možné do stroje nahrát větší množství programů, anebo může být program načítán přímo ze serveru v reálném čase. Fanuc Oi - MD je jednodušší řídicí systém, dokáže řídit 5 os a z toho 4 současně. Toto řízení je naprosto dostačující pro daný stroj a je vhodné i pro použití s otočným stolem.



5 Závěr

V této práci jsem zhodnotil nejrozšířenější systémy číslicového řízení obráběcích strojů. Jsou zde popsány hlavní přednosti řídicích systémů firem Siemens, Fanuc a Heidenhain. Tyto řídicí systémy se neustále vyvíjejí a přizpůsobují se potřebám zákazníka. Základní úkoly, týkající se řízení dráhy nástroje, plní všechny tři systémy výborně, mají mnoho podpůrných funkcí, které zlepšují jakost povrchu, umožňují obrábění vysokými rychlostmi a přitom minimalizují setrvačné síly a zrychlení. Toho dosahují především kombinací pokročilých řídicích systémů s digitálními pohony.

I přes spoustu společných znaků se všechny systémy navzájem liší. Každý z nich se zaměřuje jiným směrem, a proto mají různá uplatnění. Firma Heidenhain se specializuje především na dílenské programování. Společnost Fanuc využívá univerzálnosti a otevřenosti svých řídicích systémů. Umožňuje výrobcům obráběcích strojů modifikovat a vytvářet části programů do řídicího systému. K řízení obráběcích strojů používá výkonné počítače, které umožňují provádět velice přesné interpolace. Společnost Siemens má výhodu v tom, že může kombinovat řídicí systémy společně s dalšími svými navazujícími periferiemi a tím vytvářet specializovaná pracoviště a výrobní linky. Řídicí systémy všech tří výrobců jsou opravdu všestranné a dají se použít ve všech zde zmíněných případech.

Při výběru řídicího systému pro daný obráběcí stroj jsem vycházel z vlastností řídicích systémů popsaných v této práci. Použil jsem znalosti ze svého předchozího studia, z praxe a především znalosti získané z informačních zdrojů k danému tématu. Výběr stroje jsem provedl podle jeho použití a daných vlastností obrobků vyráběných tímto strojem. Cenu stroje zde nemám uvedenou, protože by byla velmi zkreslená vzhledem k počtu strojů a dalších služeb spojených s montáží, zprovoznění stroje a celého obráběcího pracoviště.

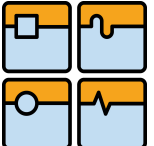
Pokusil jsem se zde i odhadnout budoucí vývoj řídicích systémů. Vývoj řídicích systémů úzce souvisí s vývojem obráběcích strojů.

Jednou z možností vývoje je zjednodušení výrobních strojů. Do řídicích systémů se neustále integrují další systémy a tím se zjednodušuje konstrukce obráběcích strojů. Dále se obráběcí stroje integrují do výrobních linek a snižuje se podíl obsluhy u stroje. Tím bude možno vytvářet automatizovaná pracoviště, která budou vyrábět bez zásahů obsluhy. V delším časovém horizontu by se mohla snížit cena těchto technologií a zároveň zvýšit i jejich flexibilita. Podobnými automatickými, či poloautomatickými pracovišti by se vybavovaly i menší dílny pro malosériovou a možná i kusovou výrobu.

Obráběcí stroje se neustále sdružují do větších výrobních celků, které umožňují hned několik obráběcích operací. Příkladem takového stroje jsou dnešní víceosá obráběcí centra. Do budoucna se podle mého názoru bude zvyšovat počet řízených os obráběcích center.

Dalším okruhem vývoje řídicích systémů nejen pro obráběcí stroje je zjednodušování programování. Pokročilé systémy dílenského programování jednotlivých výrobců obráběcích strojů umožňují napsat program i bez znalosti ISO programování a zjednodušují zadávání příkazů.

Konstrukce obráběcích strojů začínají využívat i paralelní kinematické struktury, které jsou známé především z robotiky. Dobrých vlastností při obrábění dosahují stroje se šesti rameny, tzv. hexapody, které mají 6 stupňů volnosti, což odpovídá pětiosému obrábění. Tyto konstrukce kladou další požadavky na řídicí systém.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 23
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

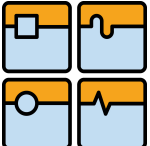
6 Zdroje

- [1] RUMIL, Emil. *Programování CNC strojů* [online]. Hradec Králové: Střední průmyslová škola, [2006] [cit. 2010-01-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.c-n-c.cz/viewtopic.php?t=18>>.
- [2] PÁTIK, Martin. *Siemens v České republice* [online]. 23.08. 2005, 18.12. 2009 [cit. 2010-05-01]. Řídicí systémy SINUMERIK. Dostupné z WWW: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=3c76394997&ctxp=doc_katalogy>.
- [3] KURKA, Jiří. Řídicí systémy, pohony a motory pro obrábění stroje společnosti Siemens. *Automatizace: Odborný časopis pro automatizaci, měření a inženýrskou informatiku*. Prosinec 2005, 48, číslo 12, s. 772. Dostupný také z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=984>>.
- [4] CNC řídicí systémy s integrovanou bezpečností. *MM Průmyslové spektrum*. 11. dubna 2001, č. 4, s. 22. Dostupný také z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/cnc-ridici-systemy-s-integrovanou-bezpecnosti>>.
- [5] Škop, Vladimír. Podpora výrobců obráběcích strojů v ČR. *MM Průmyslové spektrum*. 21. května 2003, č. 5, s. 34. Dostupný také z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/podpora-vyrobcu-obrabecich-stroju-v-cr>>.
- [6] *Fanuc LTD* [online]. 1997, April 27, 2010 [cit. 2010-05-25]. Customer Service Location in Europe and Africa. Dostupné z WWW: <<http://www.fanuc.co.jp/en/service/europe/index.html>>.
- [7] *Fanuc CNC Europe* [online]. 2010 [cit. 2010-04-24]. Řídicí systémy CNC. Dostupné z WWW: <http://www.fanuccnc.cz/mastercz_cz/broker?uMen=58c3e416-c564-01e5-945c-c948b7234fed>.
- [8] CNC série i: Přesné, rychlé a spolehlivé CNC [online]. [CZ]: GE Fanuc Automation CNC Europe, 2005 [cit. 2010-02-15]. Dostupné z WWW: <http://www.fanucge.cz/mastercz_cz/binarywriterservlet?imgUid=9bf705c2-d74b-15ff-7858-c18cc0298603&uBasVariant=33333333-3333-3333-3333-333333333333>.
- [9] *Heidenhain* [online]. 2010 [cit. 2010-03-24]. Řízení obráběcích strojů. Dostupné z WWW: <http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/produkty_a_pouziti/rizeni_obrabecich_stroju>.
- [10] iTNC 530, Víceúčelové CNC řízení pro obráběcí centra, frézky a vyvrtávačky. [online] [cit. 2. 2. 2010] dostupné z: <http://www.heidenhain.cz/fileadmin/pdb/media/img/363_807-C2.pdf>
- [11] GravaStar s.r.o. *Kovosvit MAS: Obráběcí stroje* [online]. 2009 [cit. 2010-05-11]. MCV 750. Dostupné z WWW: <<http://www.kovosvit.cz/cz/mcv-750/>>.



7 Seznam použitých zkratk

2D,3D,...	(2, 3, ... - dimensional) - dvojrozměrný, třírozměrný, ...
CAD	(Computer Aided Design) počítačem podporované projektování
CAD/CAM	počítačový systém s integrovanou podporou konstrukce a výroby
CAM	(Computer Aided Manufacturing) počítačová podpora obrábění
CNC	(Computer Numerical Control) - číslíkové řízení počítačem
HMI	(Human - Machine Interface) - uživatelské rozhraní
ISO	(myšleno ISO programování) - normalizovaný způsob psaní programů pro CNC stroje.
LAN	(Local Area Network) - lokální síť
LCD	(Liquid Crystal Display) - displej z tekutých krystalů
M a G kód	funkce, používané při ISO programování
NC	(Numerical Control) - číslíkové řízení
NURBS	(NeUniformní Racionální B-Spline) - aproximační křivka
PLC	(Programmable Logic Controller) - programovatelný logický automat
PMC	(Programmable Machine Control) - programovatelná řídicí logika
RISC	(Reduced Instruction Set Computer) - procesor s redukovanou instrukční sadou

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 25
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

9 Seznam obrázků

- Obr. č. 1 Zastoupení firmy Siemens ve světě.
- Obr. č. 2 Ovládací panel Sinumerik 840D sl. [2]
- Obr. č. 3 Zastoupení firmy Fanuc v Evropě. [6]
- Obr. č. 4 Tabulka řídicích systémů firmy Fanuc. [7]
- Obr. č. 5 Ovládací panel Fanuc 18i - MB. [8]
- Obr. č. 6 Rozdíl mezi konvenčním typem interpolace a nano interpolací. [8]
- Obr. č. 7 Seznam států, ve kterých je firma Heidenhain zastoupena. [9]
- Obr. č. 8 Ovládací panel Heidenhain iTNC 530. [10]
- Obr. č. 9 Ruční kolečka Heidenhain. [10]
- Obr. č. 10 Obráběcí centrum MCV 750. [11]
- Obr. č. 11 Pohybové osy obráběcího centra MCV 750. [11]