

Programové moduly pro obrábění v prostředí programu SurfCAM

Zbyněk Vávra

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zbyněk VÁVRA**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Programové moduly pro obrábění v prostředí programu SurfCAM**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická studie na téma CAD/CAM systémů a řízení CNC obráběcích strojů
2. Konstrukce podpůrných geometrií v prostředí CAD
3. Načtení v programu SurfCAM a definování obráběcích strategií jednotlivých úloh
4. Verifikace úloh pomocí simulace

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Štulpa, M. CNC Obráběcí stroje a jejich programování. BEN, Praha, 2008, ISBN 978-80-7300-207-7.

Jandečka, K. Postprocesory a programování NC strojů. Ústí nad Labem, 2007

Smid, P. CNC programming handbook: a comprehensive guide to practical CNC programming. Industrial Press Inc, New York, 2003, 508 p., ISBN 0-8311-3158-6.

Rao, R. N. CAD/CAM: principles and applications. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2006, 253 p., ISBN 0-07-058373-0.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

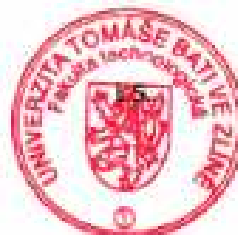
19. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

2. června 2010

Ve Zlíně dne 19. ledna 2010

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Cílem této práce je tvorba modulů pro obrábění na CNC obráběcích strojích v prostředí programu SurfCAM. V teoretické části jsou objasněny základní pojmy používané v CNC obrábění, zmíněna je historie samotných CNC strojů a počítačové programy určené k tvorbě obráběcích programů. Jsou zde zohledněna i ekonomická hlediska využití CNC strojů. Praktická část obsahuje výkresy nerotačních součástí (určeno pro frézování) a k nim vypracované jednotlivé moduly v prostředí programu SurfCAM.

Klíčová slova: CNC, CAM, CAD, moduly, SurfCAM

ABSTRACT

The aim of this project is creation module for CNC machine for milling. Used program environment is SurfCAM. The theoretic part include basics terms using in CNC machining, history of CNC machine and computer program used to create milling programs. This project contents mention about CNC economic problem, too. The practical part subject drawings non-rotary components (milling cutter used only) with modules created in SurfCAM environment.

Keywords: CNC, CAM, CAD, modules, SurfCAM

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9	
I	TEORETICKÁ ČÁST	11
1	NADPIS CO JE CNC.....	12
1.1	HISTORIE CNC	12
1.2	VÝHODY A NEVÝHODY CNC [3]	12
2	CO JE CAM.....	14
2.1	HISTORIE CAM	14
2.2	HLAVNÍ PŘEDSTAVITELÉ.....	15
3	ROZDĚLENÍ NC/CNC	16
3.1	ZÁKLADNÍ ROZDÍLY NC / CNC [3].....	16
4	ROZDĚLENÍ CNC	17
4.1	ROZDĚLENÍ DLE POČTU SOUČASNĚ ŘÍZENÝCH OS.....	17
4.2	ROZDĚLENÍ DLE ZPŮSOBU ODMĚŘOVÁNÍ	20
4.2.1	Z hlediska informace o poloze	21
4.2.1.1	Absolutní odměřování.....	21
4.2.1.2	Cyklicky absolutní odměřování	22
4.2.1.3	Inkrementální odměřování	22
4.2.2	Z hlediska získání informace o poloze.....	23
4.2.2.1	Přímé odměřování.....	23
4.2.2.2	Nepřímé odměřování	23
4.3	ZPŮSOB ŘÍZENÍ CNC STROJŮ.....	23
5	EKONOMICKÁ HLEDISKA POUŽITÍ CNC STROJŮ.....	25
5.1	ČINITELÉ OVLIVŇUJÍCÍ VOLBU OBRÁBĚCÍHO STROJE.....	25
5.2	DĚLENÍ OBRÁBĚCÍCH STROJŮ PODLE PRACOVNÍHO ROZSAHU	26
5.3	HSC STROJE A OBRÁBĚNÍ.....	27
5.3.1	Základní vlastnosti HSC (vysokorychlostních obráběcích strojů)	27
5.3.2	HSC technologie a stavba obráběcích strojů nové generace	28
6	VYTVÁŘENÍ PROGRAMU PRO CNC STROJ.....	29
6.1	PSÁNÍ NC PROGRAMU	29
6.2	NULOVÉ BODY OBROBKU	30
6.3	POUŽITÍ G – KÓDŮ	31
6.4	POUŽITÍ M – KÓDŮ	32
6.5	VRTACÍ, SOUSTRUŽNICKÉ A FRÉZOVACÍ CYKLY.....	32
II	PRAKTICKÁ ČÁST	33
7	CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	34

7.1	PŘÍKAZY PRO DVOUOSÉ A TŘÍOSÉ FRÉZOVÁNÍ	34
7.1.1	Dvouosé obrábění.....	34
7.1.2	Tříosé obrábění.....	34
7.2	KOTEVNÍ DESKA VSTŘIKOVACÍ FORMY – OBDÉLNÍKOVÁ TVÁRNICE.....	35
7.2.1	Použité nástroje	35
7.2.2	Sled obráběcích operací	35
7.3	KOTEVNÍ DESKA PRO TVÁRNÍK – KRUHOVÉ TVÁRNÍKY	36
7.3.1	Použité nástroje	36
7.3.2	Sled obráběcích operací	36
7.4	DESKA S OSAZENÍM	38
7.4.1	Použité nástroje	38
7.4.2	Sled obráběcích operací	38
7.5	STŘEDICÍ DESKA - KRUHOVÁ	39
7.5.1	Použité nástroje	39
7.5.2	Sled obráběcích operací	39
7.6	KOTEVNÍ DESKA S VĚJŘOVÝM OSAZENÍM	40
7.6.1	Použité nástroje	40
7.6.2	Sled obráběcích operací	40
7.7	KOTEVNÍ DESKA S KŘÍŽOVÝM OSAZENÍM	41
7.7.1	Použité nástroje	41
7.7.2	Sled obráběcích operací	41
7.8	KOTEVNÍ DESKA S OBDÉLNÍKOVÝM OSAZENÍM A KRUHOVOU DÍROU	42
7.8.1	Použité nástroje	42
7.8.2	Sled obráběcích operací	42
7.9	DESKA S OBDÉLNÍKOVÝM VÝSTUPKEM.....	43
7.9.1	Použité nástroje	43
7.9.2	Sled obráběcích operací	43
7.10	DESKA S ŽEBRY	44
7.10.1	Použité nástroje	44
7.10.2	Sled obráběcích operací	44
7.11	KOTEVNÍ DESKA PRO ČTVERCOVÉ TVÁRNÍKY	45
7.11.1	Použité nástroje	45
7.11.2	Sled obráběcích operací	45
7.12	DESKA S KRUHOVÝM VÝSTUPKEM A DRÁŽKOU	46
7.12.1	Použité nástroje	46
7.12.2	Sled obráběcích operací	46
7.13	DESKA S ELIPSOVITÝM VÝSTUPKEM A DÍRAMI	47
7.13.1	Použité nástroje	47
7.13.2	Sled obráběcích operací	48
	ZÁVĚR	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	51

SEZNAM OBRÁZKŮ	52
SEZNAM TABULEK.....	53
SEZNAM PŘÍLOH.....	54

ÚVOD

Začátky sériové výroby mají své základy v automobilovém průmyslu datujícím se do 1902. Sériová výroba v roce 1912 přerůstá v pásovou výrobu. V té době zavádí pásovou výrobu automobilů na montážní lince Američan Henry Ford, který o svých výrobních postupech řekl: „Nejdříve jsme vozy skládali jen na holé zemi. Ale výroba rostla tak, že jsem musel zabránit, aby dělníci o sebe nezakopávali. Uspořili jsme každý zbytečný krok, vyloučil jsem každý zbytečný pohyb, nikdo se nesmí zbytečně shýbat, nikdo se nesmí uklonit stranou. Od mých Fordek se naučilo dvacáté století pásové výrobě.“ Výroba automobilu na pásové montážní lince vedla ke zvýšení produktivity práce. Podstatou tohoto zvýšení bylo rozdělení výrobního procesu na dílčí specializované úkony. Tím, že každý pracovník vykonával pouze jeden stále se opakující úkon, dosáhl takové zručnosti a rychlosti, že mohl pracovat automaticky, bez dlouhého přemýšlení. [4]

V pozdější době se začaly projevovat snahy po mechanizaci a automatizaci výroby. Cílem mechanizace je usnadnění a odstranění namáhavé lidské práce. Cílem automatizace je zbavit člověka opakování jednotvárných úkonů a ve svém nejvyšším stupni vyloučit člověka zcela z obsluhy stroje a ponechat mu pouze kontrolu, údržbu a seřízení stroje. [4]

Kolem roku 1950 se začaly objevovat číslicově řízené obráběcí stroje, u kterých byly pohyby nástroje řízeny programem. Později byla vyvinuta obráběcí centra, což jsou číslicově řízené obráběcí stroje doplněné zásobníkem nástrojů a manipulátorem pro jejich automatickou výměnu. První zmínky o bezobslužném obráběcích strojích se objevují v roce 1980. [4]

Bezobslužný obráběcí stroje je charakterizován automatickou výměnou nástrojů ze zásobníku, automatickou výměnou obrobku, čelistí u upínacích sklíčidel, zařízením pro měření polohy špičky nástroje a možností provedení automatické korekce v řídicím programu, automatickým měřením rozměrů a tvaru obrobené součásti, adaptivním řízením procesu obrábění a možností vytvoření zásoby nástrojů a palet s obrobky v zásobnících, tak aby bylo možné pracovat bez obsluhy. Obráběcí centra a bezobslužné obráběcí stroje umožňují vyrobit celou součást na jedno upnutí, tedy bez přepravy na ze stroje na stroj. [4]

Adaptivní řízení procesu obrábění je způsob řízení obráběcího stroje, které automaticky upravuje (optimalizuje) podmínky řezného procesu. Především řeznou rychlost a posuv, podle stavu zjištěného při obrábění a to na základě měření velikost řezných sil, teploty na

břítu nástroje, opotřebení břítu nástroje, vibrací apod. až dosud byly měřicí senzory umístěny na vybraných součástech obráběcího stroje, např. na vřetení, posuvovém šroubu apod. Miniaturizace měřicích sensorů a vyhodnocovacích obvodů vede k vývoji rezných nástrojů, u kterých jsou senzory umístěny v jejich tělese. Toto uspořádání značně zkvalitní proces adaptivního řízení obráběcích strojů – mluvíme o „inteligentních nástrojích“. [4]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 NADPIS CO JE CNC

Computer Numerical Control znamená v českém překladu číslicové řízení počítačem. Jedná se o strojní zařízení, která jsou ovládána počítačem. CNC strojů je v dnešní době poměrně hodně druhů, ale mezi nejznámější patří CNC soustruhy a CNC frézky. CNC jsou do značné míry univerzálními stroji. Samotné CNC je složeno ze stroje jako takového, počítače uloženého v základní skříni stroje a displeje s ovládacím panelem, který umožňuje pohotovité zásahy do programu (např. korekce). Programování probíhá buď přímo na stroji, nebo na počítači, kde je práce rychlejší a snadnější. Samotný kód se pak do stroje nahraje pomocí USB disku. [2]

1.1 Historie CNC

Z dnešního pohledu je podstatná část vývoje technologií třískového obrábění datována do období průmyslové revoluce, která probíhala v 18. a 19. století. Zvláště významný rozvoj tohoto výrobního odvětví nastal ve století 20. a také v době dnešní se vývoj i výzkum nebo aplikace obrábění nezpomaluje. Obrábění kovů na obráběcích strojích je však relativně mladé odvětví, zvláště pokud se zajímáme o produktivitu. Historie vývoje CNC obráběcích strojů, neboli vývoje číslicové techniky, probíhala současně v několika oblastech: jednotlivé strojní komponenty, výrobní soustavy, řídicí systémy a strojní celky. V průběhu 20. století začaly do procesů třískového obrábění radikálně vstupovat prvky řízení a automatizace. Číslicové řízení CNC strojů bylo vyvíjeno od roku 1950 v USA, kdy bylo zjištěno, že pomocí počítače jsou dosahovány lepší a přesnější tvary. K tomuto zjištění bylo dospěno při nutnosti vyrobit lopatky rotoru pro vrtulníky. Jejich výroba byla komplikovaná, ale s příchodem CNC strojů se vše zjednodušilo. CNC stroje pro obrábění zažily opravdový BOOM až v 90. letech 20. století, kdy se dostávaly i do jiných odvětví. Poté již nebyly využívány pouze pro obrábění, ale začaly se využívat třeba při svařování. [2]

1.2 Výhody a nevýhody CNC [3]

Mezi **hlavní výhody** CNC patří

- zkracování výrobních časů
- snižování neproduktivních vedlejších časů
- snížení zmetkovitosti

- menší požadavky na následnou kontrolu
- často menší nároky na upínací systémy
- snížení kvalifikovanosti operátorů
- pružnost (přizpůsobitelnost novému výrobku) je snadná, spočívá pouze ve změně programu a vybavení stroje vhodnými nástroji a upínači.

Jako **hlavní nevýhoda** se jeví

- vysoké investiční a servisní výdaje
- další náklady na podpůrné vybavení stroje (měřicí zařízení pro seřizování nástrojů, dopravní a manipulační zařízení...)
- je nutností mít i kvalifikovaný personál pro vytváření NC programů

2 CO JE CAM

Computer-aided manufacturing(CAM, česky počítačová podpora obrábění) je využití počítačového software pro programování výrobních CNC strojů. CAM software při znalosti konkrétního soustruhu a technologie obrábění je schopen navrhnout dráhy nástroje při soustružení, popřípadě další aspekty výroby. V ideálním případě navrhuje způsobem, aby výroba měla nejmenší energetický a materiálový vstup a průmyslový odpad při co nejvyšší produkci – nejefektivnější výroba. [2]

2.1 Historie CAM

Před 50tými roky byla výrobní filozofie shromažďování výroby a technologické dělby operací podle požadavků pásové ruční výroby a automatických linek.

V 50tých letech 20. století přichází první CAD/CAM systém APT – Automatic Programing of Tools. Následuje ho CADD – Computer Aided Drawing and Drafting – pro zhotovování výkresů. [1]

V 60tých letech minulého století se začíná objevovat CAM využitelný pro jednodušší pravoúhlé dílce. Začíná se v této době také objevovat CAE (systém počítačové podpory prováděných analýz) pro inženýrské výpočty a „drátové modelování součástí“. [1]

V 70tých letech začaly CAM systém používat velké společnosti podnikající v leteckém a automobilovém průmyslu (např. UNISURF, vyvinutý firmou Renault pro výrobu karosérií). V této době se objevuje filozofie pružné automatizace a bezobslužného nasazení NC strojů ve výrobě. [1]

V 80tých letech byl systém CAM poprvé využit pro objemové modelování CAD CE – Concurrent Engin CAPP. [1]

V 90tých letech se změnila filozofie na obrábění v pružných výrobních buňkách a ostrůvkových automatizace. Ve velkém se využívá objemové modelování v celé oblasti CAD/CAM. Využívá se adaptivní řízení řezných podmínek i rozměrů, specializace rozhraní. [1]

2.2 Hlavní představitelé

Mezi nejznámější CAM systémy patří

- CATIA (CAD/CAM/CAE)

(Computer-Aided-Three-Dimensional Interactive Application) integrovaný systém počítačového návrhu, konstruování a výroby vyvinutý francouzskou firmou DASSAULT. Využívá se hlavně v leteckém a automobilovém průmyslu.

Programový systém, podporující interaktivní návrh, výrobu a inovace velmi složitých strojrenských výrobků po celou dobu jejich životnosti. CATIA může pracovat na bázi Microsoft Windows, Linux (klientské stanice pracují pouze na Windows). Mezi významné uživatele patří Airbus, Boeing, v automobilovém průmyslu Audi, BMW, Porsche. V nynější době je využíván i výrobci lodí a pneumatik. [5]

- SurfCAM
- HSMWorks
- Mastercam

CAD/CAM aplikace od americké firmy CNC software, Inc z Connecticutu. Jedná se o kompletní systém pro efektivní a přesné obrábění modelů, plošných modelů nebo drátové geometrie.

Zahrnuje programování obráběcích strojů v oblasti frézování, soustružení, drátového řezání, obrábění dřeva, ART a v neposlední řadě modul Robotmaster pro programování průmyslových robotů na bázi CAM systému. Některé podpůrné moduly se zabývají databázemi nástrojů, materiálů, řezných podmínek. Dále mohou být využívány moduly pro rozložení dílců na „plotnu“ pro drátové řezání.

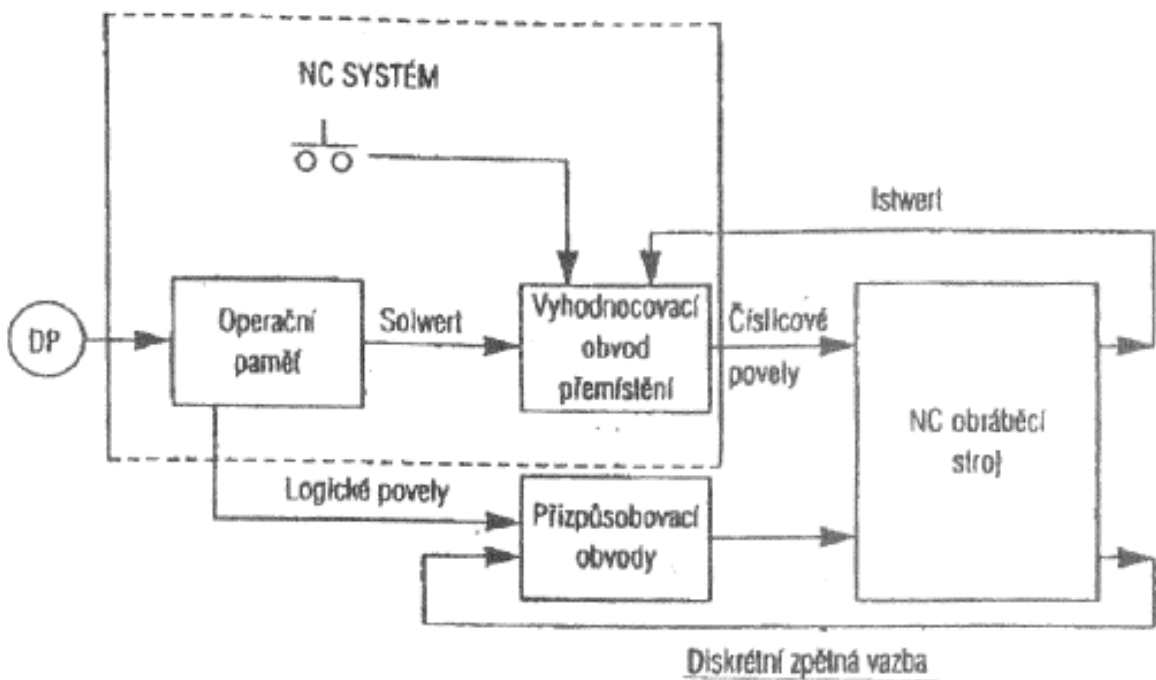
- ESPRIT
- GibbsCAM
- EdgeCAM
- NX CAM

3 ROZDĚLENÍ NC/CNC

3.1 Základní rozdíly NC / CNC [3]

Tab. 1 Porovnání NC a CNC strojů

	NC STROJ	CNC STROJ
CPU	Jednouúčelové automaty	Mikropočítač s mikroprocesorem
ŘS – software	Dán zapojením	Software
Výkonové obvody	Relé, zapojení	Polovodiče, PLC automaty
Program	Děrná páska	Software – program

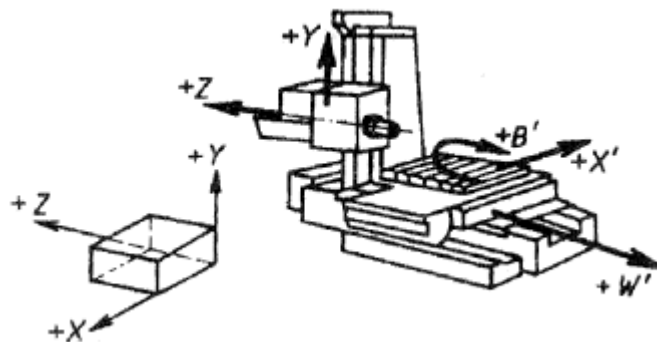


Obr. 1 Schéma CNC řídicího systému

4 ROZDĚLENÍ CNC

4.1 Rozdělení dle počtu současně řízených os

- jednoosé – CNC vrtačky
 - o základní pohyb je rotační, hlavním lineárním pohybem je pohyb v ose z

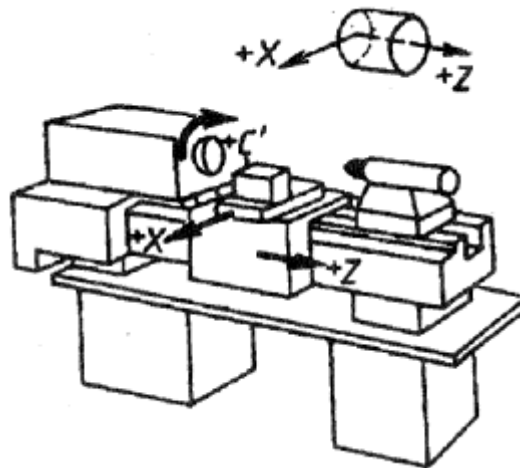


Obr. 2 Zobrazení os - CNC vrtačka



Obr. 3 CNC vrtačka

- dvouosé – CNC soustruhy
 - o základní rotační pohyb vykonává sklíčidlo, suport se pohybuje ve směru osy X a nožové saně vykonávají pohyb ve směru osy Y

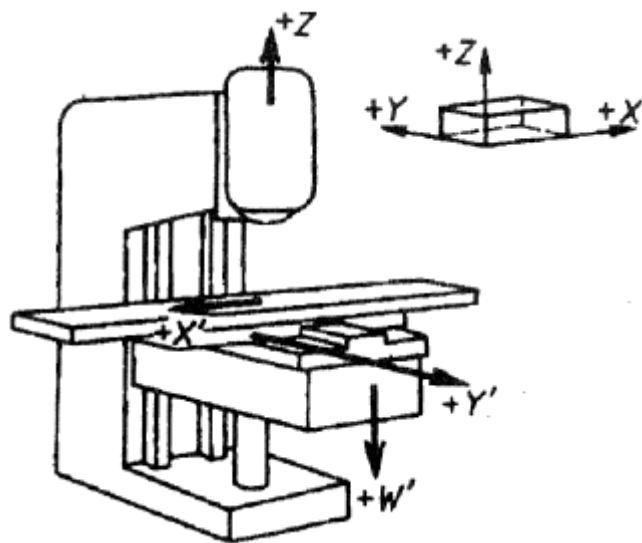


Obr. 4 Zobrazení os na CNC soustruhu



Obr. 5 CNC Soustruh

- tříosé – CNC frézka
 - o nástroj (fréza) vykonává rotační pohyb, další pohyby v osách X, Y, Z jsou zajišťovány pomocí stolu – u tříosého obrábění se začíná uplatňovat pravidlo, že se pohybuje tím, co je lehčí. Pokud je obrobek těžký, konstrukce rámu je příliš namáhána a dochází k výrobě zmetků. To vedlo k vývoji víceosého obrábění.



Obr. 6 Zobrazení os - CNC frézka



Obr. 7 CNC frézka

- čtyř a více osé – obráběcí centra
 - prakticky všechny obráběcí pohyby tvoří pracovní rameno s nástrojem. Obrobek je povětšinou uložen na paletě na které se dále distribuuje.
 - Na přiloženém obrázku bude obrobek uchycen na sklíčidle, kvůli obrábění rotačních ploch.



Obr. 8 Obráběcí centrum – 5ti osé

4.2 Rozdělení dle způsobu odměřování

Odměřování tvoří důležitou část stroje, které má také velký vliv na přesnost. Jedná se o to, že počítač porovnává skutečnou polohu (např. nástroje) s požadovanou polohou, která je zadána v programu. Toto je realizováno zpětnou vazbou, která se skládá z řídicího systému, akčního členu, řízeného prvku a senzoru. Programátor zadá do řídicího systému souřadnici, kde má nástroj najet. Tato instrukce putuje do akčního členu (servo posuv), který začne posouvat vřeteno a řídicí systém neustále snímá aktuální polohu nástroje. Když se blíží do požadovaného místa, začne se posuv zmenšovat tak, aby nástroj dojížděl do koncového bodu nulovou rychlostí. [2]

Řídicí systém – jedná se o pc, který je vybaven několika postprocesory přizpůsobenými pro rychlé a přesné přepočítání souřadnic (hlavně rádiusy, frézování kapes, řezání závitů). Tyto pc pracují v předstihu (tzn. že mají spočítány řádky souřadnic, které musí nástroj projít). To se děje v několika vteřinách ještě předtím, než se vykoná celý program.

Akční člen – v dnešní době se používají asynchronní, nebo synchronní motory s elektrickou komutací. Toto provedení umožňuje dosahovat vyšších výkonů, lepšího chlazení a hlavně vyšší životnosti s minimální údržbou. Lze také používat stejnosměrné motory

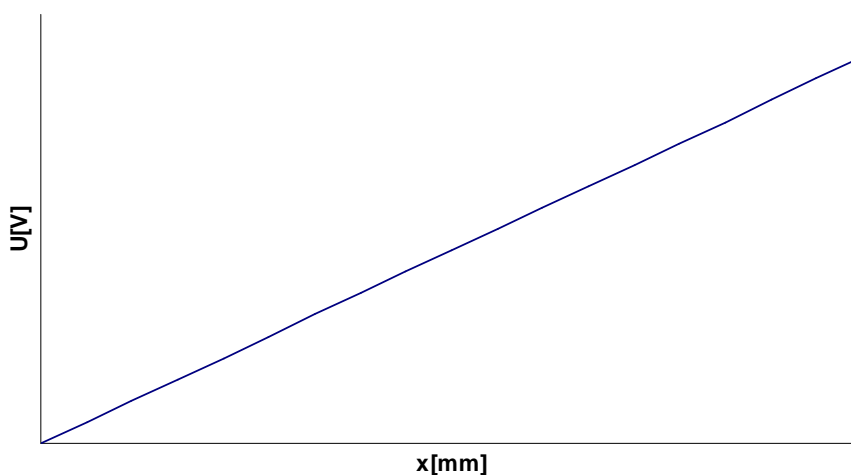
s cizím buzením, které mají ve statoru i rotoru cívky s pólovými nastavci. Jejich jsou výhody jsou podobné jako u asynchronních a synchronních motorů s tím rozdílem, že mají klasický komutátor. [2]

Řízený prvek – suport poháněný servomotory spojenými s kuličkovými šrouby (slouží k převodu na přímočarý. Matice je oddělena od šroubu valivými elementy – kuličkami, které obíhají dokola. Kuličky zmenšují tření a vymezují vůle ve vedení)

4.2.1 Z hlediska informace o poloze

4.2.1.1 Absolutní odměřování

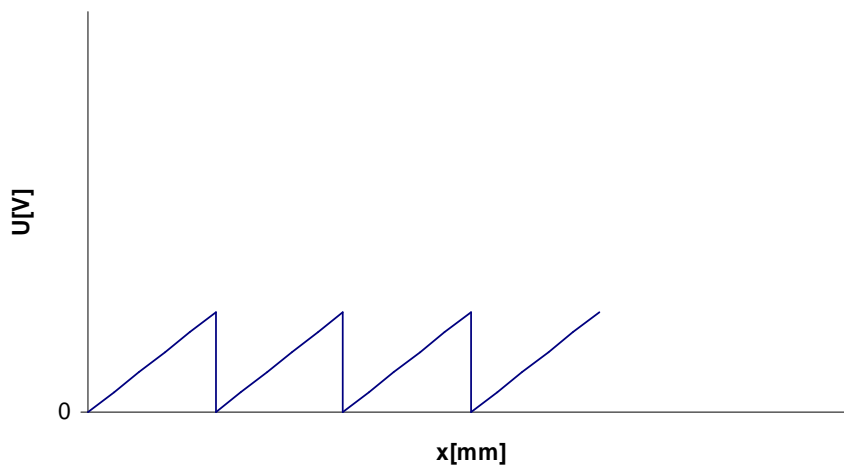
Při tomto režimu stroj při změně souřadnice vždy vychází od nuly obrobku. Do programu se zadávají souřadnice bodů, které se počítají od nastavené nuly obrobku. Výhoda je, že při nalezení chyby (špatně umístěná drážka) stačí přepsat jenom jeden řádek programu. Příkladem nejjednoduššího snímače pro absolutní odměřování je potenciometr (délka drátu zapojeného do obvodu se mění s polohou – tím se mění i el. odpor – levný snímač, ale má malou přesnost a spolehlivost).



Obr. 9 Zobrazení závislosti napětí na vzdálenosti

4.2.1.2 Cyklicky absolutní odměřování

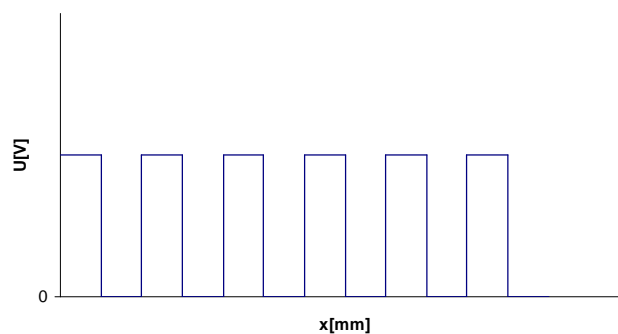
Více poloh odpovídá jedné hodnotě výstupního signálu. Příkladem je absolutní rotační snímač – během jedné otáčky je známo absolutní natočení, ale nerozlišuje úhel větší než 360° - vyžaduje najetí do referenčního bodu



Obr. 10 Zobrazení závislosti napětí na vzdálenosti u cyklicky absolutního odměřování

4.2.1.3 Inkrementální odměřování

Souřadnice se určují připočítáváním nebo odečítáním ujeté vzdálenosti k předchozímu bodu. Výstupem jsou pouze pulzy – je třeba čítač pro jejich počítání a stanovení polohy – opět vyžaduje referenční polohu pro počáteční nastavení čítače. Nevýhodou je také, že při zadání jedné chybné souřadnice budou všechny následující souřadnice posunuty o tuto chybu. Dnes se jedná pravděpodobně o nejrozšířenější způsob odměřování.



Obr. 11 Zobrazení závislosti napětí na vzdálenosti u inkrementálního odměřování

4.2.2 Z hlediska získání informace o poloze

4.2.2.1 Přímé odměřování

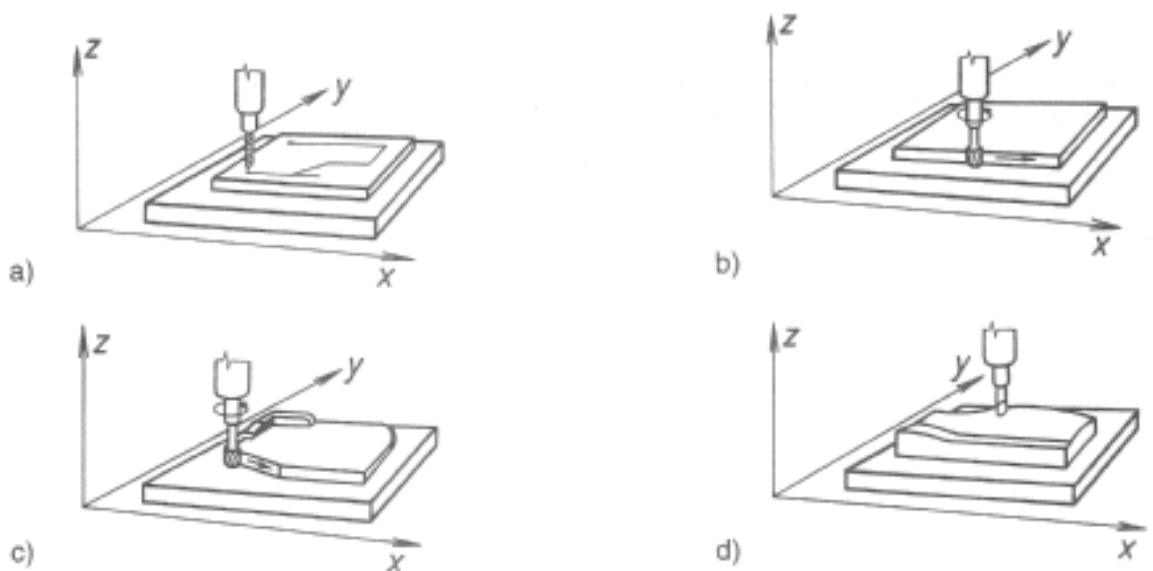
Snímač odměřuje polohu přímo. Při lineárním odměřování roste cena snímače s jeho délkou. Nevýhodou je, že teplotní dilatace ovlivňuje přesnost měření, dá se obtížně zakrytovat, ale obvykle má vyšší přesnost oproti nepřímému odměřování – využití u přesnějších strojů.

4.2.2.2 Nepřímé odměřování

Ujetá dráha se neměří přímo, ale poloha je počítána ze změřeného úhlu natočení a např. stoupání šroubu. Chyba odměřování je způsobena stoupáním šroubu. Ale díky levnějším snímačům a jednoduššímu krytování (implementováno přímo do pohonu) se tento způsob odměřování používá u většiny dnešních CNC strojů.

4.3 Způsob řízení CNC strojů

Důvody pro využití víceosého stroje je například možnost výroby složitějších tvarů (formy) a lepší kvalita obráběného povrchu. Možná jedinou nevýhodou je složitější programování. [4]



Obr. 12 Typy pohybových cyklů

a) bod po bodu, b) pravoúhlý přímočarý ve dvou osách, c) dvouosý souvislý, d) tříosý souvislý

- **bod po bodu** – průběh dráhy mezi počátkem a pohybem a koncovou polohou je libovolný, tj. obvykle společný je pohyb po osách do stejné délky a pak následuje zbytek pohybu v jedné ose do konečné polohy; tento způsob řízení je vhodný pro vrtání a vyvrtávání [4]
- **přímočarý ve směru os** – dráha je pouze ve směru jedné z os, maximálně pod úhlem 45° při společném pohybu ve dvou osách na stejné délce [4]
- **souvislý** – pohyb v osách je synchronizován tak, aby výslednicí byla přímka, nebo požadovaná křivka; v řídicím systému k tomu slouží interpolátor, tj. systém porovnávající elektronicky vzájemnou rychlost pohybu mezi dvěma osami tak, aby směr výsledného pohybu odpovídal požadovanému [4]

5 EKONOMICKÁ HLEDISKA POUŽITÍ CNC STROJŮ

5.1 Činitelé ovlivňující volbu obráběcího stroje

Pro vybranou operaci je třeba zvolit nejvhodnější obráběcí stroj, na jehož výběr mají vliv zejména tyto činitelé: [1]

- Druh obrábění (soustružení, frézování, vrtání apod.)
- Počet obráběných součástí
- Rozměry pracovního prostoru stroje
- Rozsah řezných podmínek
- Skutečný výkon obráběcího stroje
- Přesnost a tuhost obráběcího stroje
- Stupeň složitosti a obtížnosti obráběcího stroje
- Stupeň využití pracovního času obráběcího stroje (jeho časové využití)
- Stupeň využití výrobních možností obráběcího stroje
- Cena obráběcího stroje
- Specifické podmínky dané součástí, popřípadě obráběcího stroje

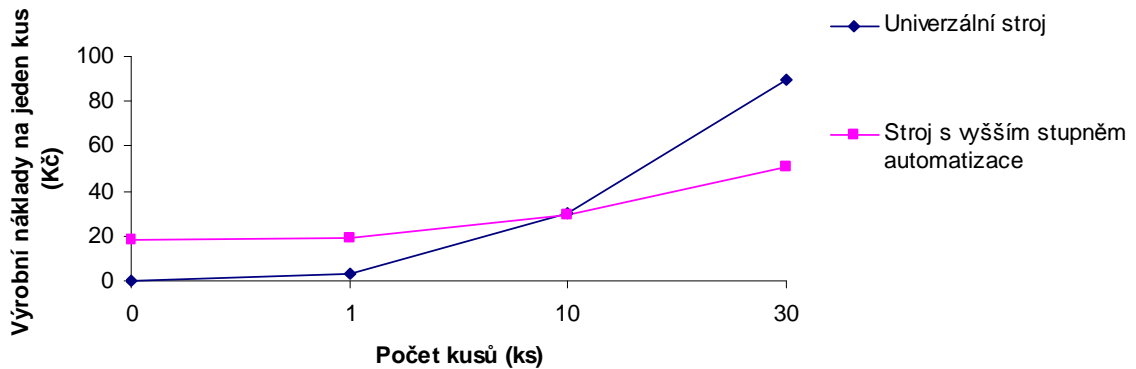
Ve velkosériové a hromadné výrobě se zpravidla musí přihlížet k pracovnímu taktu a k výkonnosti obráběcího stroje při dané operaci. Máme-li vybrat vhodný obráběcí stroj pro konkrétní výrobní zakázku musíme přihlížet zejména k produktivitě a hospodárnosti výroby, kterou bude obráběcí stroj realizovat. Pro volbu stupně automatizace z hlediska hospodárnosti lze uvažovat výrobní efektivnost ε definovanou jako *poměr celkových výrobních nákladů*, při výrobě na univerzálním stroji N_{cu} , k *celkovým nákladům při výrobě* na stroji zvoleného stupně automatizace N_{caut}

$$\varepsilon = \frac{N_{cu}}{N_{caut}} \quad (1)$$

Hospodárné je použít stroj se zvoleným stupněm automatizace jen tehdy, je-li $\varepsilon \geq 1$. Mezní velikost dávky d_k , při níž lze z hlediska hospodárnosti uvažovat o stroji s vyšší automatizací lze určit graficky, nebo početně. [2]

Pro d_k musí platit

$$N_{c1} = N_{c2} \quad (2)$$



Obr. 13 Stanovení výhodnosti použití stroje s vyšším stupněm automatizace

Z grafu vidíme, že stroj s vyšším stupněm automatizace bude mít nižší náklady na jeden kus, pokud budeme vyrábět více jak 10 ks. Do hodnoty 10 ks, využijeme univerzální stroj, protože náklady spojené s pořízením stroje s vyšším stupněm automatizace by zvedly cenu výrobku. [3]

5.2 Dělení obráběcích strojů podle pracovního rozsahu

Univerzální obráběcí stroje – na těchto stojících je možno obrábět součásti různých druhů a rozměrů různými operace. Tyto stroje je možno dále dělit na stroje velmi univerzální se širokým rozsahem operací (univerzální hrotový soustruh, vodorovná vyvrtávačka) a na stroje se zúženým rozsahem operací (konzolové frézky, vrtačky, produkční soustruhy). Dají se jimi obrábět výrobky různých druhů a velikostí, počet operací je však omezen. Velké obráběcí stroje (široce univerzální) zkonstruované k obrábění rozměrných a značně hmotných obrobků se vybavují širokým pracovním rozsahem, aby se na nich dalo provádět co možná nejvíce různých operací na jedno upnutí. [1]

Stroje speciální – zkonstruovány se záměrem obrábění jediné operace plochy (prvku) stejného druhu na obrobkách různých druhů a velikostí. Mezi tyto stroje patří stroje na výrobu ozubení, vaček, nábojnic apod. [1]

Stroje jed noučelové – určeny pro stálé operace a pro stejné obrobky. Patří sem i skupina stavebnicových obráběcích strojů určených pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Stroje se vyrábějí v různých velikostech, které zpravidla charakterizují maximální možnou velikost obrobku. U soustruhu to je například průměr možného soustružení obrobku nad ložem nebo suportem, u frézek šířka stolu apod. [1]

CNC stroje – tvoří samostatnou skupinu. Svými vlastnostmi se dají přirovnat k univerzálním obráběcím strojům se zúženým rozsahem operací. Dalším jejich omezením je velikost pracovního prostoru pro obrábění. Díky možnosti naprogramování se dají používat i jako zástupce pro stroje speciální. [1]

5.3 HSC stroje a obrábění

Ze světové výroby a spotřeby obráběcích strojů vyplývá, že vývoje obráběcích strojů vycházejí z potřeb průmyslově i finančně nejrozvinutějších zemí a z dovozních potřeb zaoceánských. Jde zejména o vysokorychlostní stroje nejvyšších parametrů přesnosti a produktivity, které jsou dnes současně i stroji s **nejvyšším stupněm integrace technologických operací** a s stroji s nejlepší **adaptibilitou, pružností i rekonfiguračními schopnostmi**. Prokazuje se, že kladené vysoké požadavky nemohou být splněny inovačními úpravami a rekonstrukcemi stávajících strojů. Stroje výše uvedených vlastností musí být konstruovány podle zcela nových zásad. Nazývají se **HSC stroji** a představují, novou, 4. generaci NC strojů. Jejich všeobecné uplatnění se očekává v malosériové a sériové strojní výrobě. [14]

5.3.1 Základní vlastnosti HSC (vysokorychlostních obráběcích strojů)

Mezi hlavní vlastnosti patří několikanásobně vyšší **instalovaný výkon** a z toho vyplývající **produktivita**. Současně disponují značnou **šířkou technologie a pružnosti** ve výrobním nasazení. Velký důraz při koncepčním řešení je kladen na rychlý odvod třísek od obrobku a ze stroje vůbec. Tento požadavek vede v poslední době ke konstrukčnímu řešení s „visícími obrobky“, kde je využíváno gravitačních sil k dobrému odvodu třísek. [1]

Protože nejdokonalejší a nejvybavenější stroje se vyrábí v menších počtech (a tudíž s vyšší pořizovací cenou) jsou řešeny HSC formou stavebnice. Základní a nosné části jsou stejné s jednoduššími verzemi, které se vyrábí ve větším počtu. Vyšší funkcí je pak dosaženo přidáním a obměnami technologickým doplňkům. Díky tomu, to v současné době vyhovuje

požadavkům adaptability a rekonfigurovatelnosti strojů. Mezi nejvyhledávanější HSC stroje patří tří až pětiosá obráběcí centra pro nerotační obrobky a čtyř až pětiosá soustružnická centra s multitechnologickými možnostmi na rotační obrobky. [1]

5.3.2 HSC technologie a stavba obráběcích strojů nové generace

Ekonomické požadavky [15]

- Rentabilita výroby
- Rychlá reakce na tržní změny
- Rekonfigurovatelnost výrobních prostředků

Technologické požadavky vycházející z ekonomických požadavků [1]

- integrace operací pro přesnost a kvalitu obrobků
- maximální úběr třísek na vřeteno a stroj pro zvýšení intenzity řezného procesu
- pružná automatizace pro redukcí vedlejších časů

Koncepční řešení HSC stroje pro splnění výše uvedených kritérií [1]

- senzorika, diagnostika, měřicí a řídicí technika včetně SW
- nástrojové systémy, upínání nástrojů a obrobků
- HSC řezné materiály a nástroje
- Elektrovřetena s externím chlazením
- Inteligentní servosystémy a tuhé (bezvůlové) mechanismy
- Tuhé, lehké rámy s rychlým odvodem třísek
- Tuhé vedení s minimálním třením a dobrým tlumením
- Manipulace s obrobky, nástroji a třískami

6 VYTVÁŘENÍ PROGRAMU PRO CNC STROJ

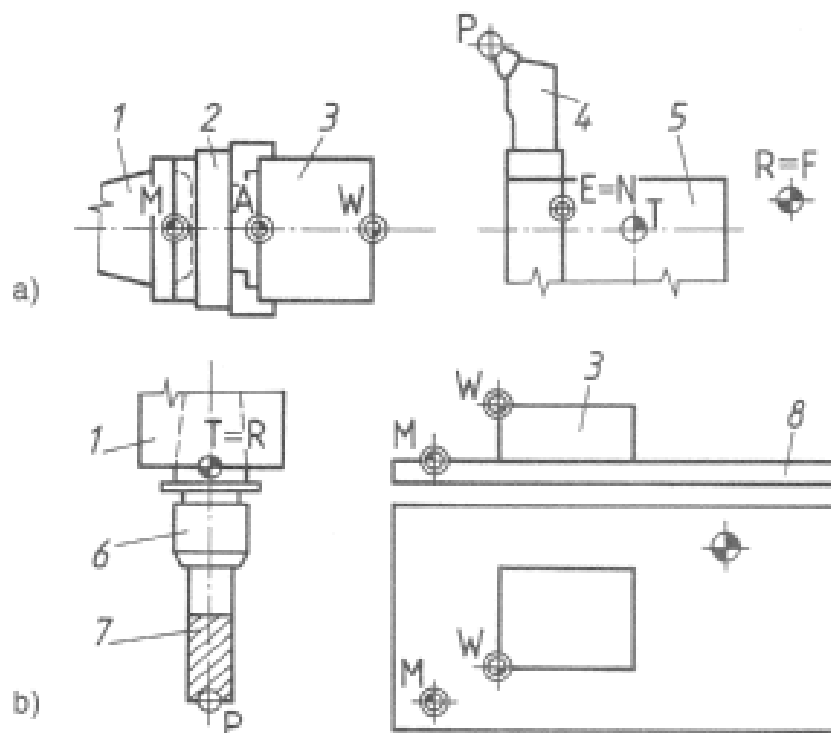
6.1 Psaní NC programu

Pro vlastní psaní programu stačí jakýkoliv textový editor, který je v počítači. NC program se následně přenese do řídicího systému CNC a nemusí se stát a ťukat NC kódy přímo u stroje. K přenosu lze využít různé způsoby, stále nejrozšířenější je přenos RS 232 využívající sériový port počítače, nebo dnes i použití USB. V současnosti lze zapojit CNC stroj také do firemní počítačové sítě a adresář CNC řídicího systému může být sdílený. Vždy závisí na možnostech řídicího systému CNC. Při psaní je nutno si dávat pozor na háčky a čárky, neboť je CNC systém nezná a může to být jedna z příčin, nespuštění programu. Je také možnost si koupit NC editory, které nejen usnadní vlastní vytváření NC kódu, ale dokáží simulovat i vlastní dráhu nástroje, před samotným spuštěním v CNC stroji.

Struktura a obsah NC programů řídicího systému SINUMERIK vychází z normy DIN 66025. Tyto programy jsou sestaveny z posloupnosti bloků(vět), přičemž každý blok charakterizuje jeden krok v postupu opracování součásti. Do bloků jsou zapisovány příkazy(funkce) ve formě jednotlivých slov. Dnes tedy běžně užívané NC programování(především CNC strojů) je označení pro řízení obráběcího stroje prostřednictvím kódovaných informací(příkazů nebo funkcí), které jsou složeny z alfanumerických znaků a dalších symbolů. Tyto jednotlivé programové věty(bloky nebo řádky) jsou složeny ze slov, které jsou strojem převáděny na impulzy elektrického proudu nebo dalších výstupních signálů pro aktivaci servomotorů nebo ostatních zařízení starajících se o provoz stroje. Na rozdíl od konvenčních strojů nejsou tedy CNC stroje přímo ovlivněny tzv. lidským faktorem, ale jsou závislé na kvalitě vytvořeného programu. Zmiňovaný lidský faktor se může negativně, nebo naopak velmi pozitivně projevit v úrovni zpracování NC obráběcího programu. Protože CNC stroj musí pracovat v poloautomatickém, nebo zcela automatickém režimu bez zásahu obsluhy, musí být věnována převážná míra pozornosti jednotlivým detailům plánování a přípravy obrábění. [2]










6.2 Nulové body obrobku

Nulové body obrobku, posunutí počátku souřadnic obrobku vůči nulovému bodu stroje je základní úkon, který musí seřizovač provést, než začne odlaďovat NC program. Jedná se o najetí do počátku souřadnic obrobku po jeho ustavení na stůl a zapsání posunutí do tabulky nulových bodů. Toto se dělá ručně pomocí kalibračních měrek, pomocí ručních měřících sond, automaticky pomocí vřetenových měřících sond a najížděcího NC programu. Nulový bod obrobku je místo, od kterého vycházejí všechny souřadnice v NC programu. Nastavení délek a průměrů nástrojů do tabulky nástrojů je druhý základní úkon před vlastním obráběním a je možno ho provést opět ručně pomocí referenčních měrek, nebo pomocí dotykových či laserových nástrojových sond. Správné nastavení průměru nástroje je předpokladem pro správnou funkci kompenzace průměru/rádusu nástroje (G40, G41, G42). Tato funkce umožňuje obrábět požadovaný tvar různým průměrem/rádusem nástroje dle stejného programu (např. hrubovat i dokončovat pomocí jedné dráhy rozdílným nástrojem). [2]



Obr. 14 Umístění bodů pro ustavení - a) u soustruhu, b) u frézky

1 – vřeteno nástroje, 2 – sklíčidlo, 3 – obrobek, 4 – nástroj, 5 – nožový držák, 6 – držák nástroje, 7 – fréza, 8 – stůl stroje

	M – nulový bod stroje je pevně dán výrobcem a je na něj seřízen odměřovací systém stroje,
	A – bod dorazu obrobku je bod na upínači, na který je ustaven polotovar,
	W – nulový bod obrobku označuje počátek systému souřadnic obrobku,
	R – referenční bod je pevný bod stroje, vyznačující okrajovou výchozí polohu suportu a vřetene na stroji,
	F – vztažný bod suportu (vřetene), na který je vázána délková korekce nástroje,
	T – vztažný bod nosiče nástroje je bod na nosiči, používaný pro jeho seřízení,
	N – vztažný bod nožového držáku je bod na nožovém držáku, používaný pro seřízení nástroje,
	E – bod nastavení nástroje,
	P – bod špičky nástroje.

Obr. 15 Popis ustavovacích bodů

6.3 Použití G – kódů

Technologický NC program je obvykle tvořen řetězcem znaků a příkazů, které začínají písmenem a obvykle následuje hodnota číselná. Například vykonání řádku technologického programu G01 G90 X126.4 Y13.F250 přesune obráběcí nástroj lineární interpolací (nejkratší možná cesta) z místa původního do místa na obráběcí stroji určenými souřadnicemi X126.4 Y13 rychlostí posuvu $F=250\text{mm/min}$. Souřadnice cílového bodu jsou zadány v absolutních souřadnicích což definuje řídicímu systému příkaz G90. [2]

V dnešní době je několik výrobců zabývajících se výrobou řídicích systémů. Jako základ je vždy používaný kód ISO (jeho základní části) a další funkce si přiřazuje samotný výrobce. Jako hlavní nevýhodou tohoto řešení je zpětná nekompatibilita mezi samotnými systémy a mnohdy zcela odlišný způsob programování – jako příklad si uvedeme dva nejrozšířenější SINUMERIK a FANUC. Odlišují se změnou použitých závorek, změnou některých G-kódů (G70/71 se změnilo na G20/21). Rozšiřující funkce si přidává výrobce sám, takže během prvních programování se ani zkušený programátor nevyhne používání manuálu.

6.4 Použití M – kódů

V NC programu jsou využívány i M-kódy(pomocné funkce), které se starají o ovládání mechanismů obráběcího stroje. M6 T12 se například využívá pro cyklus výměny nástroje na frézovacích strojích. Naopak M7, M8 a M9 slouží k ovládání čerpadla chladící kapaliny.

Byla stanovena pravidla pro používání G-kódů a M-kódů, která vnesla řád do využívání základních příkazů, tak aby nezáleželo na CNC stroji. V praxi to znamená, že stačí mít CNC stroj řízený jedním ze standardních řídicích systémů. Přesto každý výrobce CNC řídicích systémů má řadu doplňkových kódů a funkcí. Tyto informace lze najít v manuálu pro obsluhu a programátora daného CNC obráběcího stroje. [2]

6.5 Vrtací, soustružnické a frézovací cykly

Pro usnadnění programování nabízejí výrobci řídicích systémů uživatelům předem definované cykly. Jedná se o předdefinované dráhy obráběcích nástrojů, nebo měřících sond, které umožňují vykonat určitý způsob obrábění, nebo měření na základě vyplněných parametrů cyklu. Příkladem může být hluboké vrtání s výplachem, kde programátor-technolog volí vrtací cyklus a zadává pouze souřadnice místa pro vrtání X,Y, celkovou hloubku Z a hodnotu, po které musí vrták vyjet(vypláchnout) z díry. Takto zadaný řádek definuje, že díra bude vrtána s výplachem po technologem zvolené hloubce a po vykonání všech pohybů bude pokračovat obrábění dalším řádkem programu. Využití těchto cyklů(především vrtacích a měřících) šetří čas technologa a výrazně snižuje jeho možnou chybu upsáním při tvorbě NC programu. Vytvořené dráhy nástroje(konturování, kapsování) je možné u většiny současných CNC systémů rotovat podle středu rotace, měřítkovat, nebo zrcadlit. Díky tomu technolog využívá jednu dráhu nástroje pro více obrábění. [2]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

V praktické části je obsaženo 12 výrobků, které budou obráběny v prostředí programu SurfCAM. Vypsány jsou použité nástroje, bodově sled operací a na přiloženém CD je vypracován příslušný program. Výrobní výkres součásti (desky) je přiložen v příloze. Výchozím polotovarem pro obrobek je deska s rozměry 200 mm x 200 mm x 30 mm. Za materiál desky je zvolena ocel 12 050 (C45).

7.1 Příkazy pro dvouosé a tříosé frézování

7.1.1 Dvouosé obrábění

Příkaz **pocket** - (kapsa) – slouží pro vytváření dutiny libovolného tvaru. Vnější mezní hranice je definována vybranou geometrií. Tímto příkazem je možno vytvářet šikmé díry. V kolonce přídavek po straně určujeme velikost přídávku na stěnách, které se odeberou při dokončovacích operacích.

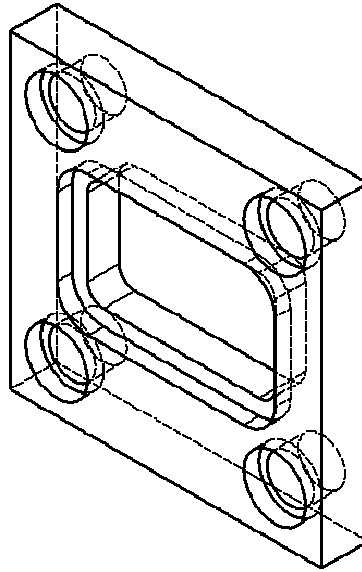
Příkaz **contour** – (kontura) – slouží k obrobení přídávku na stěnách a dně obrobku. Definovaná geometrie slouží jako mezní hranice vnitřní nebo vnější (definuje se jako poslední bod při vytváření). V kolonce přídavek po stranách musí být nula, pokud používáme jako dokončovací operaci.

7.1.2 Tříosé obrábění

Příkaz **Z-rough** – (hrubování) – při použití tohoto programu dojde k obrobení celého obrobku se zadanými přídávky. Nedojde k obrobení menších děr a celků, než je průměr nástroje. Při vytváření se SurfCAM „ptá“ na obráběnou plochu. Zde je nutno vybrat celou součást. Dále nabízí na výběr, který profil je definován jako výchozí (dolní, horní, box) a v závislosti na vybrané hodnotě se zadává buď výška polotovaru, nebo rozměry polotovaru.

Příkaz **Z-finish** – (dokončování) – při dokončování se obrobí celá součást načisto. Před tímto příkazem musí být příkazy pro hrubování, protože se odebírají velmi malé třísky (kvůli začišťování povrchu) a obrábění by trvalo velmi dlouho. Při vytváření příkazu se postupuje stejně jako při příkazu hrubování (z-rough)

7.2 Kotevní deska vstřikovací formy – obdélníková tvárnice



7.2.1 Použité nástroje

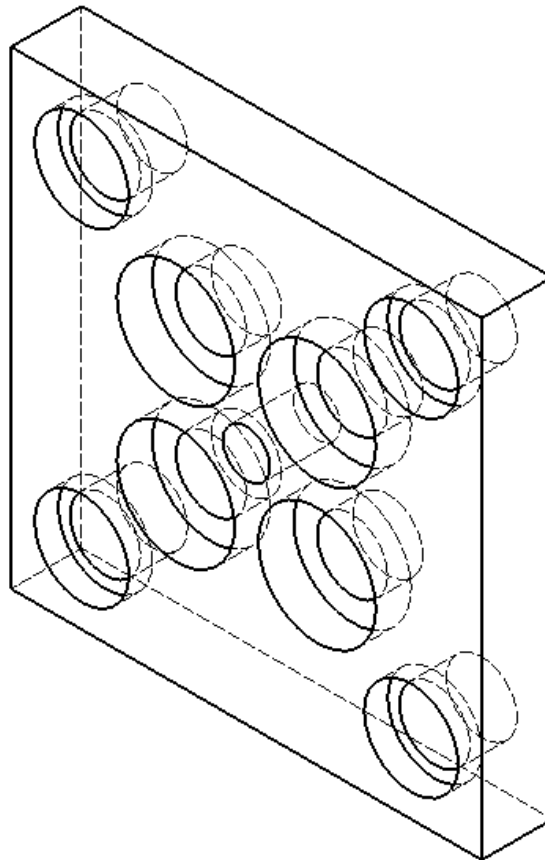
Pro hrubování byly vybrány frézy válcové se 4mi zuby a průměry 20mm a 16mm

Pro dokončovací operace jsem zvolil frézu válcovou se 4mi zuby a průměrem 10mm

7.2.2 Sled obráběcích operací

- 1) hrubování – nástroj – fréza válcová $\varnothing 20$ – příkaz kapsa
 - a. osazení tvárnice
 - b. díra tvárnice
 - c. osazení vodícího čepu
- 2) hrubování – $\varnothing 16$ válcová – příkaz kapsa
 - a. díra vodícího čepu
- 3) dokončování – $\varnothing 10$ válcová – příkaz kontura
 - a. osazení tvárnice
 - b. díra tvárnice
 - c. osazení vodícího čepu
 - d. díra vodícího čepu

7.3 Kotevní deska pro tvárník – kruhové tvárníky



7.3.1 Použité nástroje

Pro hrubování byly vybrány frézy válcové se 4mi zuby a průměry 20mm, 14mm a 10mm

Pro dokončovací operace jsem zvolil frézu válcovou se 4mi zuby a průměrem 8mm

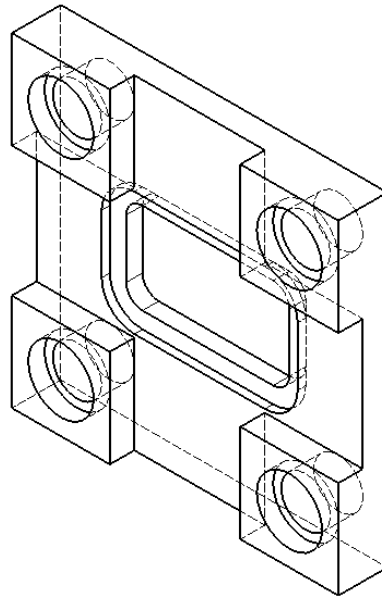
7.3.2 Sled obráběcích operací

- 1) hrubování – $\varnothing 20$ válcová – příkaz kapsa
 - a. osazení tvárnic
 - b. osazení vodících čepů
 - c. díra čepu
- 2) hrubování – $\varnothing 14$ válcová – příkaz kapsa
 - a. díra tvárnic

- 3) hrubování – Ø10 válcová – příkaz kapsa
 - a. díra vtokové vložky

- 4) dokončování – Ø8 válcová – příkaz kontura
 - a. osazení tvárnic
 - b. díry tvárnic
 - c. osazení vodících čepů
 - d. díry vodících čep

7.4 Deska s osazením



7.4.1 Použité nástroje

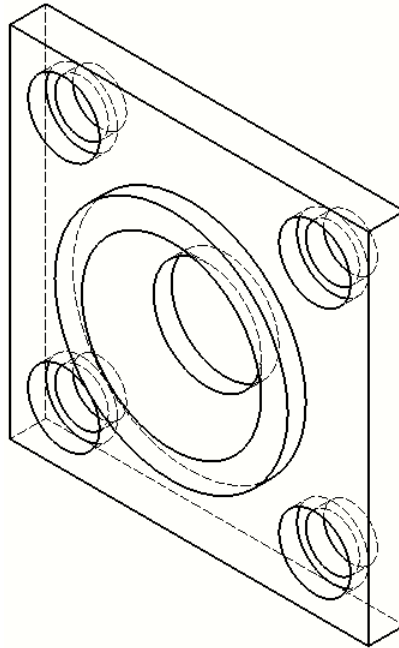
Pro hrubování byla vybrána fréza válcová se 4mi zuby a průměrem 22mm

Pro dokončovací operace jsem zvolil frézu válcovou se 4mi zuby a průměrem 14mm

7.4.2 Sled obráběcích operací

- 1) hrubování – $\varnothing 22$ válcová – příkaz kapsa
 - a. osazení čepů
 - b. díry pro vodící čepy
 - c. frézování hlavních na sebe kolmých drážek
 - d. osazení tvárnice
 - e. díra tvárnice
- 2) dokončování – $\varnothing 14$ válcová – příkaz kontura
 - a. osazení čepů
 - b. díry pro vodící čepy
 - c. osazení tvárnice
 - d. díra tvárnice

7.5 Středicí deska - kruhová



7.5.1 Použité nástroje

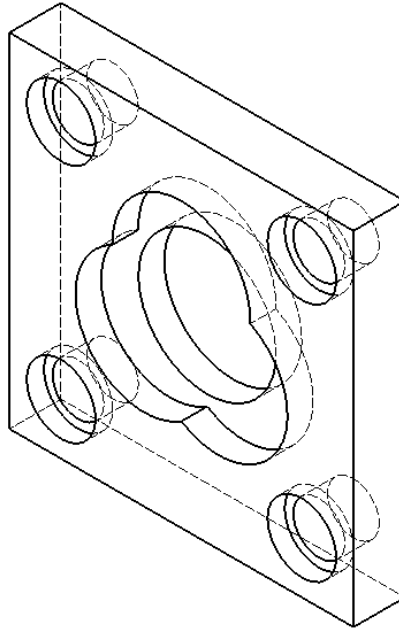
Pro hrubování byla vybrána fréza válcová se 4mi zuby a průměrem 20mm

Pro dokončovací operace jsem zvolil frézu válcovou se 4mi zuby a průměrem 10mm

7.5.2 Sled obráběcích operací

- 1) hrubování – $\varnothing 20$ válcová – příkaz kapsa
 - a. osazení čepů
 - b. díry pro vodící čepy
 - c. šikmá díra
 - d. díra
- 2) dokončování – $\varnothing 10$ válcová – příkaz kontura
 - a. osazení čepů
 - b. díry pro vodící čepy
 - c. šikmá díra
 - d. díra

7.6 Kotevní deska s vějířovým osazením



7.6.1 Použité nástroje

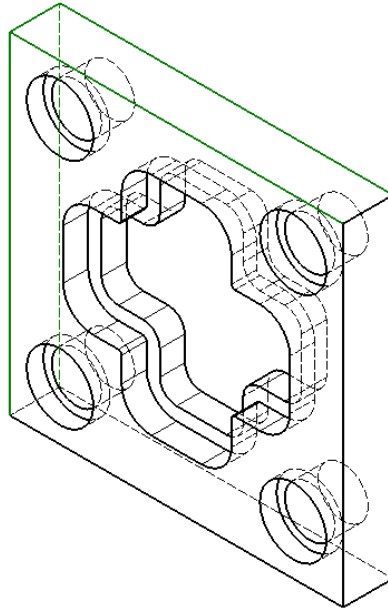
Pro hrubování byla vybrána fréza válcová se 4mi zuby a průměrem 20mm

Pro dokončovací operace jsem zvolil frézu válcovou se 4mi zuby a průměrem 12mm

7.6.2 Sled obráběcích operací

- 1) hrubování – $\varnothing 20$ válcová – příkaz kapsa
 - a. osazení tvárnice
 - b. díra pro tvárnici
 - c. osazení čepů
 - d. díry pro čepy
- 2) dokončování – $\varnothing 12$ válcová – příkaz kontura
 - a. osazení tvárnice
 - b. díra pro tvárnici
 - c. osazení čepů
 - d. díry pro čepy

7.7 Kotevní deska s křížovým osazením



7.7.1 Použité nástroje

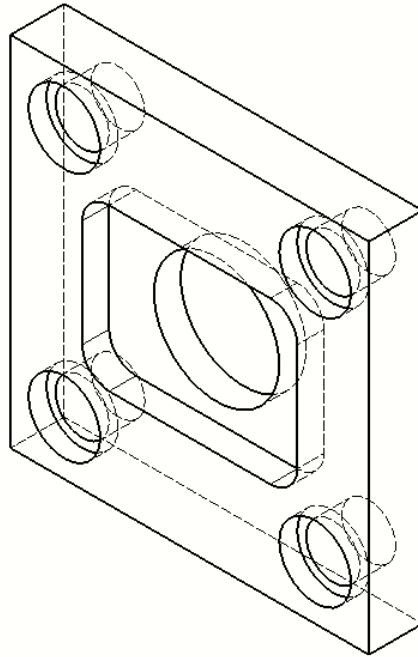
Pro hrubování byla vybrána fréza válcová se 4mi zuby a průměrem 20mm

Pro dokončovací operace jsem zvolil frézu válcovou se 4mi zuby a průměrem 10mm

7.7.2 Sled obráběcích operací

- 1) hrubování – $\varnothing 20$ válcová – příkaz kapsa
 - e. osazení tvárnice
 - f. díra pro tvárnici
 - g. osazení čepů
 - h. díry pro čepy
- 2) dokončování – $\varnothing 12$ válcová – příkaz kontura
 - a. osazení tvárnice
 - b. díra pro tvárnici
 - c. osazení čepů
 - d. díry pro čepy

7.8 Kotevní deska s obdélníkovým osazením a kruhovou dírou



7.8.1 Použité nástroje

Pro hrubování byla vybrána fréza válcová se 4mi zuby a průměrem 20mm

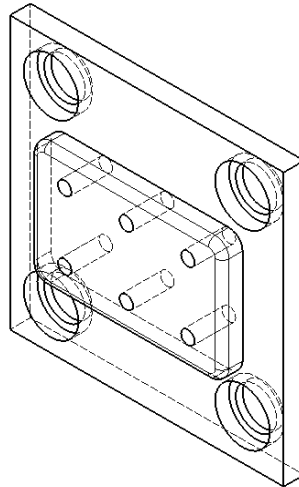
Pro dokončovací operace jsem zvolil frézu válcovou se 4mi zuby a průměrem 14mm

7.8.2 Sled obráběcích operací

- 1) hrubování – $\varnothing 20$ válcová – příkaz kapsa
 - a. osazení tvárnice
 - b. díra pro tvárnici
 - c. osazení čepů
 - d. díry pro čepy

- 2) dokončování – $\varnothing 14$ válcová – příkaz kontura
 - a. osazení tvárnice
 - b. díra pro tvárnici
 - c. osazení čepů
 - d. díry pro čepy

7.9 Deska s obdélníkovým výstupkem



7.9.1 Použité nástroje

Pro hrubování byla vybrána fréza válcová se 4mi zuby a průměry 20mm

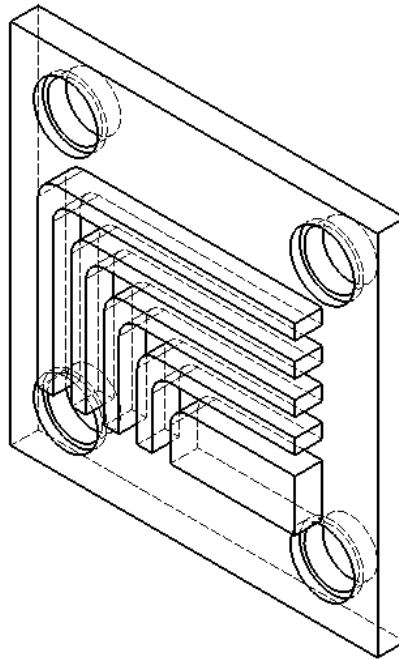
Pro vrtání byl použit vrták průměru 10 mm

Pro dokončovací operace jsem zvolil frézu válcovou se 4mi zuby a průměrem 10mm

7.9.2 Sled obráběcích operací

- 1) hrubování – $\varnothing 20$ válcová – příkaz kapsa
 - a. výstupek
 - b. osazení čepů
 - c. díry pro čepy
- 2) vrtání – $\varnothing 10$ 2břítý – příkaz vrtat
 - a. 6 děr
- 3) dokončování – $\varnothing 10$ válcová – příkaz kontura
 - a. osazení tvárnice
 - b. díra pro tvárnici
 - c. osazení čepů
 - d. díry pro čepy

7.10 Deska s žebry



7.10.1 Použité nástroje

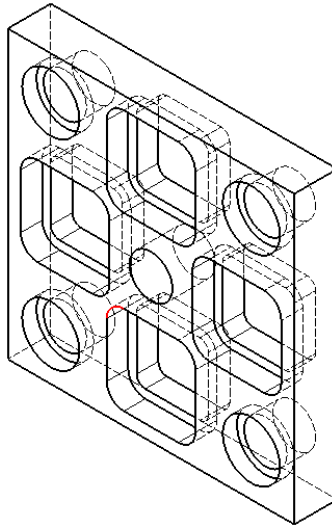
Pro hrubování byly vybrány frézy válcové se 4mi zuby a průměry 20mm

Pro dokončovací operace a žebra jsem zvolil frézu válcovou se 4mi zuby a průměrem 8mm

7.10.2 Sled obráběcích operací

- 1) hrubování – $\varnothing 20$ válcová – příkaz Z-hrubování
 - a. obrobení kolem žeber
 - b. osazení díry
 - a. díry
- 2) dokončování a žebra – $\varnothing 8$ válcová – příkaz kontura
 - e. žebra
 - f. osazení děr
 - g. díry

7.11 Kotevní deska pro čtvercové tvárníky



7.11.1 Použité nástroje

Pro hrubování byly vybrány frézy válcové se 4mi zuby a průměry 20mm

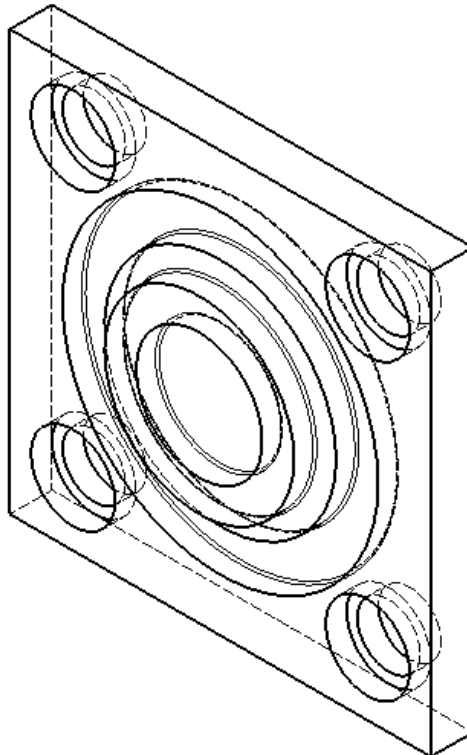
Pro dokončovací operace jsem zvolil frézu válcovou se 4mi zuby a průměrem 14mm

7.11.2 Sled obráběcích operací

- 1) hrubování – $\varnothing 20$ válcová – příkaz Z-hrubování
 - a. osazení tvárnic
 - b. díry tvárnic
 - c. osazení čepů
 - d. díry čepů
 - b. středová díra

- 2) dokončování a žebra – $\varnothing 14$ válcová – příkaz kontura
 - a. osazení tvárnic
 - b. díry tvárnic
 - c. osazení čepů
 - d. díry čepů
 - e. středová díra

7.12 Deska s kruhovým výstupkem a drážkou



7.12.1 Použité nástroje

Pro hrubování byly vybrány frézy válcové se zaoblením 1mm se 4mi zuby a průměry 20mm a 16mm. Dále fréza válcová se 4mi zuby a průměrem 20mm.

Pro dokončovací operace jsem zvolil frézu válcovou se 4mi zuby a průměrem 10mm a frézu válcovou se zaoblením 1mm a průměrem taktéž 10mm.

7.12.2 Sled obráběcích operací

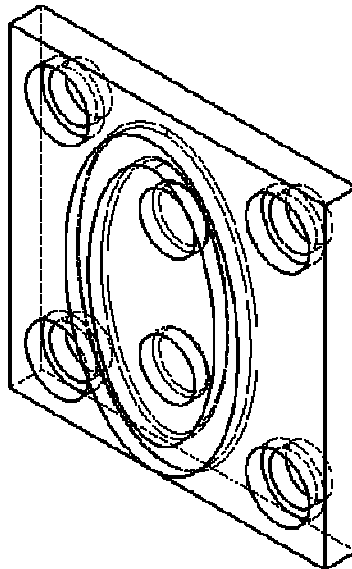
- 1) hrubování – $\varnothing 20$ válcová zaoblení 1
 - a. horní díra – příkaz kapsa
 - b. výstupek – příkaz kontura
- 2) hrubování – $\varnothing 16$ válcová se zaoblením – příkaz kapsa
 - a. vnitřní díra

- 3) hrubování – $\varnothing 20$ válcová bez zaoblení – příkaz kapsa
 - a. osazené díry pro čep
 - b. díry pro čepy

- 4) dokončování – $\varnothing 10$ válcová se zaoblením – příkaz kontura
 - a. horní díra
 - b. výstupek
 - c. vnitřní díra
 - d. vnitřní díra

- 5) hrubování – $\varnothing 10$ válcová bez zaoblení – příkaz kontura
 - a. osazené díry pro čepy
 - b. díry pro čepy

7.13 Deska s elipsovitém výstupkem a dírami



7.13.1 Použité nástroje

Pro hrubování byly vybrány fréza válcová se 4mi zuby a průměrem 20mm a fréza válcová se zaoblením 1mm a průměrem 20mm.

Pro dokončovací operace jsem zvolil frézu válcovou se zaoblením 1mm a průměrem 12mm a frézu válcovou bez zaoblení a průměrem 12mm

7.13.2 Sled obráběcích operací

- 1) hrubování – $\varnothing 20$ válcová se zaoblením
 - a. elipsová díra – příkaz kapsa
 - b. díry v elipsové díře – příkaz kapsa
 - c. obrobení výstupku – příkaz kontura
- 2) hrubování – $\varnothing 20$ válcová bez zaoblení
 - a. osazení díry pro čepy
 - d. díry pro čepy
- 3) dokončování – $\varnothing 12$ válcová se zaoblením – příkaz kontura
 - a. elipsovité díra
 - b. díry v elipsovité díře
 - c. obrobení výstupku
- 4) dokončování – $\varnothing 12$ válcová bez zaoblení – příkaz kontura
 - c. osazení děr pro čepy
 - d. díry pro čepy

ZÁVĚR

V teoretické části jsem se zabýval základy CNC obrábění (vysvětlení základních pojmů), programovým vybavením pro tvorbu NC obráběcích programů, ekonomickými hledisky volby CNC stroje, rozdělením CNC strojů a teorií tvorby programu pro CNC stroj.

V praktické části jsem čerpal z teoretické kapitoly bakalářské práce pro tvorbu CNC obráběcích programů a na jednotlivých modelech demonstruji tvorbu obráběcího programu v prostředí SURFCAM.

Ověřování funkčnosti (verifikace) vytvářeného obráběcího programu probíhala přímo v prostředí programu SurfCAM. Ověření každé úlohy proběhlo úspěšně – došlo k obrobění všech obráběných ploch na požadovaný tvar. Jako výsledek je na přiloženém CD video s obráběcím procesem.

Výsledkem bakalářské práce je 12 obráběcích modulů vytvořených v programu SurfCAM, přiložené jsou 3D modely v AutoDesk INVENTORu, modely ve formátu SAT – pro načtení v programu SurfCAM.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BRYCHTA, J. . *Výrobní stroje obráběcí*. 1. vydání. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2003. 150 s. ISBN 80-248-0237-6.
- [2] MILAN, *www.strojnet.cz* [online]. 18.01.2010 [cit. 2010-05-15]. Co jsou to CNC stroje. Dostupné z WWW: <<http://www.strojnet.cz/clanky/obrabeci-stroje-cnc.php>>.
- [3] KELLER, P.. *Programování a řízení CNC strojů : prezentace přednášek - 2. část*. Liberec, 2005. 51 s.
- [4] ŘASA, J.; POKORNÝ, P.; GABRIEL, V. . *STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE 3 - 2. díl : Obráběcí stroje pro automatizovanou výrobu, fyzikální technologie obrábění*. 2. vydání. Praha 6 - Břevnov : Scienta, spol. s. r. o., pedagogické nakladatelství, 2005. 221 s. ISBN 80-7183-336-3.
- [5] CATIA. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 12.5.2010 [cit. 2010-05-20]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/CATIA>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CNC Computer Numerical Control

NC Numerical Control

CAM Computer-aided manufacturing

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma CNC řídicího systému</i>	16
<i>Obr. 2 Zobrazení os - CNC vrtačka</i>	17
<i>Obr. 3 CNC vrtačka</i>	17
<i>Obr. 4 Zobrazení os na CNC soustruhu</i>	18
<i>Obr. 5 CNC Soustruh.....</i>	18
<i>Obr. 6 Zobrazení os - CNC frézka</i>	19
<i>Obr. 7 CNC frézka</i>	19
<i>Obr. 8 Obráběcí centrum – 5ti osé</i>	20
<i>Obr. 6 Zobrazení závislosti napětí na vzdálenosti</i>	21
<i>Obr. 7 Zobrazení závislosti napětí na vzdálenosti u cyklicky absolutního odměřování</i>	22
<i>Obr. 8 Zobrazení závislosti napětí na vzdálenosti u inkrementálního odměřování.....</i>	22
<i>Obr. 9 Typy pohybových cyklů.....</i>	23
<i>Obr. 10 Stanovení výhodnosti použití stroje s vyšším stupněm automatizace</i>	26
<i>Obr. 11 Umístění bodů pro ustavení - a) u soustruhu, b) u frézky</i>	30
<i>Obr. 12 Popis ustavovacích bodů</i>	31

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Porovnání NC a CNC strojů.....</i>	16
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha I Výrobní výkres kotevní desky s obdélníkový osazením a obdélníkovou tvárnici (UTB – 2010 - 01)
- Příloha II Výrobní výkres kotevní desky pro kruhové tvárníky (UTB – 2010 - 02)
- Příloha III Výrobní výkres desky s osazením (UTB – 2010 - 03)
- Příloha IV Výrobní výkres středící desky s kruhovým osazením (UTB – 2010 - 04)
- Příloha V Výrobní výkres kotevní desky s vějířovým osazením (UTB – 2010 - 05)
- Příloha VI Výrobní výkres kotevní desky s křížovým osazením (UTB – 2010 - 06)
- Příloha VII Výrobní výkres kotevní desky s obdélníkový osazením a kruhovou dírou (UTB – 2010 - 07)
- Příloha VIII Výrobní výkres desky s obdélníkovým výstupkem(UTB – 2010 - 08)
- Příloha IX Výrobní výkres desky s žebry (UTB – 2010 - 09)
- Příloha X Výrobní výkres kotevní desky pro čtvercové tvárníky (UTB – 2010 - 10)
- Příloha XI Výrobní výkres desky s kruhovým výstupkem a drážkou (UTB – 2010 - 11)
- Příloha XII Výrobní výkres desky s elipsovitým výstupkem a dírami (UTB – 2010 - 12)
- Na CD jsou uloženy kompletní obráběcí programy pro SurfCAM a 3D modely ve formátu SAT.